PAULO FERNANDO TARDELLI SACHS

CADEIA DE VALOR MINERAL E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO: ALINHAMENTO ESTRATÉGICO COMO GERADOR DE EFICÁCIA EM EMPRESAS DE MINERAÇÃO

São Paulo
2009

PAULO FERNANDO TARDELLI SACHS

CADEIA DE VALOR MINERAL E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO: ALINHAMENTO ESTRATÉGICO COMO GERADOR DE EFICÁCIA EM EMPRESAS DE MINERAÇÃO

Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia Mineral

Orientador:
Prof. Dr. Giorgio de Tomi

São Paulo
2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Sachs, Paulo Fernando Tardelli
Cadeia de valor mineral e tecnologia da informação: alinhamento estratégico como gerador de eficácia em empresas de mineração / P.F.T. Sachs. -- São Paulo, 2009.
169 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

1. Mineração 2. Tecnologia da informação 3. Sistemas ERP I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo II. t.

À memória de Ruth e Oscar, pelo exemplo e inabalável dedicação

À Fatima, Paulo e Thiago, pelo que são e por tudo que significam

À Célia, Celso e Dulce, pelo apoio e incentivo de sempre

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Eduardo Camilher Damasceno, *in memoriam*, que com sua amizade e sabedoria tornou essa jornada possível.

Ao Prof. Fernando José Barbin Laurindo, pelo conhecimento e capacidade de ensinar que mostraram o caminho a ser percorrido.

A responsabilidade social do negócio é aumentar os seus lucros.

Milton Friedman
Prêmio Nobel de Economia

RESUMO

A aplicação da Tecnologia da Informação na Mineração teve início na década de 50, de forma similar a outros segmentos de indústria. Já os aplicativos específicos para a atividade fim da indústria mineral surgiram nos anos 60 com os primeiros sistemas de planejamento de lavra. A partir daí a Tecnologia da Informação se popularizou e expandiu, passando a atender às mais diversas áreas funcionais das mineradoras, porém ainda mantendo uma clara divisão entre sistemas administrativo-financeiros e sistemas técnicos. No início dos anos 90 surgiram os sistemas integrados Enterprise Resource Planning (ERP), que prometiam abranger todas as atividades de negócios das empresas, tendo desde então um crescimento impressionante. Entretanto, no auge da expansão desses sistemas, já no fim do milênio, esses projetos passaram a ser questionados quanto à sua efetiva contribuição ao aumento da eficiência, eficácia e competitividade das empresas. Diversos autores pesquisaram as consequências decorrentes desses projetos, mas como os sistemas ERP foram originalmente idealizados para substituir os antigos sistemas MRP e MRP II, a maioria deles atuando no segmento de manufatura discreta, pouca pesquisa foi desenvolvida com foco na mineração. A indústria de mineração apresenta diversas características bastante peculiares, difíceis de serem atendidas pelas funcionalidades de um sistema integrado padrão como o ERP, mas da mesma forma pouca pesquisa foi dedicada aos requisitos específicos desse segmento. O objetivo dessa tese é identificar como os sistemas ERP gerenciam as áreas funcionais da mineração e como atendem – ou não – aos requisitos de TI da cadeia de valor mineral. A pesquisa busca ainda identificar se a estratégia da TI está ou não alinhada à estratégia corporativa em empresas de mineração. Os resultados do estudo de caso indicaram que, ainda que tenha havido benefícios mais voltados ao aumento da eficiência nas mineradoras, ainda há considerável espaço para que a utilização de sistemas integrados possa aumentar a eficácia e competitividade das corporações.

Palavras-chave: Mineração. Tecnologia da Informação. ERP (Enterprise Resource Planning). Cadeia de Valor. Alinhamento Estratégico.

ABSTRACT

The usage of Information Technology applications in Mining started in the 1950s, similarly with other industry segments. Core-business mining specific applications, mine planning computerized systems, started to be developed in the 60s. Since then, IT has expanded and has been in widespread use across mining organizations, addressing most functional areas, but still keeping a clear boundary between corporate and technical systems. The first generation of Enterprise Resource Planning (ERP) integrated systems appeared in the early 90s, promising to cover and link all areas throughout the organizations, and since then achieving impressive market growth rates. However, while reaching the peak at the end of the millennium, these projects started to be questioned regarding their actual contribution to the companies' efficiency, effectiveness and competitiveness growth. Several authors researched the consequences of these projects, but as ERP systems were originally designed to replace old MRP and MRP II systems, most of them in the discrete manufacturing industry, mining-focused studies have been very limited. Mining industry presents several peculiar characteristics that are difficult to be addressed by the functionalities of a standard ERP integrated system, but also very limited research has been dedicated to this subject. The objective of this thesis is to identify how ERP systems manage the mining industry functional areas and how they fit – or not – the mineral value chain requirements. This study also aims to identify if the IT strategy is aligned with the corporate strategy in mining companies. The results of this case study indicate that, despite identifying several benefits contributing predominantly to increase the efficiency in mining companies, there is still considerable space to augment corporate effectiveness and competitiveness through the usage of integrated systems in these organizations.

Keywords: Mining. Information Technology. ERP (Enterprise Resource Planning). Value Chain. Strategic Alignment.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APICS	American Production and Inventory Control Society
BI	Business Intelligence
BIS	Business Intelligence Systems
BoB	Best-of-Breed
CEO	Chief Executive Officer
CIO	Chief Information Officer
CMMS	Computerized Maintenance Management Systems
COBIT	Control Objectives for Information and related Technology
CSIRO	Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation
CVM	Cadeia de Valor Mineral
DSS	Decision Support Systems
EAM	Enterprise Asset Management
EIS	Executive Information Systems
EPS	Enterprise Production System
ERP	Enterprise Resource Planning ou Enterprise Resources Planning
GPS	Global Positioning System
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
IBS	Instituto Brasileiro de Siderurgia
IT	Information Technology
ITGI	IT Governance Institute
ITIL	IT Infrastructure Library
KPI	Key Performance Indicator
LIMS	Laboratory Information Management System
MES	Manufacturing Execution System
MESA	Manufacturing Enterprise Solutions Association International
MRO	Maintenance, Repair and Overhaul ou Maintenance, Repair and Operations
MRP	Material Requirement Planning
MRP II	Manufacturing Resources Planning

OEE	Overall Equipment Effectiveness
OLAP	Online Analytical Processing
PIB	Produto Interno Bruto
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PIMS	Process Information Management System
PLC	Programmable Logic Controller
PMB	Produção Mineral Brasileira ou Produto Mineral Bruto
RBV	Resource-based View
RFID	Radio Frequency Identification
ROA	Return on Assets
ROI	Return on Investment
SAD	Sistemas de Apoio à Decisão
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SCM	Supply Chain Management
SDCD	Sistema Digital de Controle Distribuído
SIE	Sistemas de Informações a Executivos
SIG	Sistemas de Informações Gerenciais
SOA	Service Oriented Architecture
TA	Tecnologia da Automação
TEI	Total Enterprise Integration
TI	Tecnologia da Informação
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVO 14

1.1 APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVA 14

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA 17

1.3 ESTRUTURA DA TESE 18

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 20

2.1 ESTRATÉGIA COMPETITIVA 20

2.1.1 Análise Estrutural da Indústria 20
2.1.2 Vantagem e Estratégia Competitiva da Empresa 27
2.1.2.1 Introdução 27
2.1.2.2 Estratégias Genéricas 29
2.1.2.2.1 Estratégia de Diferenciação 30
2.1.2.2.2 Estratégia de Liderança em Custo 31
2.1.2.2.3 Estratégia de Enfoque 33
2.1.2.2.4 Combinação de Estratégias Genéricas 33

2.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO 35

2.2.1 Sistemas de Informação e o Ambiente Organizacional 37
2.2.2 Tipos de Sistemas de Informação Empresariais 38
2.2.3 Sistemas Integrados de Gestão 40
2.2.3.1 Enterprise Resource Planning (ERP) 41
2.2.3.1.1 ERP ou Best-of-Breed? 46
2.2.3.1.2 ERP ou EAM? 48
2.2.3.1.3 ERP: Resultados ou Mitos? 50
2.2.4 Sistemas de Informações Gerenciais e de Apoio à Decisão 55
2.2.5 Manufacturing Execution Systems (MES) 58
2.2.6 A Evolução dos Sistemas Integrados de Gestão 61

2.3 A CADEIA DE VALOR 64

2.3.1 Modelos “Push” e “Pull” 67
2.3.2 A Cadeia de Valor e o Planejamento Estratégico 68

2.4 A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NAS ORGANIZAÇÕES 70

2.4.1 Importância Estratégica da TI 70
2.4.2 Alinhamento Estratégico da TI 72
2.4.3 Influência da TI e dos Sistemas ERP no Negócio 80
2.4.3.1 Eficiência e Eficácia de Sistemas de TI 81
2.4.3.2 Importância Relativa da TI para a Empresa 83
2.4.3.2.1 O Grid Estratégico de McFarlan 83
2.4.3.2.2 A Matriz de Intensidade de Informação de Porter e Millar 87
2.4.3.3 Centralização e Descentralização da TI 88
2.4.3.4 Análise dos Ativos de TI 90

3 A INDÚSTRIA DE MINERAÇÃO 94

3.1 CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA 94

3.2 A CADEIA DE VALOR MINERAL 95

3.2.1 Preparação 96
3.2.2 Lavra 97
3.2.3 Planejamento 97
3.2.4 Beneficiamento 100
3.2.5 Vendas 102
3.2.6 Logística 103
3.2.7 Interações entre as Atividades 103

3.3 A MINERAÇÃO NO BRASIL 104

3.4 O MINÉRIO DE FERRO 105

3.5 O PROCESSO SIDERÚRGICO 107

3.6 A TI NA MINERAÇÃO 110

3.7 A MINERAÇÃO NO FUTURO 113

4 A PESQUISA 115

4.1 METODOLOGIA DA PESQUISA 115

4.1.1 Formulação do Problema 115
4.1.2 Objetivo da Pesquisa 115
4.1.3 Tipo e Metodologia 116
4.1.4 Limitação da Pesquisa 118

4.2 EXECUÇÃO DA PESQUISA 118

4.2.1 Escolha da Amostra 118
4.2.2 Coleta de Dados 119
4.2.2.1 Levantamento Exploratório 119
4.2.2.2 Atualização do Levantamento Exploratório 121
4.2.2.3 Estudo de Caso 123

4.3 RESULTADOS OBTIDOS 125

4.3.1 Levantamento Exploratório (2003) 125
4.3.1.1 Módulos Implementados 125
4.3.1.2 Sistemas Dedicados e sua Integração ao ERP 126
4.3.1.3 Benefícios 126
4.3.1.4 Satisfação da Empresa com o ERP 127
4.3.2 Atualização do Levantamento Exploratório (2009) 127
4.3.2.1 Módulos Implementados 127
4.3.2.2 Fatores Motivadores para a Adoção de um ERP 128
4.3.2.3 Estratégia de Seleção e Implementação do ERP 129
4.3.2.4 Benefícios 129
4.3.2.5 Satisfação da Empresa com o ERP 130
4.3.3 Estudo de Caso 130

4.3.3.1 Estratégia Corporativa 130
4.3.3.2 Vantagem e Estratégia Competitiva 131
4.3.3.3 Análise Estrutural da Indústria 132
4.3.3.4 A Cadeia de Valor e a Cadeia de Valor Mineral 133
4.3.3.5 Alinhamento Estratégico 134
4.3.3.6 Impacto Estratégico 135
4.3.3.7 Centralização e Descentralização da TI / TA 136
4.3.3.8 Análise dos Ativos de TI / TA 136
4.3.3.9 Eficiência e Eficácia dos Sistemas de TI / TA 137
4.3.3.10 Sistema ERP 137

5 DISCUSSÃO 140

5.1 ANÁLISE ESTRUTURAL 140

5.2 VANTAGEM E ESTRATÉGIA COMPETITIVA 142

5.3 A CADEIA DE VALOR DE PORTER E A CADEIA DE VALOR MINERAL 143

5.4 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO NEGÓCIO 144

5.4.1 Alinhamento Estratégico 144
5.4.2 Eficiência e Eficácia dos Sistemas de TI / TA 145
5.4.3 Importância Relativa da TI para a Empresa 146
5.4.4 Influência dos Sistemas ERP no Negócio 148
5.4.4.1 Módulos Implementados 148
5.4.4.2 Fatores Motivadores para a Adoção de um ERP 149
5.4.4.3 Estratégia de Seleção e implementação do ERP 150
5.4.4.4 Satisfação da Empresa com o ERP 151
5.4.4.5 Benefícios Identificados 151

6 RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES 153

6.1 ERP 153

6.2 ESTRATÉGIA CORPORATIVA E DE TI 155

6.3 RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS 157

REFERÊNCIAS 160

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVO

1.1 APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Verificou-se nas últimas décadas a implementação e utilização em massa de sistemas computacionais de gestão – ERP (*Enterprise Resource Planning*), e similares – nos mais diversos segmentos de negócio. Esses sistemas foram inicialmente desenvolvidos a partir de requisitos das áreas de administração e finanças, havendo sido posteriormente agregados módulos dedicados às operações industriais. Ainda assim, esses módulos receberam um forte viés da área de manufatura discreta, onde os sistemas de planejamento e controle da produção (PCP) tiveram sua origem e principal aplicação.

Já na indústria mineral, houve nesse período crescimento e melhor estruturação das organizações de TI (Tecnologia da Informação), que passaram a contar com maior orçamento e mais recursos para desempenhar o seu papel. Parte substancial desse esforço foi alocada na implementação de sistemas ERP, onde muitos desses projetos foram orçados e aprovados com a justificativa de serem “estratégicos” para a empresa.

A ideia de estratégia surgiu de campanhas militares, estando associada a uma visão mais geral e a um horizonte de longo prazo, em contraponto a decisões operacionais e táticas, mais imediatas. A necessidade de se definir e seguir uma estratégia está ligada à existência de uma competição, seja uma guerra ou uma disputa por um mercado (Carvalho e Laurindo, 2007).

Já no meio empresarial esse conceito de estratégia muitas vezes se banalizou. Nicolau (2001) afirma que estratégia é hoje uma das palavras mais utilizadas na vida empresarial, encontrada tanto na literatura especializada quanto nos textos mais cotidianos. O seu conceito e significado parecem ser estabilizados e difundidos, sendo empregada sem definições ou discussões mais profundas.

Decisões empresariais são muitas vezes tomadas com a justificativa principal de serem estratégicas, e em parte significativa dos casos trata-se apenas do seu emprego como um sinônimo de “importante”, com uma conotação mais corporativa. Não paira dúvida, entretanto, da importância das decisões estratégicas para o futuro das organizações, nem o papel que os responsáveis por elas desempenham na sua concepção e elaboração.

Nicolau (2001), revisando diversos autores, define a estratégia, particularmente dentro de um enfoque empresarial, como a determinação dos objetivos de longo prazo, das políticas, ações e recursos necessários para atingi-los. De forma resumida, a estratégia compreende a definição dos objetivos e dos meios.

Em última instância, a estratégia diz respeito ao futuro da empresa. Seria assim de se esperar que as estratégias de áreas importantes, como a TI, estivessem alinhadas com a estratégia maior da corporação, fornecendo meios adequados para atingi-la.

Em particular quanto à decisão de implementar sistemas ERP, verificou-se no segmento de mineração que nem sempre esses sistemas apresentaram os resultados idealizados que levaram à sua adoção, em particular como ferramenta de obtenção de benefícios ao negócio ou de vantagem competitiva da empresa.

Isso se deve ao fato de a indústria mineral ter características que lhe são muito peculiares, e que consequentemente não podem ser atendidas a contento por sistemas ERP ou por outros de sistemas genéricos de gestão. Algumas dessas principais características são:

- É um processo de manufatura contínua;
- A principal fonte de matéria prima é o próprio minério da empresa, e não componentes de fornecedores externos;
- O minério tem considerável grau de incerteza quanto às suas especificações até a sua lavra;
- Utilizam-se na indústria diversos aplicativos dedicados, como sistemas de modelagem geológica e geoestatística, planejamento de lavra, controle de

qualidade, gerenciamento de frota e despacho de caminhões, automação de plantas, etc., que não fazem parte dos sistemas integrados de gestão.

As etapas envolvidas na produção e gestão do negócio de uma mineradora poderão ser modeladas e gerenciadas de forma mais eficiente, quando for possível visualizar todas as informações do negócio, desde a geologia até os estoques de produto final, desde as reservas minerais até a gestão de resultados.

Esta pesquisa buscou inicialmente levantar dados de implementação de sistemas ERP, principalmente no tocante aos benefícios auferidos pelas empresas e se estes são mais voltados ao aumento da eficácia ou da eficiência do negócio, e se as áreas funcionais atendidas são mais voltadas às atividades fim ou meio para a empresa.

Esse trabalho buscou ainda melhor entender o posicionamento e abrangência dos sistemas ERP na cadeia de valor de Porter (Porter e Millar, 1985) e em particular na CVM (cadeia de valor mineral).

Particularmente no tocante à cadeia de valor mineral, os pontos de partida foram definições e abordagens já publicadas em trabalhos acadêmicos (Dessureault, 2001; Mastrela, 2003; Azevedo, 2007), a partir dos quais buscou-se obter uma visão mais ampla da CVM e entender sua inter-relação com os demais sistemas existentes.

Já quanto aos resultados obtidos em implementação de sistemas ERP, foram estudados vários trabalhos já publicados (Davenport, 1998; Cardoso et al., 1999; Poston e Grabski, 2000; Mabert et al., 2001; Mendes e Escrivão Filho, 2002; Cardoso e Souza, 2002; Hunton et al., 2003; Mastrela, 2003; Gattiker e Goodhue, 2004; Medeiros Jr. e Shimizu, 2006).

O projeto buscará também levantar os softwares existentes e sua utilização, vis-à-vis aos requisitos da CVM (Cadeia de Valor Mineral) e as reais necessidades de negócios das empresas mineradoras.

Por fim, a pesquisa irá identificar a estratégia de negócios da empresa, a estratégia de TI (Tecnologia da Informação) e como esta se alinha à estratégia de negócios de modo a contribuir efetivamente para o alcance dos objetivos empresariais.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

O principal objetivo deste trabalho é estudar como o conhecimento e conceitos dominados e utilizados frequentemente em áreas como Engenharia de Produção e Administração de Empresas, tais como estratégia corporativa e estratégia e gestão da TI, se aplicam à Engenharia de Minas, através de:

- Estudo da aderência e aplicabilidade dos softwares integrados de gestão, com foco nos sistemas ERP (Enterprise Resource Planning), às necessidades funcionais da cadeia de valor;

- Estudo da vantagem e estratégia competitiva de empresas de mineração e identificar como a estratégia de TI (Tecnologia da Informação) está ou não alinhada à estratégia corporativa;

- Identificação dos demais softwares dedicados da indústria (modelagem geológica, planejamento de lavra, topografia, despacho de caminhões, automação industrial, etc.) e como eles se posicionam na cadeia de valor mineral;

- Sugestão de como a utilização mais eficaz da TI pode auxiliar no alcance dos objetivos corporativos de empresas mineradoras.

Em contrapartida, este trabalho busca também familiarizar pesquisadores e profissionais destas outras áreas quanto às características específicas da indústria mineral.

1.3 ESTRUTURA DA TESE

Capítulo 1 – Introdução e Objetivo

São apresentados os motivos que justificaram a pesquisa e o objetivo da mesma.

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica

Apresenta os resultados do levantamento da literatura quanto aos tópicos Estratégia Competitiva; Sistemas de Informação; Cadeia de Valor; e Tecnologia da Informação nas Organizações.

Capítulo 3 – A Indústria de Mineração

Apresenta as características da indústria de mineração e discute a cadeia de valor mineral.

Discorre sobre o panorama mineral no Brasil, com particular ênfase no minério de ferro, o principal produto da mineração nacional.

Apresenta características básicas da indústria siderúrgica, principalmente como consumidora do minério de ferro produzido pela mineração.

Apresenta como a TI atua na mineração e os principais sistemas utilizados.

Discute a mineração no futuro.

Capítulo 4 – A Pesquisa

Apresenta a metodologia da pesquisa e como se deu a sua execução.

Apresenta os resultados obtidos nos levantamentos exploratórios e no estudo de caso efetuado.

Capítulo 5 – Discussão

Apresenta e discute os principais resultados obtidos na pesquisa.

Capítulo 6 – Recomendações e Conclusões

Apresenta os resultados finais da pesquisa com relação aos objetivos propostos, com foco nos sistemas ERP e nas estratégias corporativas e de TI.

Sugere iniciativas inovadoras que podem contribuir para a melhor utilização da Tecnologia da Informação aplicada à mineração e recomenda futuras linhas de pesquisa.

Referências

Lista os livros, teses e dissertações, artigos e demais fontes utilizadas nesta pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ESTRATÉGIA COMPETITIVA

2.1.1 Análise Estrutural da Indústria

Porter (2008) define que a principal missão de um estrategista é entender e enfrentar com sucesso a sua concorrência, mas esse preceito é muitas vezes limitado aos concorrentes diretos existentes. Entretanto, na busca pelo lucro, a empresa deve ir além da competição já estabelecida e conhecida, mas também considerar outras quatro forças: clientes, fornecedores, novos ingressantes e produtos substitutos. A concorrência decorrente dessas cinco forças define a estrutura da indústria e a forma com que empresas rivais irão interagir. A Figura 1 abaixo representa as chamadas cinco forças de Porter:

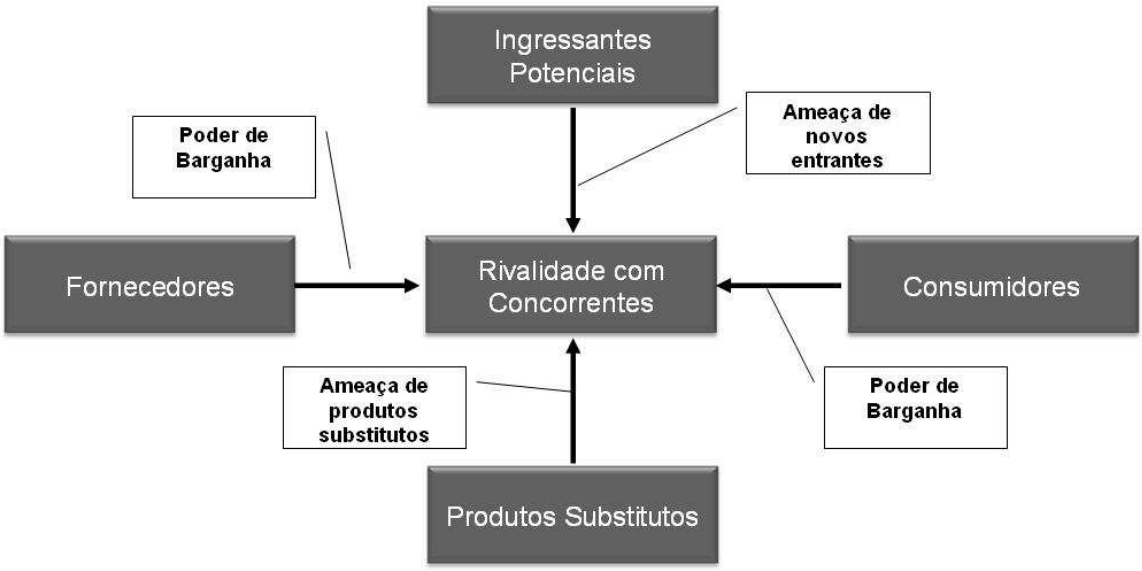

Figura 1 – As Cinco Forças que definem a concorrência na indústria
(Adaptada de Porter, 2008)

Quando essas forças são intensas, isto é, quando há grande rivalidade com concorrentes, forte ameaça de novos entrantes e possibilidade de desenvolvimento de produtos substitutos, ou ainda quando os fornecedores e consumidores têm

grande poder de negociação, o retorno sobre os investimentos das empresas nessa indústria serão muito limitados. Uma indústria com essa estrutura aproxima-se do modelo econômico de concorrência perfeita (Shimizu, Carvalho e Laurindo, 2006).

Por outro lado, quando essas forças são favoráveis, isto é: a rivalidade entre os concorrentes não é intensa; as barreiras de entrada de novos ingressantes são altas; não há ameaça de produtos substitutos; e a indústria tem uma posição privilegiada na cadeia de suprimentos ou no sistema de valor, com forte poder sobre clientes e fornecedores, há alto potencial de lucratividade para as empresas desse setor. Essa indústria é denominada “cinco estrelas” (Shimizu, Carvalho e Laurindo, op. cit.).

Em última instância, a concorrência e a lucratividade de um setor industrial são definidas pela sua estrutura, e não pelos tipos de produtos ou serviços que ele oferece ao mercado. Vários outros fatores podem influir nessa lucratividade impactando os resultados de curto prazo, mas a estrutura da indústria sempre irá determinar a lucratividade a médio e longo prazos.

Porter (2008) define que o entendimento dessas forças competitivas e das suas causas básicas revela não somente a razão da atual lucratividade de uma indústria, mas também possibilita antecipar e influenciar movimentos concorrenciais ao longo do tempo.

As cinco forças, que dependem de diversas características econômicas e técnicas, são assim definidas (Porter, op. cit.):

Novos Ingressantes

Essa ameaça ocorre quando a indústria é lucrativa e atrai o interesse de outras empresas nesse mercado. A consequência imediata será a maior disputa por participação no mercado, que poderá influir nos preços, custos e atratividade de novos investimentos, impactando em ultima instância a lucratividade dessa indústria.

As barreiras de entrada são as defesas que as empresas já estabelecidas apresentam aos novos ingressantes. Na mineração, por exemplo, empresas existentes podem ter vantagens como economia de escala, qualidade dos recursos naturais, localização geográfica e logística, e já ter atendido a exigências governamentais, como licença ambiental e permissões trabalhistas.

Poder dos Fornecedores

Os fornecedores com alto poder de barganha conseguem pressionar seus clientes de modo a praticar preços mais altos pelos seus produtos e serviços, reduzir exigências de qualidade ou até transferir parte dos custos aos consumidores.

Esse poder pode decorrer do fato de os fornecedores serem mais concentrados do que a indústria consumidora, não dependerem fortemente dessa indústria por atuarem em outros segmentos mais atrativos, ou quando a adoção de um novo fornecedor signifique custos de mudança para o cliente.

Poder dos Consumidores

Os consumidores com alto poder de barganha, em contraponto ao poder dos fornecedores, podem obter preços mais baixos para produtos ou serviços, aumentar os padrões de qualidade e exigir melhores serviços. Essa prática é usualmente feita explorando a rivalidade entre diversas empresas concorrentes e consequentemente reduzindo a lucratividade de toda a indústria.

Esse poder pode decorrer da existência de poucos consumidores para muitos fornecedores, da concentração de grandes volumes de compras em um único fornecedor, da “comoditização” ou falta de diferenciação dos produtos adquiridos, da baixa relevância dos custos de mudança de fornecedor, ou ainda da ameaça de verticalização dos consumidores, tomando mercado do fornecedor. Como exemplo, empresas siderúrgicas impactadas pelo alto custo do minério de ferro adquiriram ou desenvolveram recentemente minas próprias para reduzir seus custos e aumentar seu poder de barganha junto às mineradoras.

Produtos Substitutos

Produtos substitutos são aqueles que desempenham funções similares às dos originais através de novos meios. Muitas vezes são completamente distintos dos produtos existentes, como no caso de equipamentos de videoconferência substituindo serviços de viagem.

A ameaça de produtos substitutos é alta quando eles oferecem melhor preço-desempenho que os produtos existentes ou quando os custos de mudança não forem significativos. Um exemplo de produto substituto é a fibra ótica em substituição ao cobre em cabos de transmissão de dados.

Rivalidade entre Concorrentes

A alta rivalidade entre concorrentes limita a lucratividade da indústria através da redução de preços ou da necessidade de gastos adicionais em novos produtos, serviços, ou campanhas de marketing. A rivalidade é particularmente nociva à lucratividade quando se dá através de guerra de preços, transferindo diretamente os lucros da indústria aos seus consumidores.

A rivalidade é acirrada quando os concorrentes são numerosos e têm aproximadamente o mesmo porte, quando o crescimento da indústria é lento e há mais disputa pela participação no mercado, quando um deles aspira uma posição de liderança e quando existem barreiras elevadas de saída.

Usualmente a concorrência é mais forte quando os produtos e serviços são “comoditizados”, isto é, sem diferenciação percebida; quando os custos de mudança dos clientes são baixos; quando os custos fixos de produção são muito mais altos que os variáveis; ou quando os produtos são perecíveis. Outro fator importante é quando o aumento de capacidade das empresas se dá em grande escala. Como exemplo, a entrada em operação de uma nova mina pode gerar, ainda que momentaneamente, uma sobrecapacidade que afetará a relação entre oferta e demanda e que consequentemente reduzirá o preço.

A estrutura da indústria, influenciada pelas cinco forças que definem a concorrência, está longe de ser perene, uma vez que alterações na conjuntura econômica podem desequilibrar rapidamente a oferta e a demanda, alterando a relação das forças e as posições de poder.

Uma empresa que atinja uma posição menos vulnerável ao ataque de seus concorrentes e que seja menos suscetível às pressões e movimentos dos seus fornecedores, clientes e produtos substitutos, terá melhor condição de sobreviver ou mesmo crescer na sua indústria. É crucial para a estratégia de uma empresa defender-se contra as forças competitivas e utilizá-las a seu favor, posicionando-se onde as forças sejam mais fracas e consequentemente favoráveis (Porter, 1980b; Porter, 2008).

A compreensão da estrutura da indústria é importante tanto para os gestores quanto para os investidores de uma determinada empresa, que podem assim antecipar-se a mudanças conjunturais positivas ou negativas e manter o foco nos fundamentos que resultam na lucratividade sustentável da empresa.

Furrer e Thomas (2000) propuseram o modelo da Matriz Rivalidade, que define várias abordagens possíveis para que os estrategistas possam definir e endereçar os problemas da rivalidade entre concorrentes. Essa matriz tem duas dimensões importantes para analisar a situação e definir quais as ações mais adequadas para enfrentar a concorrência: o número de variáveis de decisão e a previsibilidade do ambiente.

O número de variáveis de decisão define o escopo do problema, que pode ser estreito ou amplo. Um escopo estreito ocorre quando uma ou poucas decisões podem ser tomadas: baixar o preço, lançar um novo produto, ou buscar um novo mercado. Nesse caso, as demais variáveis são consideradas constantes. Já no escopo amplo, muitas variáveis devem ser consideradas para uma tomada de decisão. Por exemplo, para responder a uma redução de preços de um concorrente a empresa pode baixar seu próprio preço, diferenciar seu produto existente ou lançar um novo, entrar em outros mercados ou adotar uma combinação de todas essas

possibilidades. Quando as variáveis de decisão são numerosas e complexas, é difícil visualizar e modelar os movimentos dos concorrentes.

Um ambiente previsível ocorre quando há uma situação estável ou com movimentos incrementais, constantes, de evolução. O oposto acontece quando há um choque no ambiente de negócios, como uma crise econômica, uma tecnologia revolucionária, ou a entrada de um novo concorrente totalmente inesperado, Em um ambiente imprevisível é impossível antever todas as variáveis de um novo cenário de concorrência ou prever os seus resultados.

A combinação dessas dimensões resulta na Matriz Rivalidade (Furrer e Thomas, 2000), que é apresentada na Figura 2.

		VARIÁVEIS DE DECISÃO	
		Poucas	**Muitas**
AMBIENTE	**Previsível**	Teoria dos Jogos	Guerra
	Imprevisível	Dinâmicas de Sistemas, Cenários e Simulações	Análise Estrutural

Figura 2 – Matriz Rivalidade (Adaptada de Furrer e Thomas, 2000)

O modelo da Teoria dos Jogos é aplicado ao se analisar o comportamento racional dos oponentes na tomada de decisões interdependentes. Esse modelo pode considerar tanto jogos com regras definidas quanto situações onde as decisões dos oponentes são totalmente livres. O ambiente de negócios é normalmente composto por regras definidas combinadas com decisões livres. O modelo pode ser aplicado com sucesso em situações onde o ambiente é previsível e poucas decisões são passíveis de serem tomadas. Entretanto, quando há um grande número de jogadores e esses fogem da racionalidade, é praticamente impossível analisar todos os movimentos possíveis e as suas consequências.

O modelo de Dinâmicas de Sistemas, Cenários e Simulações pode ser empregado pelos estrategistas para formular hipóteses e previsões do futuro e assim definir alternativas estratégicas. Esse modelo apresenta maior aderência na evolução das variáveis a longo prazo do que em movimentos de curto prazo dos competidores. Esse conceito se aplica no estudo das interações entre um número limitado de variáveis em uma situação de incerteza e complexidade, avaliando a influência do ambiente incerto nos movimentos dos concorrentes, assim como o impacto desses movimentos na estratégia da empresa.

O modelo Guerra foi definido através de uma abordagem da estratégia de negócios a partir de conceitos de estrategistas militares clássicos como Sun-Tzu e Von Clausewitz, sendo aplicado em situações onde o número de variáveis é grande, mas o ambiente é razoavelmente previsível. A lógica desse modelo é que uma empresa irá ter vantagem sobre outras caso se adapte mais rapidamente a uma ruptura na situação existente, criando uma nova base de competição que lhe seja favorável.

Karnani e Wernerfelt (1985) propuseram uma variante ao modelo Guerra, a Competição Multiponto, onde uma empresa concorre com outra em vários mercados, simultaneamente. Nesse ambiente, a empresa precisa definir se e quando vai atacar seu concorrente, o qual pode aceitar o ataque, responder, contra-atacar ou buscar um novo equilíbrio. Os autores observam que a obtenção de um novo equilíbrio em uma guerra limitada é o resultado mais frequente, enquanto que uma guerra total traz grandes prejuízos para ambas as partes.

O modelo de Análise Estrutural da indústria, ou modelo das cinco forças proposto por Porter (1980a; 1980b; 1991; 2008) aborda situações onde a quantidade de variáveis e a incerteza do ambiente geram uma complexidade tal que é impossível modelar corretamente a situação de concorrência. O modelo propõe um foco nas variáveis, identificando quais as mais críticas e como elas se inter-relacionam, de modo a entender a complexidade da concorrência e definir estratégias para se atingir uma posição competitiva.

2.1.2 Vantagem e Estratégia Competitiva da Empresa

2.1.2.1 Introdução

Uma empresa diversificada tem dois níveis de estratégia: a Estratégia Corporativa deve definir em quais negócios ou indústrias a corporação deve atuar, e como irá gerenciar e direcionar suas várias unidades de negócios atuantes em distintos mercados. Já a Estratégia Competitiva deve definir como a empresa irá buscar uma vantagem competitiva em cada negócio no qual ela compete (Porter, 1987).

Porter (1980a) identificou dois tipos básicos de vantagem competitiva:

- Vantagem em custo
- Vantagem em diferenciação

Segundo Porter (1985), quando uma empresa sustenta lucros que excedam a média da indústria, ela possui uma vantagem competitiva sobre seus rivais. Isso ocorre quando a empresa consegue oferecer e entregar os mesmos benefícios que seus concorrentes a custos inferiores (vantagem em custo), ou benefícios superiores aos dos seus concorrentes (vantagem em diferenciação). Assim, a vantagem competitiva possibilita que a empresa crie mais valor aos seus clientes e maior lucro para ela.

O objetivo da maioria das estratégias de negócios é atingir e manter uma vantagem competitiva sustentável.

A vantagem competitiva ocorre quando uma empresa implementa uma estratégia de criação de valor que não é simultaneamente empregada por nenhum outro concorrente, seja ele existente ou potencial. Já na vantagem competitiva sustentável, os concorrentes não conseguem obter os mesmos benefícios dessa estratégia (Barney, 1991).

As vantagens em custo e em diferenciação são definidas como vantagens posicionais, já que elas definem a posição da empresa na indústria como um líder em custo ou em diferenciação.

A visão baseada em recursos (RBV – *Resource-based View*) enxerga a empresa como um conjunto de recursos e capacidades, Para obter uma vantagem competitiva, a empresa deve ter recursos e capacidades superiores aos dos seus concorrentes. Caso contrário, seus concorrentes simplesmente poderão imitá-la e a vantagem irá desaparecer. (Porter, 1980a; Wernerfelt, 1984).

Recurso é tudo que aquilo que pode ser considerado uma força ou fraqueza de uma empresa. São ativos que estão vinculados a essa empresa e que podem levá-la a conceber e implementar estratégias que melhorem sua eficiência e eficácia, resultando em custos ou diferenciação difíceis de adquirir ou imitar. Alguns exemplos de recursos são: marca; tecnologias proprietárias e patentes; capital humano; equipamentos e instalações; acesso a matérias primas; e localização geográfica (Wernerfelt, 1984; Barney, 1991; Amit e Schoemaker, 1993).

Capacidade é a habilidade que uma empresa tem de utilizar seus recursos, através de processos organizacionais, de forma adequada à obtenção do seu produto final. A capacidade é composta por ativos invisíveis, tangíveis ou não, desenvolvidos pela empresa ao longo do tempo (Amit e Schoemaker, 1993). Normalmente estão inseridos nas rotinas não documentadas da empresa, e consequentemente são difíceis de serem replicados pelos seus concorrentes.

A combinação dos recursos e capacidades resulta em competências distintas que proporcionam inovação, eficiência, qualidade e resposta dos clientes, podendo então criar a vantagem em custo ou em diferenciação.

A visão baseada em recursos leva em conta que a empresa utilize seus recursos e capacidades para criar uma vantagem competitiva que resulte na criação de um valor superior ao seu cliente (Porter, 1980a).

O diagrama seguinte combina a visão baseada em recursos e de posicionamento, ilustrando o conceito de vantagem competitiva.

Figura 3 – Modelo de Vantagem Competitiva (Adaptada de Porter, 1980a)

A sobrevivência e sucesso das empresas dependem da sua capacidade de criar novos recursos e de construir novas capacidades. A dificuldade dos concorrentes em replicar ou imitar esses recursos e capacidades irá resultar na vantagem competitiva da empresa (Prahalad e Hamel, 1990).

2.1.2.2 Estratégias Genéricas

Os fatores determinantes na lucratividade de uma empresa são a atratividade da indústria na qual ela atua e a sua posição relativa dentro dessa indústria. Ainda que a indústria como um todo não seja atrativa, a empresa mais bem posicionada pode ser mais lucrativa que as demais. Uma empresa deve posicionar-se de modo a tirar a máxima vantagem das suas forças.

As vantagens competitivas de liderança em custo ou diferenciação (Porter, 1985) podem ser aplicadas tanto em um escopo amplo, abrangendo toda a indústria, quanto em um escopo mais estreito, restrito a um segmento mais específico endereçado por uma unidade de negócios. A combinação destas duas dimensões resulta em quatro possíveis estratégias genéricas, assim chamadas por serem independentes da indústria ou da empresa: liderança em custo, diferenciação, foco

em custo e foco em diferenciação (Porter, 1980b; Carvalho e Laurindo, 2007). A Figura 4 representa essas estratégias genéricas:

Alvo	**Vantagem**	
	Custo	Diferenciação
Amplo (Toda a Indústria)	Estratégia de Liderança em Custo	Estratégia de Diferenciação
Estreito (Segmento de Mercado)	Estratégia de Enfoque (Baixo Custo)	(Diferenciação)

Figura 4 – Estratégias Genéricas de Porter (Adaptada de Porter, 1989)

A escolha de uma estratégia competitiva genérica visa atingir uma posição favorável dentro das forças que determinam a concorrência na indústria. A empresa que não adote um posicionamento claro quanto a essas estratégias pode ter desempenho inferior ao dos seus concorrentes, significando risco para ela. O alinhamento de todas as atividades da empresa em torno de uma estratégia bem definida facilita a sua implementação e o seu reconhecimento pelo mercado, empregados e acionistas (Carvalho e Laurindo, 2007).

2.1.2.2.1 Estratégia de Diferenciação

Segundo Porter (1980a), a estratégia de diferenciação baseia-se no desenvolvimento de produtos e serviços com atributos únicos que sejam percebidos pelos consumidores como melhores ou diferenciados com relação aos seus concorrentes. Esses produtos diferenciados possibilitam que a empresa pratique preços mais altos, que são aceitos pelos seus clientes em função do seu valor adicionado.

A adoção dessa estratégia não exime a empresa de gerenciar seus custos: os clientes não estarão dispostos a pagar qualquer preço, mas apenas o valor adicionado percebido com relação aos produtos concorrentes. Esse preço aceito deve compensar com lucro os custos adicionais incorridos ao se produzir um produto diferenciado. Caso a empresa não consiga diferenciar o seu produto de modo a justificar um preço prêmio, ficará em dificuldade por ter custos maiores que a média da indústria (Porter, 1980a; Carvalho e Laurindo, 2007).

Empresas que adotam essa estratégia usualmente têm as seguintes forças internas:

- Competência para pesquisa científica de ponta;
- Equipe de desenvolvimento de produto altamente capacitada e criativa;
- Equipe de vendas capaz de comunicar com sucesso as vantagens do produto;
- Reputação corporativa em qualidade e inovação;
- Tradição na indústria.

Os riscos associados à diferenciação envolvem mudanças nas preferências dos consumidores ou imitações pelos concorrentes, já que outras empresas podem focalizar a mesma estratégia e obter diferenciação ainda maior quanto aos seus produtos. Assim, as empresas com esse foco devem estar em contínua evolução, de forma mais rápida que seus concorrentes.

2.1.2.2.2 Estratégia de Liderança em Custo

De acordo com Porter (1980a), essa estratégia exige um baixo custo de produção dentro de um desejado nível de qualidade. A empresa assim posicionada pode escolher entre vender seus produtos dentro da média de mercado e lucrar mais do que seus concorrentes, ou praticar preços mais baixos para conquistar maior participação no mercado. No caso de uma guerra de preços, a empresa líder em custo ainda pode ser lucrativa enquanto seus concorrentes obtêm prejuízos.

Para atingir vantagem em custo, a empresa pode melhorar suas eficiências de processo, ter acesso único a fontes mais baratas de matéria prima, tomar decisões como verticalização e terceirização, ou simplesmente atuar na redução de todos os seus custos de produção. Caso os concorrentes não consigam acompanhar essa redução de custos, a empresa poderá sustentar essa vantagem competitiva baseada na liderança em custo (Porter, 1980a).

Empresas que adotam essa estratégia usualmente têm as seguintes forças internas:

- Acesso aos capitais requeridos para investir em ativos de produção que representem uma barreira de entrada aos demais concorrentes;
- Capacidade de definir processos de produção mais eficientes;
- Alto nível de especialização em engenharia de processos produtivos;
- Canais de distribuição eficientes.

Como riscos, outras empresas podem igualmente reduzir seus custos através de novos processos ou com a evolução da tecnologia, eliminando assim essa vantagem competitiva.

Deschamps e Nayak (1993) definem que, em última instância, o que diferencia permanentemente as empresas é o produto que elas vendem, os quais viabilizam novos investimentos e geram lucro. Entretanto, muitas empresas optam equivocadamente pela estratégia de liderança em custo, forçando uma “comoditização” dos seus produtos e perseguindo obsessivamente o binômio custo-preço. Empresas que aceitam esse conceito em indústrias e produtos competitivos em preço acabam caindo na armadilha da “comoditização”, ou *commodity-trap*. Essas empresas têm uma visão estreita do mercado, perdendo a oportunidade de identificar formas de diferenciação dos seus produtos e resultando em menor faturamento e lucro.

Mesmo em mercados onde padrões são bem definidos e geralmente aceitos como sendo de commodities, como minérios e metais, agronegócio e química, os produtos podem ser distintos. Um fornecedor nessa indústria pode diferenciar-se em disponibilidade, prazo de entrega, quantidades vendidas, condições de pagamento e

serviços adicionados. Quanto mais uma empresa se aproxima da “comoditização”, mais esforço ela deve fazer para inovar e reposicionar-se (Deschamps e Nayak, 1993; Quelch e Bartlett, 1998).

2.1.2.2.3 Estratégia de Enfoque

A estratégia de enfoque, ou de foco, concentra-se em um segmento mais específico da indústria, e dentro dele busca atingir ou a vantagem em custo ou em diferenciação. A premissa dessa estratégia é que o foco da empresa em um segmento específico – geográfico, indústria, atividade, escala – resulte em melhor atendimento aos seus clientes do que concorrentes que atuam em diversos segmentos. Empresas que adotam a estratégia de enfoque usualmente conseguem maior lealdade dos seus clientes, desencorajando assim novos ingressantes nesse nicho (Porter, 1980a; Carvalho e Laurindo, 2007).

Entretanto, essas empresas têm um mercado mais limitado, e a perda de escala pode colocá-las em posição inferior de negociação com seus fornecedores. Nessa situação, as empresas devem através do foco na diferenciação justificar preços mais altos aos seus clientes, uma vez que pode não haver outros fornecedores ou produtos alternativos naquele segmento. Essas empresas podem ainda desenvolver produtos específicos para um nicho de mercado que elas conhecem muito bem. (Porter, 1980a).

Os principais riscos na adoção dessa estratégia envolvem possibilidade de imitação e mudanças nos segmentos alvo.

2.1.2.2.4 Combinação de Estratégias Genéricas

Essas estratégias genéricas não são necessariamente compatíveis entre si, e uma empresa que busque todas as vantagens poderá não atingir nenhuma delas.

Empresas que buscam a diferenciação através de alta qualidade podem comprometer esse objetivo se tentarem ser um líder em custo. A opção por oferecer aos clientes tanto custo quanto diferenciação, ou acabar oscilando entre eles, pode confundir o mercado e resultar na perda de credibilidade e reputação.

Empresas que se posicionam no meio termo estão em posição estratégica inferior, perdendo negócios tanto com clientes de grandes volumes que compram por preço – ou tendo que reduzir seus lucros para bater concorrentes de baixo custo que aí atuam – quanto com clientes que aceitam pagar o preço mais alto dos competidores que focaram e atingiram a diferenciação. Essas empresas devem tomar a decisão de investir em processos, equipamentos, tecnologia e melhorias operacionais para buscar posição de liderança, ou pelo menos equivalência em custo, ou para buscar supremacia em diferenciação. Pode ainda adotar o enfoque em um mercado alvo específico (Porter, 1989).

Porter (op. cit.) verificou ainda que empresas em dificuldade tendem a mudar frequentemente de uma estratégia para outra, abordagem que usualmente as leva ao fracasso.

Como consequência, Porter (1980a) defende que as empresas devem escolher uma única estratégia genérica para que tenham sucesso a longo prazo. Caso contrário, ficarão presas em uma situação indefinida e não atingirão qualquer vantagem competitiva. Uma alternativa para as empresas terem sucesso na adoção de estratégias múltiplas é criar unidades de negócios distintas para cada estratégia, eventualmente com diferentes marcas, culturas, políticas e procedimentos.

A escolha de uma única estratégia genérica pode ser um complicador quando os clientes avaliam um produto de forma multidimensional, considerando preço, qualidade e conveniência. Por exemplo, uma empresa focada em alta qualidade pode perder mercado para um concorrente de qualidade inferior, porém ainda aceitável, que pratique preços mais baixos e tenha menor prazo de entrega.

2.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

A Tecnologia da Informação deve ser compreendida como a convergência de várias tecnologias, como hardware, software, serviços, automação industrial e telecomunicações, tratando todas as informações geradas pelo negócio (Porter e Millar, 1985).

Laudon e Laudon (2008) apresentam a seguinte definição para Sistemas de Informação:

> Um sistema de informação pode ser definido tecnicamente como um conjunto de componentes inter-relacionados que coletam (ou recuperam), processam, armazenam e distribuem informações destinadas a apoiar a tomada de decisões, a coordenação e o controle de uma organização. Além de dar apoio à tomada de decisões, à coordenação e ao controle, esses sistemas também auxiliam os gerentes e trabalhadores a analisar problemas, visualizar assuntos complexos e criar novos produtos.

Laudon e Laudon (op. cit.) assim apresentam e diferenciam Dados e Informações:

Dados são os registros de fatos brutos que representam eventos que ocorreram na organização, porém sem terem sido organizados de forma que as pessoas possam entendê-los adequadamente.

Informações são os dados apresentados às pessoas de forma organizada, facilitando seu entendimento e utilização.

Laudon e Laudon (op. cit.) definem três dimensões para os sistemas de informações: organizações, pessoas e tecnologia, conforme definição abaixo:

Organizações – As empresas têm uma estrutura definida por vários níveis, designações e especializações, denominada estrutura organizacional, que revela uma divisão do trabalho clara e definida. As organizações clássicas são definidas por uma estrutura hierárquica piramidal, composta por executivos, gerentes, profissionais especialistas e pessoal operacional. A maneira pela qual a organização define como executar o seu trabalho através dessa hierarquia é chamada de

processos organizacionais, os quais envolvem regras, comportamentos e tarefas logicamente definidos. Uma das importantes funções dos sistemas de informação é automatizar muitos desses processos organizacionais.

Pessoas – Um dos principais ativos, se não o principal, de uma empresa são as pessoas que a formam. No caso dos sistemas de informação, eles são desenvolvidos, operados e mantidos por pessoas especializadas, de modo a disponibilizar informações que outras pessoas possam utilizar para facilitar o atingimento dos objetivos da organização.

Tecnologia – A operação dos sistemas de informação depende de uma base tecnológica, basicamente dividida entre hardware e software. Hardwares são os equipamentos físicos que coletam, armazenam e processam os dados, disponibilizando a apresentando as informações aos usuários. Softwares são programas com instruções que controlam e coordenam as funções do hardware dentro de um sistema.

Segue representação de como essas três dimensões interagem com os sistemas de informação:

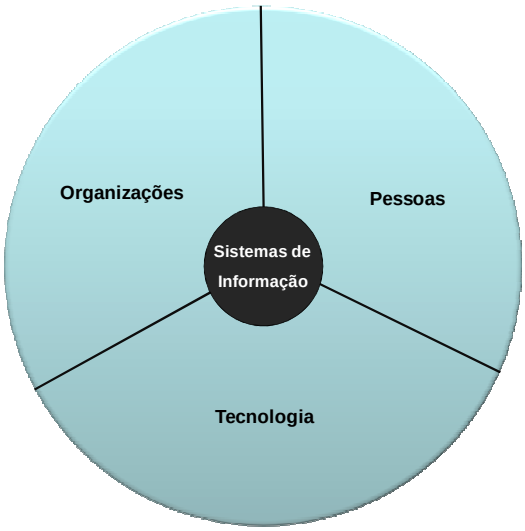

Figura 5 – Dimensões dos Sistemas de Informação (Adaptada de Laudon e Laudon, 2008)

2.2.1 Sistemas de Informação e o Ambiente Organizacional

Laudon e Laudon (2008) classificam os sistemas de informação de acordo com o nível hierárquico ao qual as informações se destinam para suportar a tomada de decisões. São definidos os três níveis organizacionais clássicos: estratégico, tático e operacional, cuja representação segue na Figura 6:

Figura 6 – Níveis Hierárquicos dos Sistemas de Informação (Adaptada de Laudon e Laudon, 2008)

Alter (1992 apud Laurindo e Pessoa, 2001) classifica os sistemas de informação com relação às seguintes funcionalidades:

Sistemas transacionais (operações, administrativo e automação de escritório) processam e registram grandes quantidades de dados gerados rotineiramente, como pedidos de clientes, ordens de produção, requisições de materiais, lançamentos contábeis, documentos e email.

Sistemas de informações gerenciais (SIG) utilizam os dados gerados pelos sistemas transacionais e os consolidam em informações de modo que se tenha uma visão geral da situação da empresa, como produção acumulada, estoques e custos.

Sistemas de apoio à decisão (SAD), sistemas de informações a executivos (SIE) e sistemas especialistas são sistemas que utilizam técnicas mais elaboradas de TI, com finalidades específicas. São usualmente destinados a prover informações que facilitem a tomada de decisões.

Sistemas não estruturados são aqueles utilizados esporadicamente pelo nível executivo para alguma atividade específica e não rotineira.

A Figura 7 apresenta a classificação funcional dos sistemas de acordo com a classificação organizacional, ou hierarquia, da empresa.

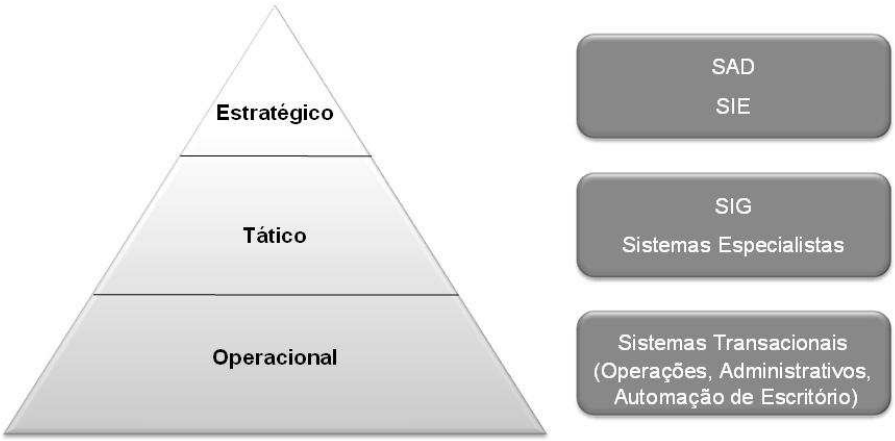

Figura 7 – Níveis Hierárquicos e Funcionais
(Adaptada de Laudon e Laudon, 2008 e de Alter apud Laurindo e Pessoa, 2001)

Considera-se nesse trabalho que os sistemas especialistas, embora inicialmente desenvolvidos a partir de sofisticadas ferramentas de inteligência artificial, passaram a ter uma conotação mais voltada à execução de funções específicas predominantemente no nível tático, sendo também conhecidos por sistemas dedicados.

2.2.2 Tipos de Sistemas de Informação Empresariais

Até a década de 50, os processos dentro de uma empresa eram predominantemente registrados em papel, o qual era também o meio de comunicação entre pessoas e áreas funcionais. Os sistemas eram raros e, quando existiam, eram baseados em computadores de grande porte – chamados *mainframes* – de alto custo de aquisição e manutenção e então com capacidade bastante limitada. Isso fazia com que apenas alguns sistemas de informação mais importantes para a empresa fossem implementados. Hoje em dia, praticamente

todos os processos e a comunicação de uma empresa são feitos através de sistemas de informação.

Empresas que investem em sistemas de informação buscam atingir os seguintes objetivos empresariais (Laudon e Laudon, 2008):

- Atingir a excelência operacional, em termos de produtividade, eficiência e agilidade;
- Desenvolver novos produtos e serviços;
- Atender melhor aos clientes;
- Melhorar o processo decisório, de forma mais ágil e correta;
- Obter vantagem competitiva;
- Assegurar a sobrevivência da empresa.

Para atingir esses objetivos, as empresas implementam sistemas de informação para atender às suas diversas áreas funcionais. As principais áreas funcionais de uma empresa, definidas por Laudon e Laudon (2008) são: Produção; Marketing e Vendas; Recursos Humanos; e Finanças e Contabilidade. A Figura 8 abaixo mostra essas áreas funcionais:

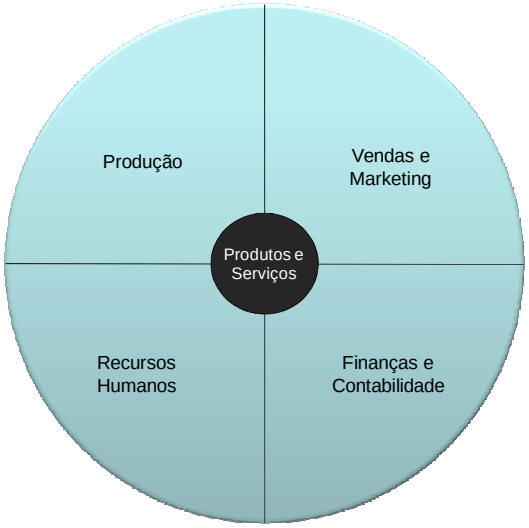

Figura 8 – Áreas Funcionais de uma Empresa (Adaptada de Laudon e Laudon, 2008)

Sistemas de Produção abrangem todo o processo produtivo da empresa, desde o planejamento até a obtenção do produto final. Eles suportam as atividades de projeto e manutenção das instalações produtivas, estudam as capacidades e

definem as metas de produção, planejam a produção, definem a necessidade e armazenam matérias primas, alocam mão de obra, executam o processo produtivo da entrada de matérias primas até a obtenção dos produtos finais, e estocam os produtos finais.

Sistemas de Marketing e Vendas suportam as funções básicas de marketing: identificar e segmentar mercados; identificar clientes potenciais, estudar os seus requisitos e necessidades; desenvolver produtos e serviços que atendam a essas necessidades; definir como e sob quais condições eles serão oferecidos ao mercado; e promover esses produtos e serviços.

Sistemas de Recursos Humanos são responsáveis por toda a força de trabalho da empresa, envolvendo recrutar e selecionar novos empregados, manter registros trabalhistas, treinar e aperfeiçoar, avaliar e identificar talentos, reter através de planos de carreira e política de salários e benefícios, e gerenciar a folha de pagamento.

Sistemas de Finanças e Contabilidade dividem-se em duas grandes famílias que se intercomunicam intensamente: Finanças cuidam dos ativos financeiros da empresa, envolvendo operações de tesouraria; gestão do fluxo de caixa; operações de financiamento e investimento; e relação com investidores e analistas de mercado. Já a área de Contabilidade é responsável pelas atividades rotineiras da empresa, como gerenciamento dos registros financeiros; apropriação de custos; gestão dos ativos imobilizados; gestão das contas a pagar e a receber; faturamento de produtos e serviços; e gerenciamento das atividades fiscais e tributárias.

2.2.3 Sistemas Integrados de Gestão

Através das definições dos sistemas dedicados às funções específicas apresentados anteriormente, fica clara a intensa troca de informações entre as áreas e departamentos. Inicialmente, os sistemas específicos pouco ou nada se intercomunicavam, sendo frequente o envio de papéis para outras áreas e a

reentrada de dados. As consequências imediatas eram perda de produtividade com o retrabalho; erros de digitação na reentrada de dados; duplicidade e inconsistência de dados; e, talvez o pior deles, a falta de uma visão geral da empresa, criando-se os chamados silos de informações.

Com a popularização e maior utilização dos sistemas de informação, foram desenvolvidas interfaces entre os diversos sistemas dedicados que interagiam com mais frequência. Embora reduzindo o problema de falta de produtividade e erros na reentrada de dados, ainda permaneciam a duplicidade e inconsistência de dados e a falta de visão do todo.

O passo seguinte foi a integração dentro de um só sistema de funções originalmente desempenhadas por sistemas específicos distintos, surgindo os sistemas integrados de gestão empresarial, ou sistemas de planejamento de recursos empresariais, mais conhecidos como ERP (*Enterprise Resource Planning*) (Correa et al., 1997; Langenwalter, 2000; Kumar e Van Hillegersberg, 2000; Laurindo e Pessoa, 2001; Colangelo Filho, 2001; Albertão, 2001).

2.2.3.1 Enterprise Resource Planning (ERP)

Os sistemas integrados de gestão foram inicialmente fomentados pela APICS (American Production and Inventory Control Society), nos anos 80, como uma extensão da funcionalidade dos sistemas MRP II, englobando outros sistemas como Finanças e Pessoal (Jacobs e Weston Jr., 2007).

Segundo Hicks e Stecke (1995), *Enterprise Resource Planning*, ou ERP, é um termo que foi inicialmente utilizado pelo Gartner Group, não significando uma revolução conceitual, um avanço tecnológico significativo, ou ainda uma ideia verdadeiramente inovadora: em vez disso, era na verdade um paradigma útil, essencialmente preocupado em assegurar que as decisões de produção de uma empresa fossem tomadas considerando seus impactos em toda a cadeia de suprimentos, tanto a montante (*upstream*) quanto a jusante (*downstream*). Além

disso, as decisões de produção são influenciadas e por sua vez influenciam todas as outras áreas principais do negócio, incluindo engenharia, finanças e marketing. Para tomar melhores decisões, devem-se levar em conta todas essas importantes interações dentro da empresa.

Segundo Corrêa, Gianesi e Caon (1997), o ERP é constituído por módulos integrados que atendem às necessidades de informação de apoio à tomada de decisão de todos os setores da empresa, a partir de uma base de dados única e não-redundante. O sistema – considerado uma evolução do MRP II – controla todos os recursos da empresa, e não apenas os diretamente utilizados na manufatura.

Para Davenport (1998), um sistema ERP é um pacote comercial que promete às empresas integrar todas as informações que fluem através da organização, nas áreas de operações e cadeia de suprimentos, vendas e marketing, finanças e recursos humanos. O sistema impõe sua própria lógica à estratégia, organização e cultura da empresa, levando à integração total, ainda que uma certa dose de segregação pudesse ser desejável, e à adoção de processos genéricos, ainda que processos customizados pudessem ser uma fonte de vantagem competitiva para a empresa. O coração de um sistema ERP é a base de dados, que tanto alimenta quanto extrai dados das aplicações, as quais suportam as mais diversas funções da empresa. Essa arquitetura de base de dados única agiliza dramaticamente o fluxo de informações através de toda a organização.

Wood Jr. (1999) afirma que esses sistemas são teoricamente capazes de integrar a gestão de toda a empresa, agilizando a tomada de decisão, podendo ser adaptados a qualquer empresa. As expectativas sobre seu impacto são enormes, assim como os investimentos para implementá-los.

Langenwalter (2000) descreve a evolução histórica do ERP como uma terceira geração de sistemas iniciada no fim dos anos 60 com o MRP (Material Requirement Planning), posteriormente sucedido na década de 70 pelo MRP II (Manufacturing Resources Planning), que integrava planejamento, compra e contabilidade de materiais para produção com o chão de fábrica.

Ptak e Schragenheim (2000) enfatizam que o ERP não é apenas o MRP II com um novo nome, utilizando uma nova arquitetura cliente-servidor: o ERP é, sim, um novo nível lógico de sofisticação na evolução de ferramentas de TI, trazendo novas funções integradas ao recurso de planejamento.

Segundo Laurindo e Mesquita (2000) e Laurindo e Pessôa (2001), os sistemas ERP surgiram no início da década de 90, como uma evolução dos sistemas MRP – voltados à resolução de problemas de manufatura – e MRP II, expandindo sua abrangência para além da produção e atingindo áreas funcionais como contabilidade, finanças, engenharia, recursos humanos e gerenciamento de projetos. Como esses sistemas passaram a englobar todas as atividades dentro do cenário de negócios das empresas, passaram a ser denominados genericamente Sistemas Integrados de Gestão Empresarial.

Colangelo Filho (2001) afirma que não há definição precisa do que seja “um sistema ERP”, propondo que seja considerado um software aplicativo que possibilita às empresas:

- Automatizar e integrar parcela substancial dos seus processos de negócios, abrangendo finanças, recursos humanos, controles e logística (suprimentos, fabricação e vendas);
- Compartilhar dados e uniformizar processos de negócios;
- Produzir e utilizar informações em tempo real.

Mabert, Soni e Venkataramanan (2001) enfatizaram a estrutura modular do sistema, possibilitando a utilização de todos eles ou de apenas alguns módulos. Levantaram ainda a possibilidade de o ERP ser conectado ou integrado a módulos externos, normalmente sistemas dedicados que oferecem uma capacidade inexistente no ERP. Essa característica possibilita que um sistema ERP seja implementado de duas maneiras: a empresa pode instalar o pacote de um único fornecedor, ou optar por adicionar módulos de outros provedores ao ERP principal, montando uma solução “*best-of-breed*”, ou “melhor da classe”.

Segundo Zwicker e Souza (2003), sistemas ERP são sistemas de informação integrados, adquiridos na forma de pacotes comerciais de software, com a finalidade

de dar suporte à maioria das operações de uma empresa industrial (suprimentos, manufatura, manutenção, administração financeira, contabilidade, recursos humanos, etc.).

Os sistemas ERP têm algumas características que os diferenciam de sistemas desenvolvidos internamente pelas empresas, os chamados “sistemas legados”, e de outros pacotes comerciais. Zwicker e Souza (2003) identificam as seguintes características principais:

- São pacotes comerciais de software;
- Incorporam modelos de processos de negócios (*best practices*);
- São sistemas de informação integrados e utilizam um banco de dados corporativo;
- Possuem grande abrangência funcional;
- Requerem procedimentos de ajuste para que possam ser utilizados em uma determinada empresa.

Sistemas ERP são sistemas integrados de software que têm a finalidade de gerenciar e suportar todas ou a maioria das operações e funções de uma empresa. São usualmente divididos em módulos que representam as diversas áreas funcionais de uma organização. Os módulos se comunicam através de uma única base de dados central, de modo que transações efetuadas em um módulo são instantaneamente disponibilizadas para outros que com ele se inter-relacionem. Embora os sistemas ERP atuais tenham dezenas de módulos, podemos agrupá-los em três grandes áreas (Figura 9):

- ***Supply Chain Management* (SCM)**, ou Cadeia de Suprimentos, englobando Planejamento e Produção, Vendas e Distribuição, Suprimentos, Manutenção;

- **Finanças**, englobando Finanças, Contabilidade e Projetos;

- **Recursos Humanos.**

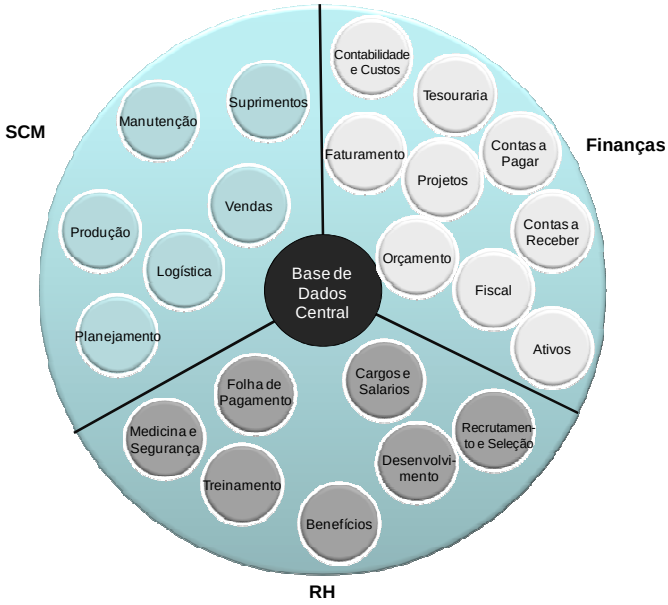

Figura 9 – Áreas de um Sistema ERP

A grande maioria dos sistemas ERP é dividida em módulos que podem até mesmo ser comercializados separadamente, atendendo às diversas áreas funcionais ou departamentos da empresa. Entretanto, esses módulos interagem entre si à medida que os processos demandem troca de informações entre áreas funcionais distintas. Essas interações, feitas em tempo real e armazenadas em uma só base de dados, resultam naquele que possivelmente seja o maior benefício do sistema: sua integração e disponibilização de dados únicos e consolidados a todos os departamentos da empresa (Figura 10).

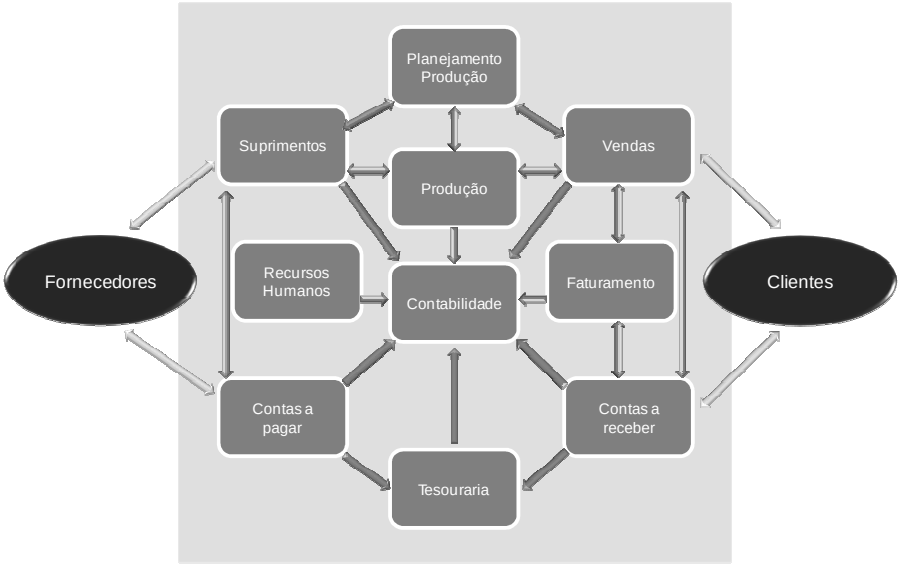

Figura 10 - Principais módulos de um ERP em uma empresa industrial e suas interligações (Adaptada de Zwicker e Souza, 2003)

Sistemas ERP tornaram-se um padrão de fato para que as organizações de grande e médio porte gerenciem todas as suas principais operações e processos funcionais. Geralmente o ERP consiste em uma série de módulos funcionais integrados através de processos de negócios padrão, incluindo dados e informações de fornecedores, clientes, empregados e produtos. Os módulos comuns normalmente incluem contabilidade, vendas, logística, compras, manufatura, recursos humanos e inventário (Peslak, 2006).

Colangelo Filho (2001) define que os sistemas ERP cobrem pelo menos três grandes áreas das organizações: Finanças e Controles; Operações e Logísticas; e Recursos Humanos (Quadro 1). Uma vez que os fornecedores de sistemas continuam expandindo a funcionalidade e escopo dos seus produtos, fica cada vez mais difícil definir os limites funcionais de um sistema ERP. Essa expansão da abrangência dos softwares ERP pode se dar através de novos desenvolvimentos, aquisições de outras empresas de software complementar, ou ainda pela integração com esses softwares.

Finanças e Controles	Operações e Logísticas	Recursos Humanos
• Contabilidade • Contas a Pagar • Contas a Receber • Tesouraria • Ativo Imobilizado • Orçamentos • Custos • Faturamento	• Suprimentos • Previsão de Vendas • Planejamento e Controle da Produção • Gestão da Qualidade • Custos de Produção • Entrada de Pedidos	• Recrutamento e Seleção • Treinamento • Benefícios • Desenvolvimento de pessoal • Medicina e Segurança do Trabalho • Cargos e Salários • Folha de Pagamento

Quadro 1 - Áreas de Aplicação dos sistemas ERP (Adaptado de Colangelo Filho, 2001)

2.2.3.1.1 ERP ou Best-of-Breed?

Essa questão entre escolher um sistema integrado de gestão ERP ou vários sistemas BoB (*best-of-breed*, ou “melhor-da-classe”) teve início no início da década

de 90, quando os sistemas ERP começaram a entrar no mercado de sistemas de gestão, e ainda permanece (Geisheker, 1999).

Entretanto, nesse período o mercado de sistemas de gestão mudou totalmente: no final da década passada inúmeros softwares BoB dominavam o mercado de gestão da cadeia de suprimentos, os quais passaram a ser atacados pelos provedores de ERP com o argumento de não serem sistemas robustos e serem limitados para as necessidades importantes e complexas da SCM. Hoje, a quantidade de sistemas BoB caiu drasticamente: muitos saíram do mercado ou foram adquiridos pelos grandes provedores de ERP, resultando na dominância dos sistemas ERP na cadeia de suprimentos. A questão ERP versus BoB ainda persiste, impulsionada pelo ciclo de definição de novos sistemas ou necessidade de atualização e *upgrade* dos softwares das empresas que os implementaram antes do ano 2000 (Murphy, 2008).

Murphy (op. cit.) identificou que essa maior competição dos ERP não significou a saída dos BoB do mercado, mas hoje em dia dificilmente uma empresa adota uma estratégica exclusivamente com os BoB. Estes, entretanto, continuam a ter um papel importante em nichos específicos ou para resolver problemas particularmente complexos. Enquanto os gerentes de TI tendem a favorecer o ERP, os gerentes do negócio muitas vezes preferem sistemas dedicados, mais específicos, para suportar suas atividades. Essa discussão é particularmente importante por envolver a cadeia de suprimentos, englobando produção, suprimentos, utilização dos ativos, trabalho, inventário e logística.

Os provedores de pacotes BoB insistem que seus sistemas oferecem funcionalidade superior e que, embora modulares, possibilitam total integração. Outra justificativa é que seus sistemas interagem com a cadeia de suprimentos quando há necessidade de alterações, enquanto que os sistemas ERP simplesmente registram as transações.

Já os lideres em sistemas ERP, SAP e Oracle, argumentam que estão investindo pesadamente para mudar para uma plataforma aberta mais flexível, incluindo a arquitetura orientada a serviços (SOA). Assim, justificam poder integrar

mais facilmente seus sistemas ERP aos softwares dos provedores BoB e aos sistemas legados dos seus clientes.

Light et al. (2001) efetuaram um estudo de caso comparando implementações *best-of-breed* com sistemas ERP únicos, chegando às seguintes conclusões:

- Sistemas ERP usualmente custaram mais que o previsto e o trauma organizacional causado pela sua implementação gerou dificuldades;
- As empresas questionam se a decisão de um único provedor ERP representa as melhores práticas na área fim do negócio, e estão começando a sentir as consequências dessa decisão estratégica;
- Sistemas BoB foram mais complexos de implementar e resultaram em custos de propriedade mais elevados, em termos de manutenção das interfaces entre os diversos softwares;
- Ambas as estratégias são complexas, em função da escala, escopo e requisitos do negócio.

2.2.3.1.2 ERP ou EAM?

Uma questão muito discutida entre empresas intensivas em capital – ou centradas em ativos, como mineração, siderurgia, petróleo, aviação, dentre outras – foi a aderência ou não dos sistemas ERP às suas características de negócio. Enquanto os grandes provedores de ERP buscavam demonstrar a capacidade dos seus softwares, outros fornecedores de pacotes *best-of-breed* EAM (*Enterprise Asset Management*) tentavam justificar a superioridade dos seus produtos quanto ao ERP para atender melhor às necessidades da empresa.

Os pacotes EAM apresentavam funções específicas para as empresas gerenciarem seus ativos, como:

- Gestão e programação da manutenção industrial e de equipamentos;
- Compra de materiais para MRO (*Maintenance, Repair and Overhaul*);
- Histórico dos ativos;

- Custos de equipamentos;
- Permissões e certificações.

Muitas vezes as funções de manutenção e suprimentos para manutenção, reparo e reforma (MRO) disponibilizadas pelos sistemas ERP convencionais não atendiam às necessidades dessas indústrias intensivas em capital citadas, o que dificultava a decisão. De um lado, a pressão do ERP como padrão de mercado, porém sem atender adequadamente a um requisito fundamental da empresa quanto à gestão dos seus ativos. Do outro lado, um sistema especializado no gerenciamento dos ativos, porém deficiente na gestão corporativa.

A aceitação geral do ERP pelo mercado, somada à relativa dificuldade de se encontrarem alternativas viáveis, levou muitas empresas centradas em ativos à adoção de um ERP. As lacunas verificadas entre as necessidades das empresas e a funcionalidade oferecida pelo ERP chegaram a impactar negativamente a lucratividade dessas empresas, a ponto de ameaçar a competitividade e reputação dos sistemas ERP nesse setor (Miklovic, 1998).

Ao mesmo tempo em que as empresas intensivas em capital que escolheram o ERP identificaram sérios *gaps,* em particular na maneira pela qual o ERP gerenciava seus ativos, outras que adotaram soluções EAM se ressentiram da falta de recursos destes sistemas nas funções de gerenciamento do negócio.

Miklovic (1998) propôs que as empresas centradas em processos e em ativos adotem a estratégia “melhor-das-classe”, ou *best-of-breed*, combinando dois ou mais provedores visando, com essa funcionalidade combinada, obter o máximo desempenho das unidades operacionais. Já as empresas centradas em produtos normalmente poderiam ser atendidas a contento pelo ERP.

Um exemplo real da aplicação da proposta de Miklovic (op. cit.) é representada por alguns pacotes de software específicos para manutenção e MRO, que por exigência do mercado desenvolveram interfaces certificadas com os grandes sistemas ERP e são oferecidos por eles como software complementar. Os

benefícios daí decorrentes ao cliente são maior poder de barganha, instalação mais simples do que dois pacotes independentes, e garantia da operação integrada.

Estudos recentes indicam que o mercado de EAM deve crescer nos próximos cinco anos, em função de as empresas terem que reduzir custos e investimentos de capital na atual conjuntura econômica, e de os custos de manutenção serem alvos prioritários para redução em empresas intensivas em capital. Entretanto, foi identificado que os provedores de ERP e os grandes integradores de sistemas têm tomado parte do mercado dos provedores de softwares de manutenção *Best-of-Breed* (BoB). (Fonte: ARC Advisory Group, 2009).

2.2.3.1.3 ERP: Resultados ou Mitos?

Desde o final dos anos 90, no auge da expansão dos sistemas ERP, estes passaram a ser questionados: teria valido a pena investir muitos milhões de dólares em sistemas empresariais que prometiam, além de resolver o problema representado pelo temido “bug do milênio”, mudar completamente a maneira como as empresas eram gerenciadas, atingindo novos patamares de eficiência e competitividade?

Um dos artigos mais instigantes da época foi publicado em 1999 pela revista “The Economist” com o título “ERP descanse em paz?”, ou “ERP RIP?” no original. Vários especialistas entrevistados apontaram a saturação do mercado de ERP após anos de expressivo crescimento, com algumas das suas principais empresas de software – como Baan e PeopleSoft – enfrentando dificuldades mercadológicas e financeiras. Por outro lado, o artigo reconhece a força de empresas como SAP e Oracle, em função da sua grande base instalada, e aponta a internet como fator positivo para o mercado através do potencial do e-business e das integrações “business-to-business”.

Segundo Mabert et al. (2001), qualquer pessoa que assista às apresentações de fornecedores de sistemas ERP, leia seus materiais promocionais ou visite seus

“sites” na internet, terá a impressão de que o ERP é o Santo Graal dos sistemas empresariais de TI: garantia de interconexão total e transparente de toda a organização, de disponibilidade instantânea de informações e de aumento da produtividade, e muitos benefícios mais. Por outro lado, há casos de empresas onde a adoção do ERP foi desastrosa e inúmeras críticas foram feitas particularmente à sua implementação: projetos proibitivamente caros, sistemas inflexíveis e difíceis de serem implementados em grandes corporações, dentre outras. Os autores efetuaram uma pesquisa de campo com 15 diferentes empresas que implementaram o ERP, entrevistando tanto gerentes do negócio quanto de TI, chegando às seguintes principais conclusões:

- O tempo de implementação do projeto variou de 1 a 4 anos;
- O custo do projeto variou de 1,5% a 6% do faturamento anual da empresa (de 3% a 6% para empresas pequenas, e de 1,5% a 2% para grandes empresas);
- O custo do software foi da ordem de 15% do custo total do projeto;
- O principal benefício identificado foi a padronização e integração de processos em toda a empresa;
- Outros benefícios identificados foram: disponibilidade e qualidade dos dados, redução de estoques, redução do ciclo de fechamento financeiro, e redução do ciclo de entrega dos produtos;
- Os dados de redução do custo da TI com a adoção do ERP são inconclusivos;
- Um único sistema ERP não oferece a solução empresarial completa anunciada pelos fornecedores de software;
- A maioria das empresas passou a utilizar outros sistemas com funcionalidades específicas para apoio à decisão, aproveitando os dados disponíveis e mais confiáveis do ERP, visando melhorar o desempenho do negócio;
- A maioria das empresas respondeu estar satisfeita com o ERP, visualizando uma vida útil de 10 anos.

Davenport (1998) identificou que a reengenharia de processos realizada durante a implementação do ERP pode resultar na substituição de processos

ineficientes por outros padronizados e integrados, proporcionando benefícios através da integração das informações em uma única base de dados, o que favorece o fluxo organizacional. Entretanto, o autor aponta que as principais falhas dos sistemas ERP ocorrem quando as empresas negligenciam o negócio ao implementarem um sistema de gestão. Nesses casos, a integração proporcionada pelo sistema ERP passa a ser um problema, uma vez que a lógica do sistema pode não estar alinhada à lógica do negócio.

Cardoso et al. (1999) identificaram que a gestão da produção em uma siderúrgica estudada tornou-se mais confiável e produtiva com a utilização do ERP. Já outro estudo de Cardoso e Souza (2002) no mesmo segmento indicou que o ERP não atendeu às necessidades de gestão financeira dos seus usuários.

Poston e Grabski (2000) identificaram significativo aumento dos custos da empresa e uma redução do número de empregados, ambos com relação às vendas, no primeiro ano de implementação do ERP. Os autores indicam que os custos podem até ter sido reduzidos a partir de maior eficiência da produção e eliminação de trabalho administrativo, porém esse benefício pode ter sido superado pelas despesas com consultoria e contratação de analistas de sistemas especializados no ERP, mais caros. Os autores supõem ainda que no primeiro ano o ERP não estava totalmente operacional, necessitando ajustes e correções pós-implementação.

Mendes e Escrivão Filho (2002) efetuaram levantamento bibliográfico sobre o trabalho de onze autores que estudaram os resultados obtidos por empresas que implementaram sistemas ERP, verificando que os benefícios mais significativos citados foram: controle e gestão; integração das áreas da empresa; documentação de processos; e evolução tecnológica. A compilação desses resultados é apresentada no Gráfico 1 a seguir.

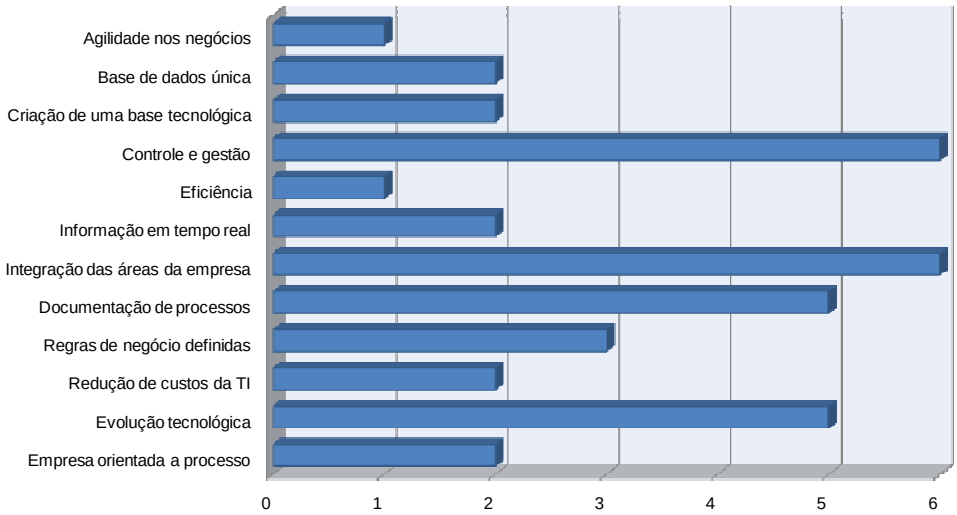

Gráfico 1 – Resultados da implementação do ERP (Adaptado de Mendes e Escrivão Filho, 2002)

Em seguida, Mendes e Escrivão Filho (op. cit.) conduziram estudo exploratório em dez empresas de pequeno porte, pertencentes a vários setores industriais. Os autores observaram os seguintes benefícios:

- Evolução tecnológica, pois muitas empresas estavam desatualizadas e o ERP elevou o seu patamar tecnológico;
- Integração das áreas da empresa, pois os usuários acessam uma única base de dados contendo as mesmas informações;
- Mais controle sobre as informações da empresa e melhor administração do negócio, em função da maior confiabilidade das informações armazenadas;
- Melhor capacitação dos recursos humanos, pois a implementação do ERP exigiu treinamento dos usuários e a empresa tornou-se mais exigente em novas admissões.

Hunton et al. (2003) efetuaram pesquisa comparativa entre 63 empresas que implementaram o ERP contra 63 que não o adotaram, cujos resultados indicaram que as primeiras apresentaram significativo aumento no ROA (*return on assets*, ou retorno sobre os ativos) e ROI (*return on investments*, ou retorno sobre investimentos) após o terceiro ano de implementação do ERP, com relação às que não adotaram o sistema.

Mastrela (2003) efetuou estudo de caso sobre a implementação de um sistema integrado ERP em uma mineradora, identificando que houve alto impacto nos processos das áreas de gestão de materiais e financeira, e constatando redução de custos em todas as áreas cobertas pelo ERP implementado (Materiais, Manutenção, Recursos Humanos e Finanças). Deve-se destacar, entretanto, que o próprio fornecedor do sistema – a australiana Mincom – posiciona seu produto como um sistema EAM, alegadamente mais adequado à gestão de uma empresa intensiva em capital do que um ERP padrão.

Gattiker e Goodhue (2004) afirmaram ter identificado resultados conflitantes quanto ao uso do ERP, variando de histórias de sucesso a um número considerável de falhas. Entre esses extremos, há tanto implementações parcialmente bem sucedidas quanto parcialmente problemáticas. Por exemplo, os autores identificaram que a adequação do ERP a uma organização é função do grau de independência e diferenciação entre suas diversas unidades. Quanto maior a interdependência, melhor a qualidade do sistema integrado. Entretanto, quanto maior a diferenciação, mais dificuldades são geradas pela padronização advinda do ERP. Os autores identificaram um caso específico em uma empresa madeireira que resultou no benefício de melhor controle dos produtos em estoque e em processo de produção, facilitando o aceite de pedidos de compra e atendendo melhor aos clientes.

Medeiros Jr. e Shimizu (2006) apresentaram os resultados de uma pesquisa efetuada nos Estados Unidos pelo Standish Group avaliando projetos ERP finalizados de 1994 a 2004. O Gráfico 2 abaixo mostra os resultados obtidos:

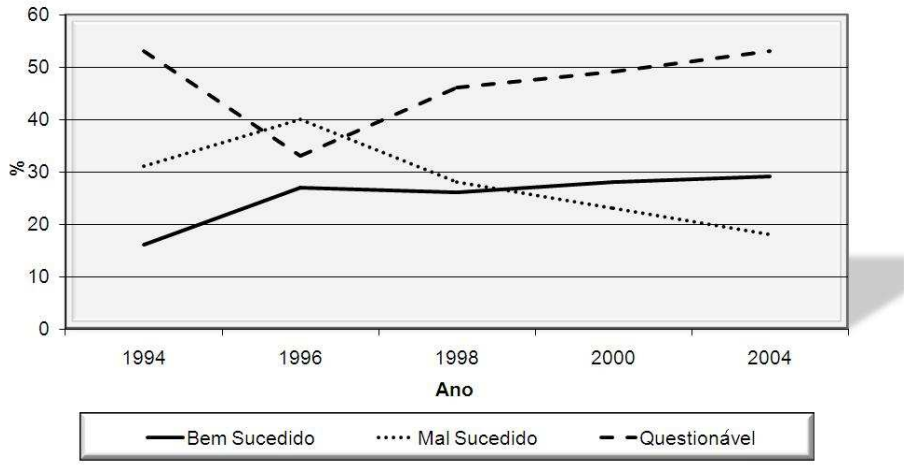

Gráfico 2 – Avaliação de Projetos ERP Finalizados (Adaptado de Medeiros Jr. e Shimizu, 2006)

Embora os projetos bem sucedidos tenham uma tendência crescente e os mal sucedidos uma tendência decrescente, possivelmente em função do aprendizado a partir de boas e más experiências, constata-se que:

- Projetos bem sucedidos não passaram de 30%;
- Projetos mal sucedidos, embora com tendência decrescente, estiveram na faixa de 20% a 40%;
- Projetos questionáveis, isto é, que foram concluídos com estouro do orçamento, ou do prazo, ou dos recursos se comparados ao originalmente planejado, constituíram a grande maioria.

Os projetos finalizados representaram 82% do total de projetos ERP iniciados, sendo que 18% falharam, isto é, foram cancelados durante o projeto ou sequer foram implementados (Medeiros Jr. e Shimizu, op. cit.).

2.2.4 Sistemas de Informações Gerenciais e de Apoio à Decisão

Os sistemas integrados de gestão discutidos anteriormente foram definidos por Alter (1992 apud Laurindo e Pessoa, 2001) e por Laudon e Laudon (2008) como sistemas transacionais.

Para possibilitar a extração de informações dos dados transacionais de forma organizada, auxiliando nos processos de gestão e de apoio à decisão, surgiram os sistemas de informações gerenciais (SIG), sistemas de apoio à decisão (SAD) e sistemas de informações a executivos (SIE).

Williams e Williams (2006) apresentaram as seguintes definições para os sistemas SAD e SIE:

Os SAD, também denominados DSS (*Decision Support Systems*), começaram a ser utilizados nos anos 70 para suportar a tomada de decisões complexas de negócios. Usualmente, se concentravam em aplicações específicas,

como otimização da ocupação e faturamento em companhias aéreas e hotéis, ou ainda otimização de malhas logísticas de distribuição. Seu escopo e sofisticação variavam de aplicações em *mainframes* até planilhas eletrônicas.

Os SIE, também conhecidos por EIS (*Executive Information Systems*), representaram a primeira tentativa de suportar a tomada de decisão em nível executivo através de informações e análises do negócio. Eram sistemas caros e pouco flexíveis, normalmente desenvolvidos em *mainframes,* e destinavam-se especificamente à alta direção da empresa.

Os sistemas BI (*Business Intelligence*) tiveram sua origem nos sistemas SAD e SIE, Entretanto, os SAD não buscavam a integração e disponibilização de informações e análises de negócios como os sistemas BI de hoje, e foram sendo gradualmente substituídos por eles. Já os SIE foram substituídos por aplicações analíticas dos sistemas BI, como *scorecard*, *dashboards* (painéis de controle) e gestão da performance. Essas aplicações foram disseminadas a outros níveis gerenciais, com a vantagem de substituir os *mainframes* centralizados pela popularização dos computadores pessoais (Williams e Williams, 2006).

BI é um termo inicialmente apresentado pelo Gartner Group em 1989, envolvendo o conceito e metodologia para melhorar os processos de decisão nos negócios através do uso de fatos e de sistemas baseados em fatos. Estes são representados por sistemas de informações aos executivos, sistemas de apoio à decisão, sistemas empresariais integrados, sistemas de informações gerenciais, e novas tecnologias como OLAP (*online analytical processing*), *data mining*, visualização de dados e sistemas de informações georeferenciadas (Chou et al., 2005).

BIS (*Business Intelligence Systems*) são sistemas de TI que suportam os processos de análise do negócio e de tomada de decisões nas mais diversas atividades de negócios. Os BIS potencializam o uso da enorme quantidade de dados nas organizações, como os existentes nos sistemas ERP. (Elbashir et al., 2008; Williams e Williams, 2006).

O sistema BI passou então a combinar produtos, tecnologias e metodologias para organizar e disponibilizar as informações chave requeridas pelos gestores para melhorar o desempenho organizacional, porém tendo como principal objetivo o aumento de faturamento e/ou redução de custos, gerando maior lucro.

A contribuição do BI ao alinhamento estratégico se dá através da sua disponibilização de informações para planejar, orçar, controlar, medir, e assim facilitar a tomada de decisões para aumentar a performance organizacional com relação aos objetivos estratégicos da empresa (Williams e Williams, 2006).

Elbashir e Williams (2007) e Elbashir et al. (2008) estudaram o valor gerado pelos sistemas BI para os negócios. Em particular para a indústria, eles pesquisaram os processos organizacionais dentro da cadeia de valor suportados pelo BI. A partição da cadeia de valor incluiu as atividades primárias (logística interna e externa, operações, marketing, vendas e serviços) e secundárias (compras, pesquisa e desenvolvimento, recursos humanos e gestão da infraestrutura). O estudo foi feito em dois níveis, como segue:

- Desempenho dos processos de negócio, incluindo aumento da eficiência operacional dos vários processos suportados pelo BI, como redução de custos e aumento de produtividade, e aumento da eficácia operacional decorrente da aplicação do BI nas atividades da cadeia de valor;
- Desempenho organizacional decorrente da aplicação do BI em toda a organização. As métricas investigadas, como ROI e crescimento de vendas, representam objetivos organizacionais e obtenção de vantagens competitiva com relação aos seus concorrentes.

Os autores constataram que os benefícios do BI nos processos de negócio foram consistentes com as atividades da cadeia de valor de Porter, como segue:

- Logística interna, através do benefício de melhor relacionamento com fornecedores;
- Operações, através do benefício de geração de maior eficiência nos processos internos;
- Clientes, através do benefício de inteligência no relacionamento.

Foi constatado ainda que, comparada à indústria de serviços, a de “não serviços” apresentou uma relação mais forte entre o desempenho dos processos de negócio e desempenho organizacional. Na indústria de “não serviços” foram pesquisadas empresas de mineração, construtoras, de comércio (atacado, varejo e distribuição) e de manufatura (Elbashir et al., 2008).

Chou et al. (2005) apontaram que sistemas ERP representam a espinha dorsal que integra as aplicações de *back-office* de uma empresa. Embora o ERP registre todas as transações em sua base de dados central, ele não é um sistema de análise de dados ou de apoio à decisão. A falta de uma adequada análise e interpretação desses dados, através de um sistema de apoio à decisão, impede que a empresa use de forma adequada todos os seus dados disponíveis, podendo perder vantagem competitiva. As ferramentas de BI, sejam *best-of-breed* ou disponibilizadas pelos fornecedores de sistemas ERP, são recomendadas para acessar diretamente essa base de dados e extrair informações através de relatórios baseados no conhecimento. A integração entre o BI e o ERP adiciona valor ao sistema de informações da empresa, possibilitando a tomada de decisões corretas de forma mais rápida. Os autores concluem que empresas que não conseguiram justificar o ROI (*retorno sobre os investimentos*) de projetos ERP estão implementando software de BI, visando melhorar a utilização dos dados empresariais.

2.2.5 Manufacturing Execution Systems (MES)

Segundo a Manufacturing Enterprise Solutions Association (MESA), um sistema de execução da manufatura (MES, *Manufacturing Execution System*) é um sistema de informações dinâmicas que impulsiona efetivamente a execução de operações de manufatura. Utilizando dados atuais e precisos, o MES define, inicia e reporta todas as atividades da planta, desde o recebimento da ordem de produção até a estocagem do produto final (Langenwalter, 2000).

Langenwalter (op. cit.) define o MES como um sistema computacional integrado e *on-line* que contém todos os métodos e ferramentas para efetuar a produção planejada. O objetivo do MES é suportar a área de produção, desde a gerência até o chão de fábrica, na tomada de decisões que coordenem a produção de forma mais efetiva. Embora os sistemas de chão de fábrica se comuniquem com os sistemas MRP desde os anos 70, havia um enorme *gap* entre planejamento e execução, decorrente de atrasos na obtenção de dados, os quais eram muitas vezes recorrentes ou imprecisos. Um importante diferencial do MES é que ele responde a mudanças do chão de fábrica imediatamente, enquanto que os ERP tendem a responder após períodos mais longos. Se comparado ao MRP, uma ferramenta de planejamento, o MES enfatiza a execução *on-line*, incluindo as seguintes funções:

- Gestão do processo produtivo;
- Ligar / desligar equipamentos;
- Controle de qualidade no processo;
- Leitura e ajuste dos controladores de processo;
- Atualização dos estoques;
- Designação dos operadores;
- Definição e controle de alarmes.

Deuel (1994) define o MES como um sistema que auxilia as fábricas a manter a qualidade constante dos produtos, a atender aos padrões e regulamentos de produção, a reduzir o tempo de ida ao mercado e os custos de produção. O MES possibilita a obtenção de informações em tempo real de todos os elementos do processo produtivo da planta: instalações, equipamentos, materiais, pessoas, instruções e documentação de processo.

O principal requisito do MES para operar no máximo da sua capacidade é poder prover informações em tempo real. Para tanto, deve ser integrado aos sistemas de automação e controle (como sistemas SCADA, SDCD e PLC). O MES posiciona-se na camada intermediária, entre o ERP e o nível de controle (Figura 11).

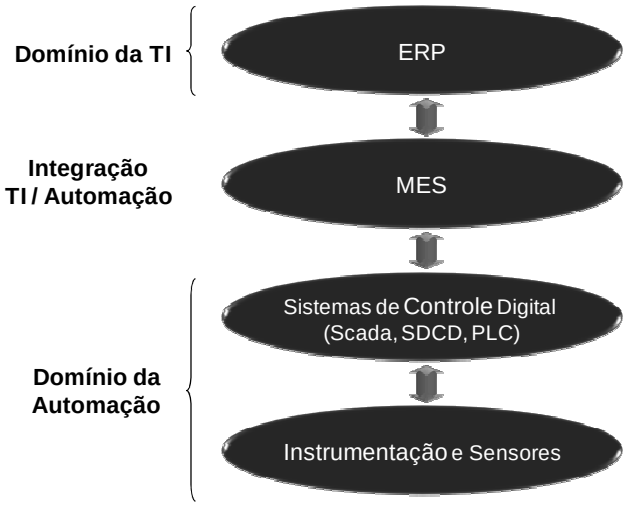

Figura 11 – Posicionamento Hierárquico do MES

Gerenciando e controlando todo o processo produtivo, desde o recebimento de matérias primas até o carregamento dos produtos finais, o MES disponibiliza ao gestor da produção informações que facilitam a execução das suas atividades, como:

- Qualidade de matérias primas;
- Relatórios da planta;
- Qualidade dos produtos finais;
- Certificados de análise e rastreamento do processo produtivo;
- Gráficos de controle estatísticos;
- Gerenciamento de amostras;
- Monitoramento e análise da produção;
- Programação;
- Gestão de alarmes;
- Disponibilidade de equipamentos.

Seguindo a tendência dos ERP, o foco dos sistemas MES é a integração dessa gama de sistemas funcionais em um sistema mais holístico. Enquanto o ERP integra as diversas funções do negócio, o MES elimina os silos de informação nos níveis de controle e de funções de chão de fábrica. Essa nova integração entre os sistemas MES, as aplicações de chão de fabrica e os controles de equipamentos e processos é denominada *Enterprise Production System*, ou EPS (Langenwalter, 2000).

2.2.6 A Evolução dos Sistemas Integrados de Gestão

Langenwalter (2000) propôs um novo modelo de expansão do ERP, denominado TEI (*Total Enterprise Integration*). O TEI surgiu da necessidade de clientes e fornecedores terem acesso às informações integradas através da cadeia de suprimentos ou cadeia de valor. Alem do ambiente externo, executivos de empresas de manufatura necessitam integrar as suas estratégias e táticas para que as demais pessoas na organização possam tomar decisões e executar ações que levem consistentemente ao atingimento dos objetivos corporativos. Além de integrar todas as atividades da cadeia de valor, o TEI também incorpora as pessoas e a tecnologia envolvidas no processo produtivo. O foco da TEI não é apenas integrar as diversas funções, uma vez que essas “ilhas” de funcionalidade existem há anos: o poder da TEI é criar uma vantagem estratégica, em vez de simplesmente buscar maior eficiência operacional.

A principal diferença do TEI é prover não somente a integração das transações, como o sistema ERP, mas sim possibilitar a comunicação de decisões e eventos para toda a empresa. As principais funções executivas que compõem o TEI são (Langenwalter, 2000):

- Planejamento estratégico;
- Marketing;
- Planejamento de vendas e operações;
- Planejamento financeiro;
- Suporte a decisões executivas;
- Sistemas de medição;
- Gestão integrada da cadeia de suprimentos.

Visualiza-se na Figura 12 a evolução histórica desde os sistemas de planejamento da produção aos sistemas integrados de gestão:

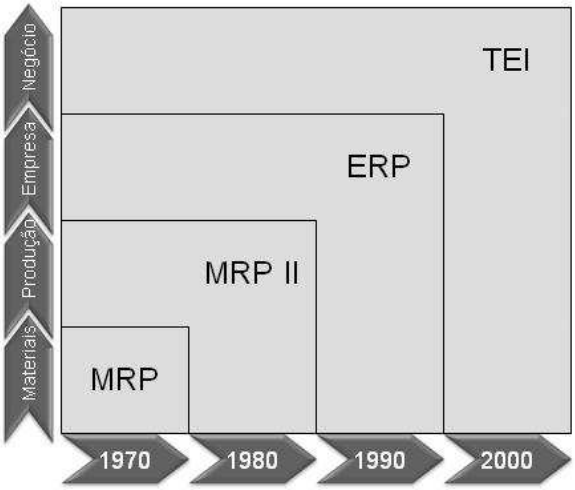

Figura 12 – Evolução dos Sistemas de Produção e de Gestão
(Adaptada de Colangelo Filho, 2001)

Kumar e Hillegersberg (2000) identificaram o foco dos sistemas ERP no processamento das transações de uma empresa, integrando através de padrões e melhores práticas de negócios as informações e processos que envolvem várias áreas da empresa. Entretanto, a enorme quantidade de dados do ERP armazenados possibilitará cada vez mais a adoção de plataformas de apoio à decisão, *data mining* e sistemas de informações a executivos.

Sprott (2000) constatou que a maioria dos pacotes ERP evoluiu de modo a conter diversos módulos cobrindo áreas funcionais, como Manufatura, Logística e Finanças. Embora usualmente esses módulos fossem chamados “componentes” pelos provedores de software, na verdade eram sistemas aplicativos integrados, que eram oferecidos ao mercado na forma de um código monolítico. Entretanto, os provedores acabaram reconhecendo a necessidade de interoperar com outros ambientes, sejam pacotes comerciais ou aplicativos legados.

Posteriormente, para agregar novas funcionalidades ao seu produto de forma mais rápida que a concorrência, as empresas de ERP passaram a aceitar a integração com componentes de terceiros, normalmente softwares especializados em áreas não estratégicas a elas. O passo seguinte foi a integração com softwares *best of breed*, quando os grandes provedores de ERP relutantemente aceitaram a necessidade de facilitar a integração com outros componentes escolhidos pelos

seus clientes, eventualmente em substituição a alguns dos próprios módulos do ERP.

Sprott (op. cit.) definiu componentes como uma entidade separada, encapsulada, e que em função dessa separação é mais fácil de manter, atualizar e colaborar. Os componentes devem aderir a normas de separação, interface e padronização definidas preliminarmente.

Essa “componentização” tomou corpo mais recentemente com a proposição da Arquitetura Orientada a Serviços (SOA, *Service Oriented Architecture*). SOA é uma arquitetura de TI padrão, aberta e flexível para desenvolver soluções modulares de software baseadas em serviços. Essa abordagem organiza recursos distribuídos de TI em uma solução integrada que elimina silos de informações e maximiza a agilidade do negócio. (Fontes: IBM e Microsoft).

A evolução da arquitetura orientada a serviços (SOA) tem possibilitado que as empresas expandam seus atuais sistemas sem incorrer em grandes e caros *upgrades* e reimplementações. Uma das principais beneficiadas por essa expansão é a função de gestão da cadeia de suprimentos (SCM), onde funções como BPM (*Business Process Management*) e gestão de eventos e alarmes da cadeia de suprimentos têm sido adicionadas ao ERP (Viswanathan, 2009).

Estudo do Aberdeen Group indicou que 100% das empresas “melhor-da-classe” (*best-in-class*) pertencentes ao segmento das indústrias de Processo integraram seus sistemas de produção ao ERP (Fonzi e Shah, 2008).

Esse movimento de integração entre diversos sistemas, impulsionado pela facilidade tecnológica oriunda dos novos padrões de intercomunicação, indica o caminho de uma integração de todas as informações do nível executivo ao chão de fábrica. Os sistemas ERP e MES, em particular, devem ter participação importante na concretização do conceito TEI (*Total Enterprise Integration*) proposto por Langenwalter (2000).

Segundo Jacobs e Weston Jr. (2007), sistemas ERP vão se tornar cada vez mais inteligentes, visando sua maior utilização para a sugestão ou tomada de decisões. Para isso serão incorporadas ferramentas como *data mining*, sistemas especialistas e sistemas avançados de planejamento com recursos de otimização e simulação. Estas últimas serão cada vez mais importantes como elementos de um sistema integrado de planejamento e execução estendido além da empresa, compreendendo também o sistema de valor. As principais áreas suscetíveis aos benefícios da otimização ou simulação incluem custos; previsão da produção; planejamento de capacidade e do tempo de resposta a novos pedidos; e previsão do tempo de entrega.

2.3 A CADEIA DE VALOR

Segundo Porter e Millar (1985), a TI transforma o modo de operação das empresas. Um conceito importante que evidencia o papel da TI no ambiente competitivo é o da “cadeia de valor”, que identifica as atividades desempenhadas pela empresa, do ponto de vista tecnológico e econômico, para executar o seu negócio.

A cadeia de valor é um sistema de atividades interdependentes conectadas por elos, os quais surgem quando a maneira pela qual uma atividade desempenhada afeta as outras (Figura 13).

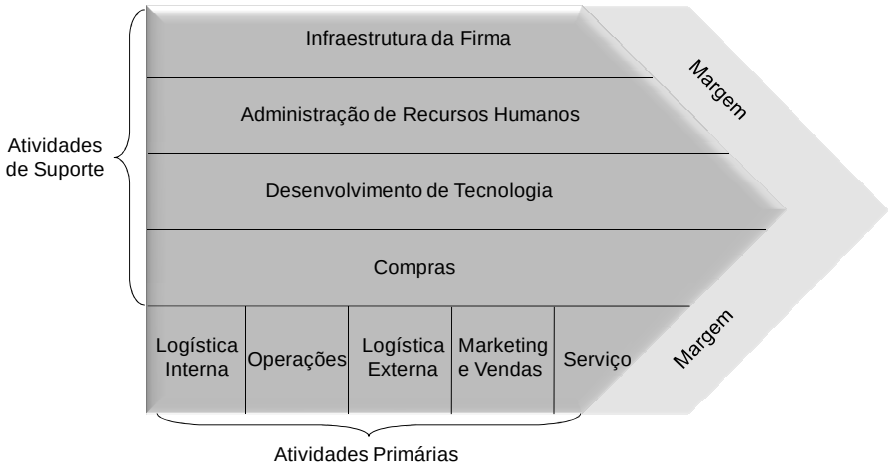

Figura 13 – Cadeia de Valor de Porter; Fonte: Porter e Millar (1985)

As atividades primárias são as que compõem a produção física, a venda e a entrega do produto ao cliente. Logística interna; operações (inclusive manutenção); logística externa; marketing e vendas; e serviços pós-venda são atividades primárias.

As atividades de suporte (ou atividades de apoio, ou ainda atividades secundárias) proporcionam os recursos e a infraestrutura para a realização das atividades primárias. Compras e suprimentos; pesquisa tecnológica; gestão de RH e infraestrutura da firma (direção; finanças e contabilidade; jurídico) são atividades de suporte.

A margem obtida é a diferença entre o preço do produto final e a somatória dos custos das atividades executadas para produzi-lo.

A cadeia de valor de uma empresa faz parte da cadeia de valor de toda a indústria à qual ela pertence, que é denominada “sistema de valor” (Porter e Millar, 1985). Um sistema de valor inicia com a cadeia de valor das empresas fornecedoras de matérias primas, as quais podem ser processadas por várias empresas que adicionam valor até a obtenção do produto final da indústria. Este produto final pode ser vendido ao cliente como matéria prima de um novo sistema de valor.

Um exemplo do sistema de valor é a indústria mínero-siderúrgica, onde o minério de ferro, produto final da cadeia de valor de uma mineradora, é a matéria prima para a cadeia de valor de uma siderúrgica. O produto final desta, como chapas de aço laminadas, é matéria prima para o sistema de valor da indústria automobilística. Um exemplo do sistema de valor da mineração e siderurgia é apresentado na Figura 14:

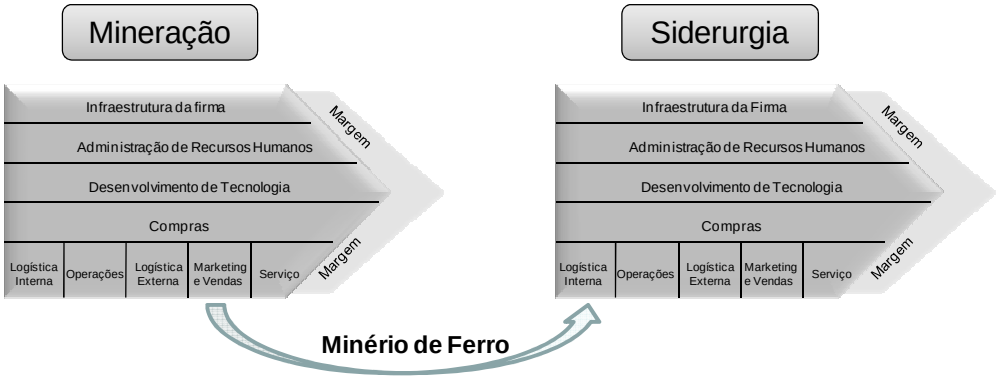

Figura 14 – Exemplo de Sistema de Valor (Adaptada de Porter e Millar, 1985)

Galbraith e Kazanjian (1986) definiram que, dentro de uma determinada indústria, adiciona-se valor através de uma sequência lógica de operações que representam os diversos estágios da cadeia de suprimentos. A cadeia de suprimentos da indústria é dividida em duas fases: *upstream*, ou montante, e *downstream*, ou jusante.

As empresas que atuam na fase *upstream* estão próximas às atividades de matérias primas de uma cadeia de suprimentos da indústria, ou de um sistema de valor, enquanto que as empresas na fase *downstream* estão próximas ao consumidor final. No exemplo anterior, uma mineradora está a montante, na fase *upstream*, enquanto a siderúrgica está a jusante, ou *downstream*.

Em empresas a montante, a vantagem competitiva usualmente envolve processos orientados a custos, buscando atingir uma posição de liderança em custo. Já as empresas a jusante podem adotar a estratégia de liderança em custo ou buscar diferenciação através de produtos específicos para os requisitos de seus clientes, de novos desenvolvimentos, ou da qualidade associada à sua marca.

Segundo Porter e Millar (1985), cada atividade dentro da cadeia de valor tem tanto componentes físicos quanto de informação, e o elo entre elas indica que a maneira pela qual essa atividade é desempenhada afeta o custo ou efetividade da atividade seguinte. Assim, cada elo requer que as duas atividades envolvidas sejam coordenadas. A posição de custo da empresa é definida pelo desempenho de todas as suas atividades com relação aos concorrentes, sendo que cada atividade tem uma influência no todo.

A TI permeia entre todos os pontos da cadeia de valores, transformando a maneira como as atividades de valor são desempenhadas e a natureza dos elos entre elas, afetando tanto o custo de produção quanto a forma com que seus produtos chegam aos clientes. A importância da TI aumenta ainda mais quando se verifica que o avanço da tecnologia da informação se dá de forma muito mais rápida que as tecnologias de processo físico. No início dos sistemas de informação, as empresas utilizavam somente funções básicas como contabilidade e manutenção de registros. Atualmente, a TI atua em toda a cadeia de valor, desde o controle de processo até a gestão do negócio (Porter e Millar, op. cit.).

Esses fatores explicam a relevância que a TI tem com relação às outras tecnologias aplicadas do negócio.

Segundo Davenport e Brooks (2004), os sistemas ERP surgiram com foco nas atividades secundárias internas à empresa, sem visualizar toda a cadeia de suprimentos. Entretanto, a correta gestão da cadeia, com sua substancial quantidade de transações e informações, representa uma grande oportunidade para redução dos custos, além de estreitar o relacionamento com clientes e fornecedores. A empresa que melhor gerenciar sua cadeia de suprimentos, desde a obtenção de matérias primas até a entrega dos seus produtos aos clientes em menor tempo e custo que seus concorrentes, obterá vantagem competitiva.

Isso significa uma grande oportunidade para os fornecedores tradicionais de ERP e para os provedores de softwares dedicados “melhor-da-classe” para a gestão da cadeia de suprimentos, os quais por sua vez deverão ser integrados ao ERP.

2.3.1 Modelos “Push” e “Pull”

Laudon e Laudon (2008) definem dois modelos de gerenciamento da cadeia de suprimentos: o modelo *push* e o modelo *pull* (Figura 15).

No modelo *push*, também conhecido como produção “empurrada” ou *build to stock* (feito para estoque), a empresa define a programação de produção utilizando a melhor estimativa da demanda dos seus clientes. Esses produtos são estocados e a empresa, através da sua área de vendas, tenta colocá-los – ou empurrá-los – aos seus clientes.

O modelo *pull*, conhecido como produção “puxada” ou *build to order* (feito para pedido), é um modelo orientado pela demanda, onde os pedidos de compra dos clientes disparam as ordens de produção e definem as etapas da cadeia de suprimentos.

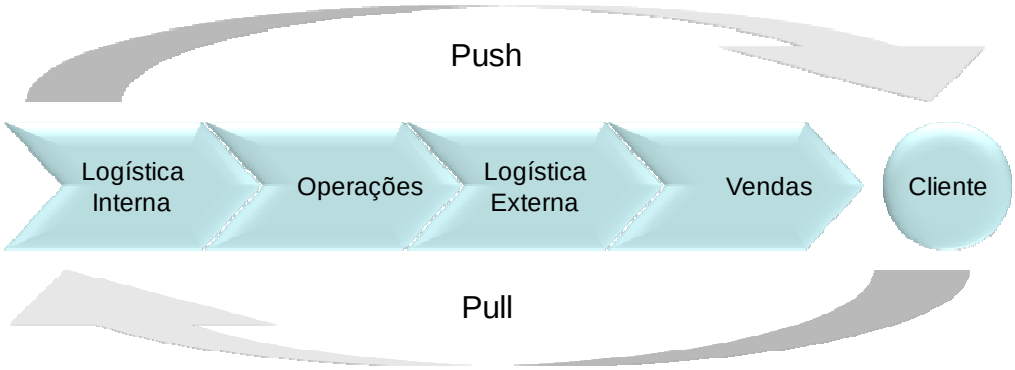

Figura 15 – Modelos “Push” e “Pull”

Na mineração usualmente se pratica o modelo *push*, utilizando a máxima capacidade instalada para a obtenção dos produtos finais – minérios ou concentrados – que são estocados na própria unidade industrial ou transportados para estoque em outros locais, como em portos. Cabe à área de vendas administrar as retiradas e entregas desses produtos, de acordo com contratos de longo prazo ou vendas no mercado à vista, também conhecido como mercado *spot*.

2.3.2 A Cadeia de Valor e o Planejamento Estratégico

Porter (1985) define que a lucratividade de uma empresa é função da atratividade da indústria e da posição relativa com que essa empresa se insere na indústria. Uma forte posição relativa implica que a empresa tem uma vantagem

competitiva que dificulta o ataque por parte de concorrentes, a qual é decorrente de a empresa criar um valor aos seus clientes que excede os seus custos para gerá-lo.

A análise da cadeia de valor é uma maneira de decompor a empresa em uma série de atividades estrategicamente importantes, entendendo o impacto delas no comportamento dos custos e da diferenciação. A complexa interdependência entre as atividades oferece oportunidades para otimizar e melhor coordenar as várias atividades ao longo da cadeia de valor, incluindo os seus fornecedores e clientes.

Para obter uma vantagem competitiva, a empresa deve desempenhar pelo menos uma atividade da cadeia de valor de modo que seus produtos gerem mais valor aos clientes do que os produtos concorrentes (Porter, 1985).

As seguintes características da empresa devem ser estudadas no modelo de planejamento estratégico a partir da cadeia de valor:

- Identificar as atividades críticas que geram vantagem competitiva sustentável;
- Identificar a importância dos elos e das complexas inter-relações entre as atividades;
- Identificar as estratégias genéricas que devem ser buscadas em cada uma das atividades.

Porter (1985) define as atividades críticas como aquelas que têm uma importância econômica diferenciada, um alto impacto na diferenciação, ou ainda que representem uma parcela significante ou crescente no custo. Assim, verifica-se que as atividades críticas têm grande influência na vantagem competitiva da empresa.

Uma vantagem adicional de utilizar o conceito da cadeia de valor no planejamento estratégico da empresa é incentivar os gestores do negócio a estudar as atividades que dão lucro e a questionar os seus gastos, avaliando como eles irão gerar valor aos clientes. Além disso, o conceito da cadeia de valor é mais intuitivo aos gerentes do negócio.

2.4 A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NAS ORGANIZAÇÕES

2.4.1 Importância Estratégica da TI

Desde a possibilidade da pane do “bug” do milênio, quando os negócios poderiam paralisar e os dados corporativos se perder, executivos de negócios têm mostrado maior preocupação sobre a dependência das corporações quanto à tecnologia da informação. Entretanto, poucos entendem o grau da dependência operacional das suas empresas em seus sistemas de informação, ou até que ponto a TI atua na definição e seguimento das suas estratégias corporativas. Essa situação pode ser entendida por não haver até então padrões de governança de TI. (Nolan e McFarlan, 2005).

Com as exigências da lei Sarbanes-Oxley, de 2002, governança e gestão de TI passaram a ser temas mais importantes para as empresas. Surgiram modelos de gestão como ITIL (*IT Infrastructure Library*) e COBIT (*Control Objectives for Information and related Technology*), sendo que o ITIL foca na execução dos processos, e o COBIT no controle de processos (Clementi, 2007).

O modelo do COBIT foi inicialmente desenvolvido pelo IT Governance Institute (ITGI) em 1998, descrevendo a organização de TI através de 34 processos em quatro domínios: Planejamento & Organização; Aquisição & Implementação; Entrega & Suporte; e Monitoramento & Avaliação. Mais recentemente, em 2007, o mesmo instituto lançou o modelo Val IT, buscando definir as direções para gerenciar a TI a partir de um ponto de vista de negócios (Fonte: IT Governance Institute, ITGI).

Entretanto, por serem relativamente recentes e de difícil e complexa implementação, esses modelos têm sido utilizados mais para atender às exigências da lei Sarbanes-Oxley quando ao risco, segurança, controle e processos de sistemas de TI, do que quanto ao efetivo alinhamento com a estratégia do negócio (Simonsson et al., 2007).

Diversos autores (Cash e Konsynski, 1985; Henderson e Venkatraman, 1991; Baets, 1992; Henderson e Venkatraman, 1993; Luftman, Lewis e Oldach, 1993; Chan et al., 1997; Luftman e Brier, 1999; Kearns e Lederer, 2003; Carvalho e Laurindo, 2007) enfatizaram a importância de se alinhar a estratégia de TI com a estratégia do negócio, de modo a capturar novas oportunidades do mercado.

Carvalho e Laurindo (2007) sugerem as seguintes ações a serem executadas para se obter o alinhamento estratégico:

- Ter uma visão estratégica clara para o negócio e para a TI, onde esta seja vista como um meio para obter vantagens competitivas no seu mercado;
- Buscar vantagem competitiva através do alinhamento estratégico e não de simples aplicativos, principalmente softwares de mercado, uma vez que esses podem ser facilmente imitados pela concorrência;
- Considerar novas tecnologias disponíveis no mercado, eventualmente adequando a estrutura organizacional do negócio e da TI de modo a melhor utilizá-las;
- Buscar não só a eficiência, mas também a eficácia, uma vez que desta decorrerá a obtenção de vantagens competitivas. Para medir a eficácia da TI deve-se considerar o seu impacto nos resultados obtidos pela empresa, como ganhos de produtividade e de competitividade;
- Fomentar o relacionamento entre os executivos do negócio e da TI, de modo que as necessidades e requerimentos do negócio sejam atendidos pela TI, e que esta seja considerada pela organização na formulação de novas estratégias de negócios;
- Avaliar a TI dentro de critérios variados e adaptados a cada empresa, considerando distintamente aspectos técnicos, organizacionais e estratégicos;
- Gerenciar a TI de forma dinâmica através de um processo contínuo, levando em conta novas tecnologias e acompanhando o ciclo de vida das aplicações existentes.

Os indicadores de produtividade da TI não devem estar fundamentados somente nos aspectos técnicos e de eficiência, mas sim nas medidas de

produtividade do negócio como um todo, isto é, de eficácia (Carvalho e Laurindo, 2007).

2.4.2 Alinhamento Estratégico da TI

A importância da Tecnologia da Informação tem aumentado nas organizações, passando da função histórica de provedor de ferramentas de automação de processos e de produtividade para uma missão mais alinhada ao negócio, visando obter um diferencial competitivo para a empresa. Com o alinhamento estratégico da TI busca-se ajustar tanto as estratégias de negócio e de TI quanto as estruturas internas da empresa.

Para Baets (1992), é geralmente aceito que um fator chave de sucesso do planejamento e implantação de sistemas de informação é a conexão da estratégia de TI com a estratégia de negócios. A estratégia corporativa é a proposta de ações ou sequências de ações que levem ao atingimento dos objetivos dos negócios. Já o planejamento estratégico de sistemas de informação é o processo de decisão de qual infraestrutura e organização de TI a empresa deveria implementar. A única medida de sucesso da TI seria a sua avaliação quanto aos indicadores de desempenho do negócio, evitando-se assim que grandes gastos em TI não resultem nos benefícios esperados. Para resultar nesses benefícios, os processos de negócios e de TI deveriam ser integrados. O modelo de alinhamento estratégico proposto por Baets (1992) é apresentado na Figura 16:

Figura 16 – Modelo de Alinhamento Estratégico (Adaptada de Baets, 1992)

Para Luftman et al (1993), o uso estratégico da TI tem tido fundamental importância para os negócios. Entretanto, o uso eficaz e eficiente da TI requer o alinhamento entre as estratégias de negócios e de TI, o que não se verificou no passado através da aplicação de metodologias tradicionais. O Modelo de Alinhamento Estratégico proposto reflete a visão de que o sucesso do negócio depende da harmonia entre a estratégia de negócios, a estratégia de TI, a infraestrutura organizacional e seus processos, e a infraestrutura de TI e seus processos. A harmonia entre TI e a corporação pode afetar significativamente a competitividade e eficiência do negócio. O arranjo de alinhamento estratégico ilustra as escolhas que podem ser consideradas no processo gerencial para definir a estratégia de TI, planos de TI e transformação do negócio. Na essência, as estratégias de negócios e da TI estão alinhadas quando os objetivos do negócio são atingidos, suportados e estimulados pela estratégia de TI.

O uso da TI para se obter vantagem estratégica implica na sua aplicação de modo a viabilizar estratégias que melhorem os fatores críticos de sucesso ou as competências principais, ou ambos, do negócio. A TI pode também possibilitar vantagem competitiva, disponibilizando sistemas de missão crítica. Em ambos os casos é imperativo que a empresa esteja pelo menos no mesmo nível dos seus concorrentes quanto ao uso da TI. Caso contrário, a vantagem estratégica e competitiva pode rapidamente se tornar uma necessidade estratégica e competitiva, quando a empresa ficar atrás de seus concorrentes (Luftman et al., 1993).

Como Henderson e Venkatraman (1991) afirmaram, ainda no inicio da década passada, as organizações precisam ser mais inovadoras e competitivas em custos, em função do acirramento concorrencial oriundo da globalização, tendências sociais, políticas regionais e acordos de livre comércio. Essa afirmação é ainda mais válida nos dias de hoje, considerando-se a velocidade com que as economias e indústrias se adaptam a novas situações de mercado.

Uma resposta a este ambiente dinâmico e turbulento foi o uso da Tecnologia da Informação através de iniciativas como suporte à decisão, redefinição de processos de produção críticos e integração de processos de negócio entre distintas organizações.

Uma revisão das iniciativas bem sucedidas de TI indicou que os investimentos se concentraram em projetos dirigidos pelo negócio, e não pela tecnologia. Assim, os executivos entenderam a necessidade de integração dos processos de planejamento de negócio com o de planejamento de TI, onde o planejamento e gestão eficazes da TI requerem alto grau de alinhamento entre as estratégias de TI e do negócio.

Cash e Konsynski (1985) propuseram que a TI não apenas suporte a estratégia do negócio, mas sim que possibilite e viabilize a adoção de estratégias inovadoras.

Henderson e Venkatraman (1993) propuseram um modelo de alinhamento estratégico que destaca e analisa a importância desempenhada pela TI dentro das empresas. Foram definidos os seguintes domínios:

- Estratégia do negócio;
- Estratégia de TI;
- Infraestrutura organizacional e processos;
- Infraestrutura de sistemas de informação e processos.

Na visão de Henderson e Venkatraman (op. cit.), a estratégia de negócios envolve sua formulação e implementação. A formulação define a forma de competição dos produtos e serviços nos mercados alvo, enquanto que a implementação define as estruturas internas e capacidades da empresa para competir nesses mercados. Por sua vez, a estratégia de TI deverá definir como e através de que meios a tecnologia da informação será empregada (formulação) e como a infraestrutura de TI será definida e gerenciada (implementação).

Esses domínios, cada um contendo três componentes de alinhamento, dividem-se em dois grandes blocos, um representando o Negócio e outro a TI, conforme representado na Figura 17:

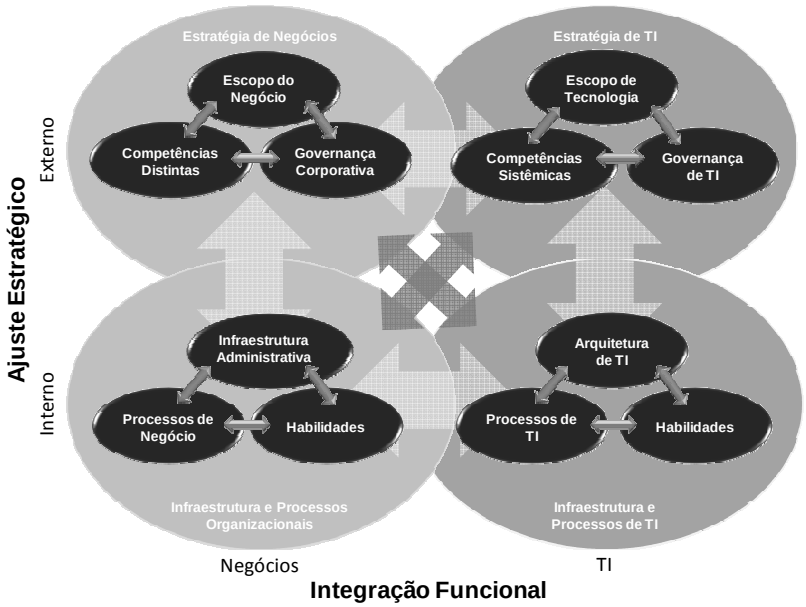

Figura 17 – Modelo de Alinhamento Estratégico (Adaptada de Henderson e Venkatraman, 1993)

Luftman e Brier (1999) assim definiram os componentes de alinhamento:

Estratégia de Negócios

- **Escopo do Negócio –** Inclui mercados, produtos, serviços, grupos de clientes e localidades onde a empresa compete, assim como os concorrentes existentes e potenciais que afetam seu ambiente de negócios.
- **Competências Distintas** – Fatores críticos de sucesso e competências que conferem uma vantagem competitiva potencial à empresa.
- **Governança de Negócios –** Como as empresas definem os papéis e formas de relação entre os executivos, conselho de administração e acionistas.

Processos e Infraestrutura da Organização

- **Estrutura Administrativa** – O modo como a empresa organiza seus negócios (centralizado, descentralizado, matricial, horizontal, vertical, geográfico, federativo ou funcional).
- **Processos** – Como as atividades de negócio da empresa, principalmente as que geram valor e melhoram os processos, são realizadas.
- **Habilidades** – Considerações de Recursos Humanos, como contratar/demitir, motivar, treinar/educar e cultura de RH.

Estratégia de TI

- **Escopo de Tecnologia** – Tecnologias e aplicativos de TI importantes.
- **Competências Sistêmicas** – Capacidades que diferenciam os serviços de TI, como acesso às informações importantes para definir e atingir as estratégias da empresa.
- **Governança de TI** – Como a autoridade de TI quanto a recursos, riscos, resolução de conflitos e responsabilidade é compartilhada com os parceiros de negócios, gerência de TI e provedores de serviços. Inclui a seleção de projetos e priorização.

Infraestrutura e Processos de TI

- **Arquitetura** – Prioridades, políticas e escolhas de tecnologia que possibilitem a integração de aplicativos, softwares, redes, hardware e gestão de dados em uma única plataforma.
- **Processos** – Práticas e atividades desempenhadas para desenvolver e manter sistemas aplicativos e gerenciar a infraestrutura de TI.
- **Habilidades** – Considerações de recursos humanos da TI, como contratar/demitir, motivar, treinar/educar e cultura.

Quadro 2 – 12 Componentes de Alinhamento Estratégico (Adaptado de Luftman e Brier, 1999)

Esse modelo considera não somente o ambiente interno na empresa, mas também os externos, analisando o impacto da TI nos negócios da empresa, como estes afetam a organização e a estratégia de TI e também quais as novas tecnologias da informação disponíveis no mercado. Deve-se considerar como esses fatores estratégicos se inter-relacionam sob o ponto de vista do ajuste estratégico e da integração funcional. O modelo contempla quatro perspectivas principais de alinhamento estratégico, tendo como ponto de partida ou a estratégia de negócio ou a estratégia de TI (Luftman et al., 1993; Henderson e Venkatraman, 1993; Laurindo, 2002; Shimizu et al., 2006), como segue:

Execução da Estratégia - Nesse modelo a estratégia de negócio da empresa define a infraestrutura e processos organizacionais. A TI será mais um instrumento de implementação do que um facilitador da inovação, e não irá afetar as estratégias da organização.

A maioria das empresas com estrutura organizacional clássica e hierarquizada, como indústrias de manufatura e de processo, adotam esse modelo.

Transformação Tecnológica – Nesse modelo o enfoque está em utilizar a tecnologia para viabilizar novas estratégias de negócios. Para isso, é preciso definir a infraestrutura interna de TI para prover a tecnologia requerida pelo negócio. A inovação se dá nos processos tecnológicos, e não nos organizacionais.

Shimizu et al. (2006) exemplificam esse modelo com as livrarias tradicionais (Cultura, Saraiva e Siciliano) que abriram nova linha de negócios através de vendas pela internet. Nesse processo, a empresa teve que definir uma estratégia inovadora de TI e a partir daí implementar uma nova infraestrutura de TI para suportar a nova estratégia de negócios.

Potencial Competitivo – Esse modelo considera a identificação de novas oportunidades de negócios a partir de recursos e capacidades oferecidos pela TI.

Shimizu et al. (op. cit.) citam a Amazon como exemplo desse modelo, onde os negócios de uma empresa inovadora dependem totalmente da TI, através da internet.

Nível de Serviço – Nesse modelo a estratégia de TI está completamente dissociada da estratégia do negócio, a qual apenas define indiretamente as diretrizes para estimular a demanda dos clientes da TI. A estratégia de TI é então definida para atender a essas demandas da organização, definindo prioridades, e cabendo à infraestrutura de TI prover níveis de serviços que atendam às necessidades e expectativas pré-definidas dos clientes.

Shimizu et al. (op. cit.) citam nesse modelo empresas que adotaram o *outsourcing* de TI, isto é, que optaram por oferecer aos seus clientes serviços de alto nível com baixos custos, porém dessa forma dissociando a TI da estratégia do negócio.

A Figura 18 abaixo resume essas quatro perspectivas de alinhamento estratégico:

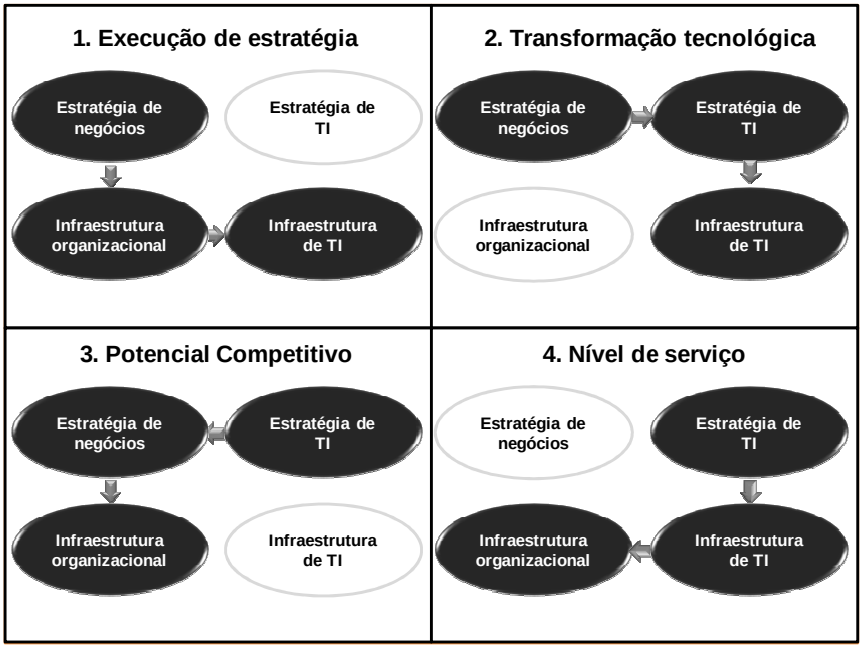

Figura 18 – Perspectivas de Alinhamento Estratégico
(Fonte: Henderson e Venkatraman, 1993; Adaptada de Laurindo, 2002)

Chan e Reich (2007) identificaram que os modelos de Baets (1992) e Henderson e Venkatraman (1993) são muito similares por terem sido originados do modelo do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) e de outros modelos de planejamento estratégico de sistemas de informação utilizados na época.

Já Teo e King (1997) propuseram um padrão evolutivo na integração de negócios e TI, seguindo quatro etapas:

Integração Administrativa – os planos de negócios e de TI são consideravelmente independentes, sendo que a TI tem pouca influência no negocio.

Integração Sequencial – os planos de negócios direcionam os planos da TI, a qual suporta o negócio.

Integração Recíproca – os planos de negócios e de TI são inter-relacionados, sendo que a TI tanto suporta quanto influencia o negócio.

Integração Plena – os planos de negócios e de TI são definidos simultaneamente, de forma integrada. A TI dá suporte ao negócio e o influencia.

Teo e King (op. cit.) identificaram que o fator mais importante para o alinhamento estratégico de TI é o conhecimento do CIO ou principal executivo de TI quanto ao negócio.

Chan et al. (1997) propuseram um modelo que associa diretamente o alinhamento estratégico de TI com a sua efetividade e com o desempenho do negócio. O alinhamento estratégico de TI considera o ajuste entre as orientações estratégicas de negócios e de TI. Esse modelo é apresentado na Figura 19:

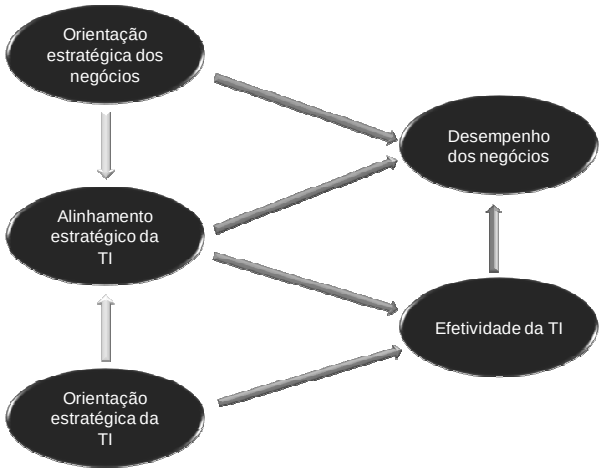

Figura 19 – Modelo de Alinhamento Estratégico de Chan (Adaptada de Chan et al., 1997)

A pesquisa de Chan et al. (1997) mostrou que o alinhamento estratégico da TI é melhor indicador do desempenho dos negócios e da efetividade da TI do que a orientação estratégica de negócios e a orientação estratégica da TI. Mostraram igualmente que somente a orientação estratégica da TI não é um bom indicador da efetividade da TI, já que esta não contribui para a organização sem estar alinhada aos negócios. Por fim, mostraram que a efetividade da TI contribui para o desempenho dos negócios.

Kearns e Lederer (2003) propuseram que o sucesso do alinhamento estratégico da TI depende da participação do CEO e outros altos executivos, definindo o modelo apresentado na Figura 20:

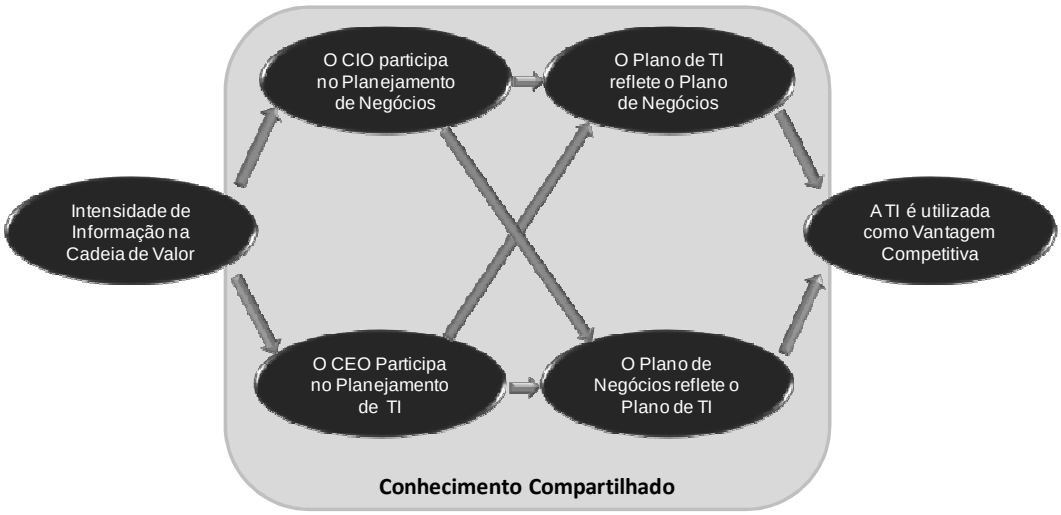

Figura 20 – Modelo de Alinhamento Estratégico (Adaptada de Kearns e Lederer, 2003)

Este modelo considera dois grandes componentes: a intensidade de informações na cadeia de valor e o conhecimento compartilhado.

Intensidade de informações é definida como a significância das informações na cadeia de valor, demonstrada pelo nível de precisão e frequência de atualização das informações, assim como a magnitude e extensão dessas informações na operação.

Conhecimento compartilhado envolve dois componentes: a transferência de conhecimento quando o CIO participa no planejamento de negócios e a sua recíproca quando o CEO participa no planejamento de TI. Essa participação cruzada é necessária para que o conhecimento tácito de cada parte seja extraído e disponibilizado na base de conhecimento da organização.

Os autores concluem que a participação do CIO no planejamento de negócios é bem distinta da participação do CEO no planejamento da TI: O CIO deve se concentrar no alinhamento das estratégias de TI com as estratégias do negócio, enquanto que a participação do CEO é mais moderada. O CIO é o único responsável pelo alinhamento estratégico da TI.

2.4.3 Influência da TI e dos Sistemas ERP no Negócio

Um projeto de aquisição e implementação de um pacote ERP pode custar facilmente desde algumas centenas de milhares até muitos milhões de dólares, sem contar o grande esforço e dedicação despendidos internamente durante o processo de seleção e implementação.

Empresas investiram mundialmente mais de 70 bilhões de dólares na última década somente em licenças de software. Adicionalmente, os custos de serviços e recursos internos de implementação correspondem a várias vezes os gastos em licenças. Os tempos de implementação vão de seis meses a quatro anos ou mais (Welch e Kordysh, 2007).

Assim, nada mais natural que as empresas tentem quantificar o retorno sobre esses investimentos. Porém, segundo Laurindo e Pessôa (2001), o impacto de sistemas de gestão em TI é muito amplo e não pode ser tratado como uma questão puramente técnica, ou somente através de uma análise econômico-financeira realizada nos moldes tradicionais. Para entender melhor as implicações da adoção de um sistema complexo de TI – como o ERP – no negócio, os autores propõem que se levem em conta dois importantes fatores: eficácia e eficiência de TI, e importância relativa da TI para as empresas. Outros fatores importantes são como a TI gerencia os seus ativos e como interage com os seus usuários internos em projetos visando obter maior eficiência ou eficácia. Esses fatores são apresentados a seguir:

2.4.3.1 Eficiência e Eficácia de Sistemas de TI

Maggiolini (1981 apud Laurindo, 2002) define “Eficiência como a medida do processo de conversão das entradas em saídas e Eficácia como uma medida do grau em que as saídas satisfazem aos requisitos”. Esses requisitos podem ser entendidos como aqueles definidos pelos objetivos estratégicos da empresa, como lucratividade, vendas, ou participação no mercado.

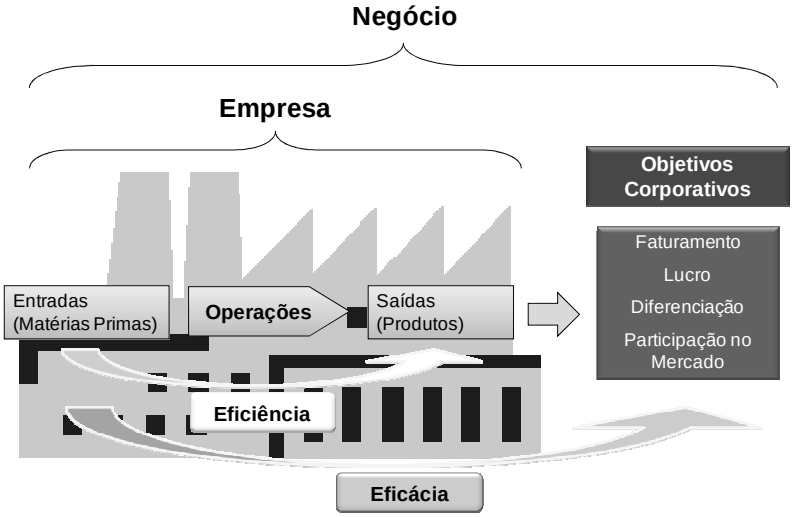

Figura 21 – Eficiência e Eficácia (Adaptada de Carvalho e Laurindo, 2007)

Para Cassarro (1988 apud Laurindo, 2002); Walrad e Moss (1993 apud Laurindo, 2002); Laurindo e Pessoa (2001); e Carvalho e Laurindo (2007), a Eficiência está ligada a “fazer as coisas de maneira correta”, dando ênfase a fatores como qualidade, prazo, bom uso dos recursos e o custo dos sistemas da TI. Para os mesmos autores, a Eficácia está relacionada a “fazer as coisas certas”, isto é, de forma que haja melhor desempenho dos negócios da empresa através dos sistemas de TI.

A eficiência tem foco interno, enquanto que a eficácia tem foco externo às organizações. Assim, deve-se buscar a eficácia da TI e não apenas a sua eficiência, já que embora a obtenção da eficiência seja positiva, é preciso ser eficiente nas coisas certas, isto é, eficazes, de modo a causar impactos positivos ao negócio (Carvalho e Laurindo, 2007).

Laurindo (2002) propôs o seguinte diagrama considerando situações distintas de eficiência e eficácia (Figura 22):

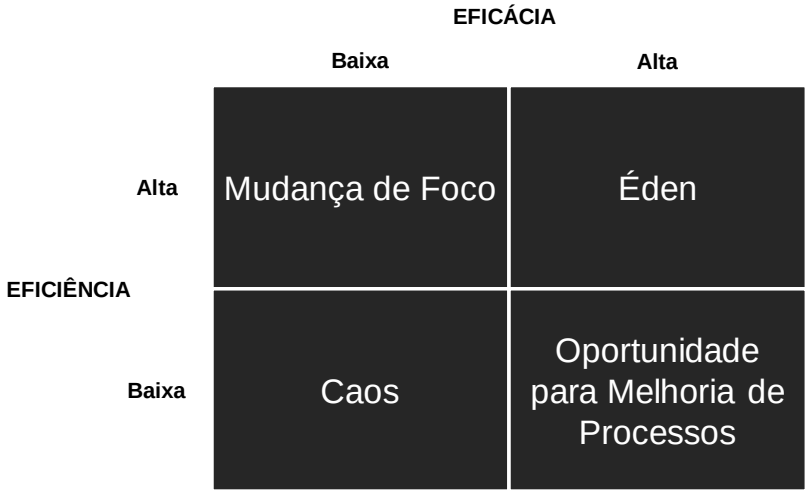

Figura 22 – Eficiência versus Eficácia da TI (Adaptada de Laurindo, 2002)

Segundo Carvalho e Laurindo (2007), as empresas devem tomar ações distintas dependendo do quadrante no qual se encontram, como segue:

- **Caos**: estando nessa situação critica, as empresas devem buscar o aumento da eficácia, alinhando a estratégia de TI com a estratégia do negócio;

- **Mudança de Foco**: a empresa deve utilizar sua boa capacidade de TI mudando o foco para as atividades que geram valor para a empresa;
- **Oportunidade para Melhoria de Processos**: a empresa deve trabalhar mais no aprimoramento dos seus processos, uma vez que já está com o foco adequado;
- **Éden**: a empresa já está na situação ideal de eficiência e eficácia.

2.4.3.2 Importância Relativa da TI para a Empresa

Segundo Laurindo (2002), dois modelos permitem visualizar a importância relativa da TI para a empresa, isto é, como a TI está relacionada à estratégia do negócio, às operações e aos produtos: o *grid* estratégico (McFarlan, 1984; Nolan e McFarlan, 2005) e a matriz de intensidade de informação (Porter e Millar, 1985).

2.4.3.2.1 O Grid Estratégico de McFarlan

McFarlan (1984) propôs uma grade onde se visualiza a posição relativa da TI em diversos segmentos de indústria, levando-se em conta tanto os sistemas existentes quanto o desenvolvimento de novas aplicações. Foram definidos os quadrantes Suporte, Fábrica, Mudança e Estratégico, com as seguintes características:

- **Suporte**: a TI tem pequena influência nas estratégias atuais e futuras de empresa;
- **Fábrica**: as aplicações de TI contribuem para o negócio, mas não estão previstas novas aplicações que tenham impacto estratégico;
- **Mudança**: a TI passa de uma posição discreta (suporte) para uma de maior destaque na estratégia da empresa;
- **Estratégico**: a TI tem grande influência na estratégia geral da empresa, tanto nas aplicações atuais quanto nas futuras.

Visualiza-se abaixo o impacto presente e futuro da TI através do “grid estratégico” de McFarlan.

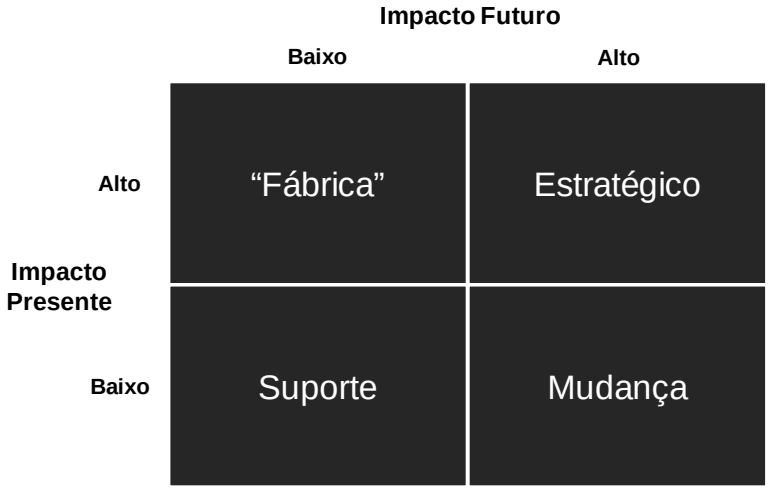

Figura 23 – Grade Estratégica de McFarlan
(Fonte: Laurindo, 2002; adaptada de McFarlan, 1984)

Nolan e McFarlan (2005) propuseram uma inovação do modelo, definindo como os executivos da empresa deveriam se envolver na TI de acordo com dois componentes estratégicos: O primeiro, chamado TI Defensiva e voltado à confiabilidade dos sistemas de TI, indica o quanto a empresa depende de sistemas seguros e disponíveis. O segundo, denominado TI Ofensiva, indica o quanto a empresa depende da TI como vantagem competitiva através de sistemas que ofereçam aos seus clientes produtos e serviços de valor agregado.

Na TI Defensiva é mais importante para a empresa que os seus sistemas operem bem do que implementar novas tecnologias que venham a superar seus concorrentes. Como exemplo de TI Defensiva, os autores apontaram o sistema de reservas SABRE, da American Airlines. Desenvolvido na década de 60, o sistema foi então uma inovação que trouxe vantagem competitiva à companhia aérea. Hoje, entretanto, o SABRE é fundamental para a rotina da empresa, que depende totalmente desse sistema para operar. Os executivos da empresa devem assim estar seguros de que os sistemas de TI estejam totalmente protegidos contra potenciais desastres operacionais, como defeitos nos computadores e software, interrupção de energia e comunicação ou invasão por hackers, mantendo ainda os custos sob controle.

Já na TI Ofensiva, a confiabilidade dos sistemas deve ser igual ao maior à TI Defensiva, porém os projetos de TI tendem a ser mais arriscados e ambiciosos para suplantar os seus concorrentes através de uma mudança organizacional significativa. Um exemplo dessa estratégia é o Wal-Mart que, ao substituir códigos de barras dos seus produtos por tecnologia de identificação por frequência de rádio (RFID), integrou a cadeia de suprimentos do fornecedor ao centro de distribuição sem interferência humana.

As empresas podem ter estratégias distintas dentro da TI ofensiva ou defensiva, que Nolan e McFarlan (2005) denominaram “Modos” (Figura 24), cujas principais características são:

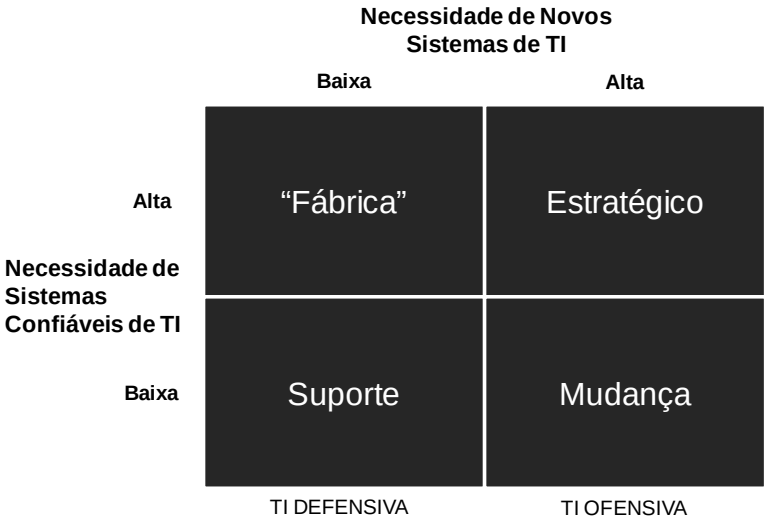

Figura 24 – Grade do Impacto Estratégico de TI (Adaptada de Nolan e McFarlan, 2005)

Modo Suporte (Defensivo): empresas nesse modo têm poucas exigências tanto em confiabilidade quanto em sistemas estratégicos, sendo que a operação não é muito prejudicada no caso da paralisação de sistemas.

Os autores utilizaram como exemplo desse modo a loja de roupas Zara, que controla toda a sua cadeia de suprimentos através de modelos, produção e distribuição próprios. Apesar do uso intenso de TI, as lojas continuam operando normalmente ainda que haja interrupção no sistema central de TI.

Modo Fábrica (Defensivo): nesse modo as empresas necessitam sistemas altamente confiáveis, uma vez que seus sistemas principais são “on-line” e a

reversão para procedimentos manuais é difícil ou impossível. Embora essas empresas não necessitem sistemas avançados de TI, seus executivos devem acompanhar o mercado e as estratégias dos seus concorrentes, que podem determinar a necessidade de investimentos em novas tecnologias.

Os autores exemplificam esse modo com as companhias aéreas, que dependem de sistemas seguros e de rápido tempo de resposta para operar, já que seus negócios são predominantemente realizados on-line.

Modo Estratégico (Ofensivo): essas empresas necessitam não somente alta confiabilidade, mas também devem buscar agressivamente novas tecnologias que propiciem uma vantagem competitiva através de novos processos, serviços ou redução de custos. Essas empresas têm orçamentos significativos de TI, tanto para investimentos quanto para custeio.

Um exemplo desse modo é a Boeing, especificamente na fabricação do seu novo modelo 787, que utiliza o maior sistema de gerenciamento de projetos existente. O sistema da Boeing integra e automatiza uma cadeia de suprimentos com centenas de fornecedores distribuídos em todo o mundo e paralisaria todo o processo, causando perdas imediatas, no caso de uma interrupção.

Modo Mudança (Ofensivo): companhias que estão no modo Fábrica ou Estratégico passam para o modo Mudança quando necessitam uma transformação significativa através de novas tecnologias que levem a uma vantagem competitiva. Empresas normalmente não ficam muito tempo no modo Mudança, reposicionando-se no quadrante Fábrica ou Estratégico uma vez que a transição é concluída.

No caso já mencionado do SABRE, a American Airlines passou para o modo Mudança enquanto criava e desenvolvia o sistema, à época inovador, que revolucionou toda a indústria. Atualmente, sistemas como o SABRE são comumente utilizados por todas as empresas do setor, de modo que a American Airlines voltou para o modo Fábrica.

2.4.3.2.2 A Matriz de Intensidade de Informação de Porter e Millar

Segundo Porter e Millar (1985), a revolução da TI tem causado mudanças drásticas na economia e nenhuma empresa pode evitar suas consequências. Essa revolução afeta a concorrência em três maneiras:

- O avanço da tecnologia da informação muda a estrutura de toda a indústria, uma vez que os concorrentes vão imitar as inovações estratégicas do líder;
- A TI é um fator cada vez mais importante para criar vantagem competitiva, fornecendo meios para as empresas superarem seus concorrentes;
- A TI possibilita a criação de novos negócios, muitas vezes a partir dos já existentes.

Embora seja clara a tendência para aumentar o nível de informações em produtos e empresas, o papel e a importância da TI diferem para cada indústria: enquanto algumas fazem grande e importante uso da TI, em outras são mais importantes os processos físicos, embora haja aumento do processamento de informações. Para melhor visualização dessas diferenças, Porter e Millar (op. cit.) propuseram a “Matriz de Intensidade de Informação”, como segue na Figura 25:

		Informação Contida no Produto	
		Baixa	**Alta**
Informação Contida no Processo (Cadeia de Valor)	**Alta**	Refinaria de petróleo	Bancos Jornais Companhias aéreas
	Baixa	Cimento	

Figura 25 – Matriz Intensidade de Informação
(Fonte: Laurindo, 2002; adaptada de Porter e Millar, 1985)

Segmentos de indústria como bancos, jornais e companhias aéreas têm grande conteúdo de tecnologia da informação tanto em seus produtos quanto em seus processos. Uma refinaria de petróleo tem sofisticados processos industriais com alto conteúdo de tecnologia, porém seus produtos têm baixo conteúdo de informações. Já uma empresa cimenteira depende muito mais dos seus processos físicos de transformação do que da TI aplicada à sua cadeia de valor (Porter e Millar, 1985).

As previsões dos autores quanto ao crescimento acelerado da Tecnologia da Informação se confirmaram, porém não necessariamente pelos motivos apontados de redução de custo de hardware e de desenvolvimento de software. De fato, o baixo custo de computadores possibilitou sua disseminação aos mais diversos níveis da empresa, porém o desenvolvimento de software foi praticamente substituído por pacotes comerciais com altos custos de aquisição, implementação (consultoria, customizações e treinamento) e manutenção (atualizações e suporte aos usuários).

2.4.3.3 Centralização e Descentralização da TI

Donovan (1998) definiu que a descentralização da TI era uma corrente irresistível, em particular causada pela substituição dos *mainframes* pelos computadores pessoais. O principal motivador dessa mudança não teria sido a ideia de descentralizar para aumentar a produtividade ou para facilitar a tomada de decisões, mas sim a enorme redução de custos de hardware e software que essa mudança propiciava. Entretanto, ainda que a descentralização prometesse menores custos de TI, maior produtividade e criatividade, ela acabou gerando um problema tecnológico e organizacional com a criação das chamadas ilhas de informação, isto é, sistemas descentralizados que não compartilham informações com outros.

Segundo Soares (1989), na maioria das vezes os sistemas de informática apenas desconcentram as atividades, transferindo para os usuários tarefas repetitivas e problemáticas, enquanto que as informações importantes para a tomada de decisões continuam centralizadas. Ainda que essa informação seja

eventualmente distribuída, primeiro ela deve ser concentrada, de modo que se possam aplicar filtros e disponibilizar apenas informações pertinentes às pessoas que as devam acessar.

Dado que a descentralização dos computadores é inevitável, os CIOs que conduzem esse processo podem adotar quatro políticas distintas (Figura 26), levando em conta desenvolvimento de sistemas e tomada de decisões.

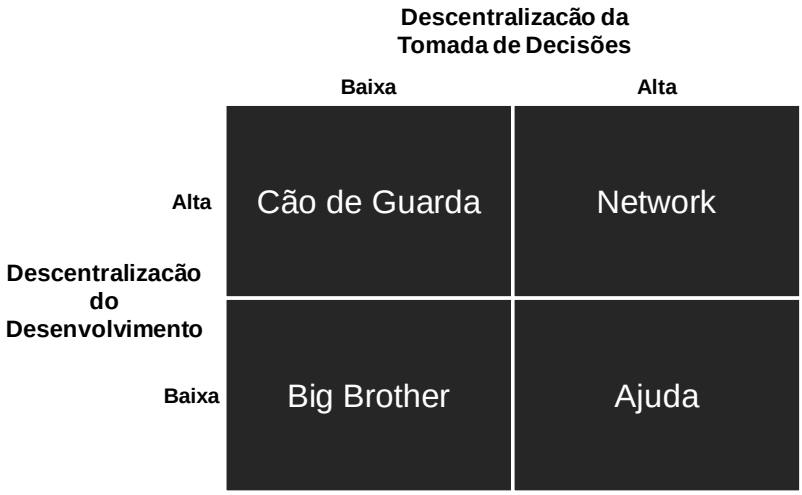

Figura 26 – Políticas de Centralização e Descentralização (Adaptada de Donovan, 1998)

Essas políticas levam em conta o poder da TI e dos usuários quanto às alternativas de desenvolvimento de sistemas (desenvolver, adquirir ou atualizar aplicações) e de tomada de decisões (quem define as aplicações que serão desenvolvidas), que são melhor discutidas a seguir:

Cão de Guarda – Essa política é usualmente encontrada em organizações burocráticas e hierarquizadas. A TI central define quais sistemas e aplicações serão implantados, deixando o desenvolvimento para os usuários, os quais devem respeitar os padrões da TI. Esses usuários normalmente dominam os sistemas que utilizam, mas lhes falta visão de negócio, o que acaba concentrando o poder de decisão na TI. O grande risco dessa política ocorre quando os usuários desassistidos pela decisão centralizada se frustram com a TI e acabam por implantar aplicativos não homologados, que não se comunicam com os demais e que resultam em risco à segurança dos dados.

Big Brother – A TI central distribui equipamentos aos usuários, mas mantém estrito controle sobre a decisão de quais aplicativos serão desenvolvidos e do processo de desenvolvimento. Os usuários têm pouco conhecimento de TI e apenas utilizam aplicações transacionais com o mínimo de possibilidades de escolha através de menus. Os usuários são normalmente pessoal administrativo ou operacional, sem poder de decisão na organização. Os riscos dessa política são a total centralização da inteligência e conhecimento na área de TI e a possibilidade de o CIO tomar decisões considerando os seus próprios custos em vez de as necessidades dos usuários.

Ajuda – A TI recebe e atende pedidos dos usuários, mas irá desenvolver e manter os aplicativos centralizadamente. Isso ocorre em organizações onde os executivos de negócios têm grande conhecimento das aplicações complexas que influenciam a competitividade da organização. Estes definem quais aplicativos serão desenvolvidos, o que será feito pela TI seguindo padrões corporativos. A TI é menos autoritária e mais próxima aos usuários, aconselhando-os quanto ao desenvolvimento de sistemas, e o CIO assume um papel de mediador entre os requisitos das diversas áreas de negócio e as limitações de recursos.

Network – A TI gerencia e garante aos usuários a infraestrutura de sistemas (equipamentos, telecomunicações, bases de dados centrais), porém os aplicativos que utilizam essa infraestrutura ficam totalmente a cargo dos usuários. Estes têm autonomia orçamentária e decisória quanto a quais aplicativos desenvolver e como fazê-lo. O risco dessa política é a heterogeneidade entre diversos fornecedores de TI, limitando ou dificultando a intercomunicação entre sistemas.

Donovan (1988) defende que a implementação da política de Network e a mudança do perfil do CIO tradicional para um *network manager* não são fáceis ou rápidas, mas devem ser buscadas por empresas que visem obter vantagem estratégica da TI, reduzindo ainda seus custos.

2.4.3.4 Análise dos Ativos de TI

Segundo Ross et al. (1996), nunca foi uma tarefa fácil definir o valor da TI, uma vez que mudanças no ambiente de negócios, atrasos na obtenção dos benefícios esperados e custos ocultos dificultam a avaliação correta dos investimentos de TI. Para que a TI cumpra o seu papel de aumentar a competitividade das empresas, deve ter a capacidade de controlar os seus custos, de implementar e entregar sistemas quando necessário e de atingir os objetivos do negócio através dessas implementações. Essa capacidade é decorrente da gestão de três ativos chave de TI: pessoas, base tecnológica e capacidade de relacionamento com os gestores do negócio. Esses ativos, embora distintos, são altamente interdependentes.

As pessoas da TI devem resolver problemas e buscar novas oportunidades de negócio através da aplicação da tecnologia da informação. Além de terem conhecimento das tecnologias disponíveis, devem saber identificar novas oportunidades de aplicação de inovações tecnológicas. Para tanto, devem conhecer bem o negócio, o que se dará principalmente através do relacionamento com seus clientes internos.

A base tecnológica consiste nas plataformas compartilhadas de TI.

A capacidade de relacionamento decorre da interação entre a TI e as unidades de negócio, compartilhando riscos e responsabilidades para a efetiva utilização da TI pela empresa. Esse compartilhamento requer confiança e respeito mútuos e habilidade de intercomunicar, negociar e coordenar atividades de forma rápida e efetiva. Verifica-se um forte relacionamento quando as pessoas do negócio atuam em parceria com a TI e são igualmente responsáveis pelos seus projetos, e quando a alta direção da empresa atua na definição das prioridades de TI. Essa proposição de Ross et al. (1996) está em sintonia com o modelo de alinhamento estratégico proposto por Kearns e Lederer (2003), no qual o sucesso da TI depende da participação do CEO e outros altos executivos no seu processo de planejamento.

Nem todas as empresas irão decidir que a TI represente um ativo estratégico, porém isso deverá ocorrer em empresas que dependam de informações, seja para

buscar uma vantagem competitiva ou para reagir às novas aplicações de TI de seus concorrentes, permanecendo assim competitivas.

Para esse tipo de empresas, Ross et al. (1996) recomendam que os executivos de TI e do negócio avaliem constantemente o estado dos seus três ativos de TI, desenvolvendo estratégias para potencializar suas forças e combater as deficiências. Para tanto, propuseram um modelo de análise dos ativos de TI considerando a situação existente e eventuais ameaças dos seus concorrentes, fazendo analogia com situações náuticas (Figura 27).

Figura 27 – Matriz de Situação dos Ativos de TI (Adaptada de Ross et al., 1996)

Afundando significa a posição de maior risco, onde os ativos de TI são fracos e a empresa enfrenta competição. Empresas nessa situação devem reverter rapidamente essa posição tirando a água do barco, isto é, adotando medidas arriscadas e usualmente caras para acelerar um processo que é naturalmente evolutivo. Essas ações podem ser contratar novos talentos, reestruturar a TI de modo que passe a reportar a um alto executivo do negócio, ou focar a TI em poucos projetos de alta prioridade. A alta direção da empresa deve não apenas investir, mas também dedicar seu tempo para alterar o estado dos ativos de TI. Ainda assim, não se pode garantir o sucesso dessas medidas propostas em função da gravidade da situação enfrentada.

À deriva, que em termos náuticos significa navegar sem rumo, representa empresas com fracos ativos de TI, porém sem enfrentar ameaça iminente de

concorrentes. Nesse modo, o tempo de reação pode ser maior do que no caso anterior. Entretanto, a estratégia a ser adotada é similar, buscando-se desenvolver e alavancar o ativo de relacionamento com os gestores do negócio e assim definir o curso a ser seguido.

No vento, em termos náuticos, significa que o vento passa a soprar contra a proa do veleiro, que ao navegar em sentido oposto ao vento perde imediatamente o impulso e dirigibilidade. Nessa situação, a empresa tem bons ativos de TI, mas encontra ameaças inesperadas da concorrência. Empresas assim devem ser criativas na resolução dos seus problemas, e para isso devem confiar na competência do ativo representado pela equipe de TI. A decisão nesse caso deve ser ajustar as velas à nova situação e corrigir o rumo, identificando e implementando sistemas de importância estratégica de modo a neutralizar a ameaça iminente e obter ativos ainda mais fortes a partir dessa experiência.

Em cruzeiro é a situação ideal que deve ser mantida e melhorada através da evolução incremental dos ativos de TI. Empresas nessa posição devem manter toda a velocidade adiante, buscando novas oportunidades para sustentar sua posição e criando melhores ativos de TI através do estudo de tecnologias emergentes, substituição ou atualização de sistemas antigos e aprimoramento do seu pessoal. Os ativos de TI devem ser continuamente focados na identificação, implementação e suporte das aplicações de TI, de forma rápida e efetiva em custos, de modo a gerar uma vantagem competitiva sustentável para a empresa (Ross et al., 1996).

3 A INDÚSTRIA DE MINERAÇÃO

A Mineração é parte da chamada indústria de Processo, que por sua vez compreende cerca da metade das empresas de manufatura em todo o mundo (Ptak e Schragenheim, 2000). Tratam-se tipicamente de empreendimentos de grande porte, intensivos em capital, com equipamentos pesados e grandes plantas industriais.

3.1 CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA

Uma característica da indústria mineral, intrínseca à sua natureza, é que usualmente a sua principal vantagem competitiva é a mina, tanto em termos da quantidade e qualidade quanto à localização das suas reservas minerais. Essa vantagem competitiva, que não pode ser facilmente imitada pelos concorrentes, é o principal fator a ser considerado em um estudo de viabilidade e no projeto de uma mina.

As reservas quantificadas e qualificadas irão indicar a escala de produção viável, considerando o mercado e a vida útil pretendida para a mina, determinar os processos de beneficiamento e os investimentos e custos necessários para extrair e transformar o minério bruto no produto final requerido pelo mercado. Visando obter o menor custo de produção possível, através de economia de escala, as mineradoras normalmente buscam operar na mais alta taxa de produção sustentável, com os maiores equipamentos disponíveis compatíveis com essa escala.

A localização da mina define a disponibilidade de água e energia, facilidade de escoamento da produção aos mercados consumidores, o impacto social incluindo existência de mão de obra qualificada e o nível de impacto ambiental e sua regulamentação. Minas em locais remotos e sem infraestrutura irão demandar

investimentos substancialmente mais altos, podendo incluir geração e transmissão de energia, adução de água, ferrovias, rodovias, portos e núcleos habitacionais.

O desenvolvimento de um novo projeto pode tipicamente demorar dez anos ou mais, desde a exploração e identificação da ocorrência mineral até a implementação do projeto. Por ser uma atividade de alto custo e risco, executam-se vários níveis de estudos de viabilidade, e cada fase incorre em mais custos visando maior detalhamento e precisão do estudo. Essas fases podem incluir:

- Pesquisa mineral;
- Exploração e modelagem geológica do corpo mineral;
- Quantificação das reservas minerais;
- Estimativa da demanda do mercado e preço do produto mineral;
- Definição do plano de lavra (método, escala de produção e vida útil esperada da mina);
- Definição dos processos de beneficiamento do minério;
- Definição dos custos de capital para equipamentos, instalações e infraestrutura;
- Definição dos custos operacionais dos processos de lavra e beneficiamento escolhidos;
- Retorno sobre o investimento.

Um empreendimento mineral pode ter várias décadas de vida útil.

3.2 A CADEIA DE VALOR MINERAL

A partir da cadeia de valor proposta por Porter e Millar (1985), pode-se definir a cadeia de valor mineral composta pelas atividades primárias apresentadas na Figura 28:

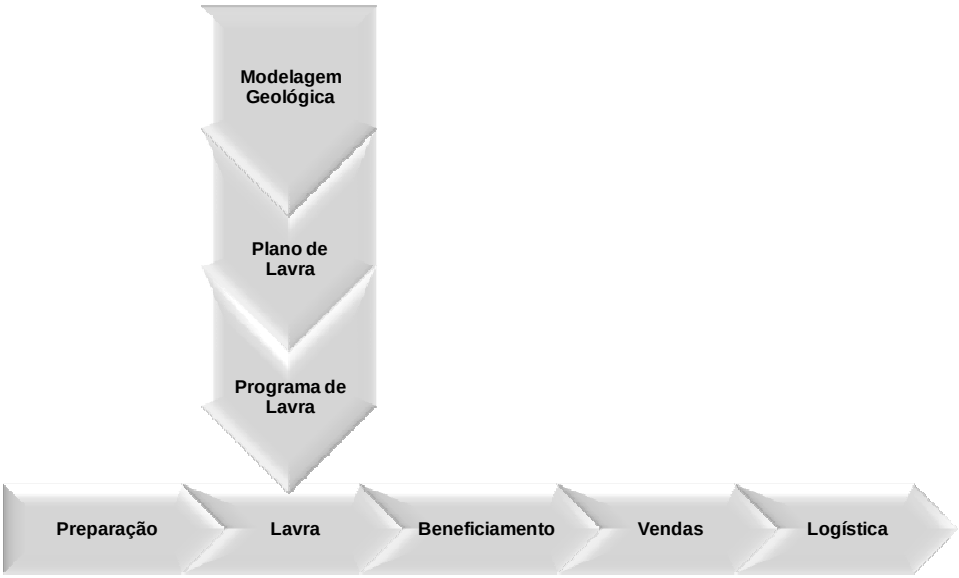

Figura 28 – Cadeia de Valor Mineral

Sendo uma das principais características da mineração a máxima utilização dos seus ativos, usualmente uma das metas mais importantes impostas aos gestores é a utilização da sua capacidade instalada. Para tanto, grandes volumes de minério são lavrados, beneficiados e estocados. Usualmente são mantidos grandes estoques de produtos intermediários e finais para atender às necessidades dos clientes, considerando sazonalidade, limitações da capacidade de produção e logística, e a incerteza do tempo despendido desde o embarque na mina até a entrega ao cliente final. Dessa forma, a grande maioria das mineradoras adota o sistema *push*, estimando a demanda através de contratos de longo prazo ou previsões de mercado com base em fatores econômicos e dados históricos.

3.2.1 Preparação

Na Preparação estão incluídas atividades de drenagem, abertura de estradas e acessos na mina, preparação de praças, perfuração e desmonte através de explosivos.

3.2.2 Lavra

A Lavra é responsável pela efetiva produção da mina, isto é, da extração do minério que é executada através das operações unitárias de escavação, corte, carregamento e transporte do minério até as instalações de beneficiamento. Também na lavra é feita a remoção de estéril para liberação do minério subjacente.

Pode-se entender que a mineração compreende as atividades conjuntas de preparação e lavra de minério (Figura 29), que em uma analogia com a cadeia de valor de Porter equivalem à Logística Interna. Isso se dá porque, conforme já visto, o minério é a principal matéria prima de um empreendimento mineral.

Figura 29 – Atividades de Mineração

3.2.3 Planejamento

Para que a operação de mina consiga extrair o minério em quantidade e qualidade apropriadas para alimentar as atividade a jusante (beneficiamento, vendas e logística externa), são fundamentais as atividades do planejamento. Contrastando com os modelos de planejamento da produção empregados na manufatura discreta, onde a qualidade dos componentes e o momento em que eles serão utilizados na linha de montagem são conhecidos com precisão, o planejamento de lavra convive com incertezas de qualidade e de tempo.

A estimativa do corpo de minério – litologia, mineralogia, teores, granulometria, etc. - é realizada a partir de dados de amostragem como furos de sonda, trincheiras, poços e canais. Apesar do avanço tecnológico da geologia e geoestatística, os modelos definidos sempre terão algum nível de incerteza e erro quanto à sua quantidade e qualidade estimadas, que somente serão conhecidas com mais precisão após a efetiva lavra do minério, aproximando-se mais à realidade.

De posse do modelo geológico, o planejamento de lavra irá executar as atividades desde o desenho da mina após a exaustão do minério, conhecido como cava final nas minas a céu aberto, o qual é dividido em planos de longo, médio e curto prazos. A cava final é definida de modo a maximizar o valor presente da mina, uma vez que à medida que a mina avança a quantidade de estéril a ser removida é maior e usualmente os teores tendem a diminuir, aumentando dessa forma os custos de produção.

Já os planos de lavra indicam à operação de mina as áreas a serem preparadas, liberadas e lavradas para resultar na produção plurianual, anual, semestral, mensal, quinzenal ou semanal esperada, em termos de volume e qualidade. Quanto menor o prazo, maior a precisão e o nível de detalhe do plano.

O plano de curto prazo, para ser exequível e o mais realista possível, leva em conta a capacidade e a disponibilidade dos equipamentos de mina e variáveis como a distância de transporte. Este plano pode chegar a um nível de detalhe poucos dias ou até menos, quando é então denominado plano de curtíssimo prazo ou programação de lavra.

A Figura 30 apresenta as atividades do Planejamento:

Figura 30 – Atividades de Planejamento

Outro fator limitador importante a ser considerado nos processos de produção e de planejamento é o sequenciamento do minério: para que um bloco de minério esteja disponível para a produção, ou seja, para que possa ser minerado, deve estar localizado na frente de lavra, isto é, na face da mina exposta ao acesso dos equipamentos. Para que em um determinado momento este bloco de minério esteja disponível para lavra, foi exigido cuidadoso planejamento das atividades anteriores, como remoção de material estéril e de outros blocos de minério em camadas sobrejacentes – em minas a céu aberto – ou à construção de acessos apropriados através de planos inclinados, poços, túneis e galerias, no caso de minas subterrâneas. Isso contrasta com um almoxarifado de matérias-primas em outros segmentos industriais, onde materiais podem ser acessados a qualquer tempo, sem restrições (Figuras 31 e 32).

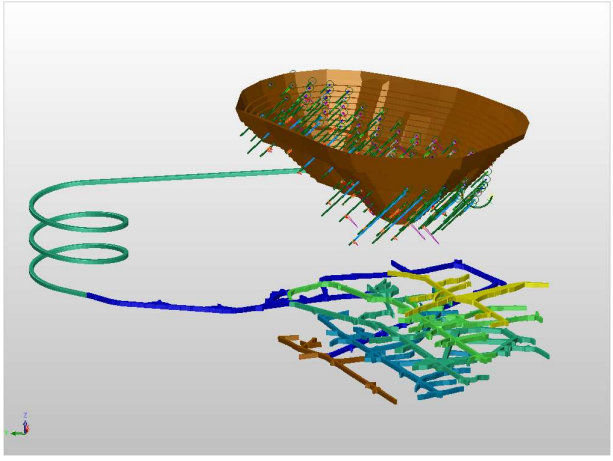

Figura 31 – Modelagem do sequenciamento de lavra em minas a céu aberto e subterrânea

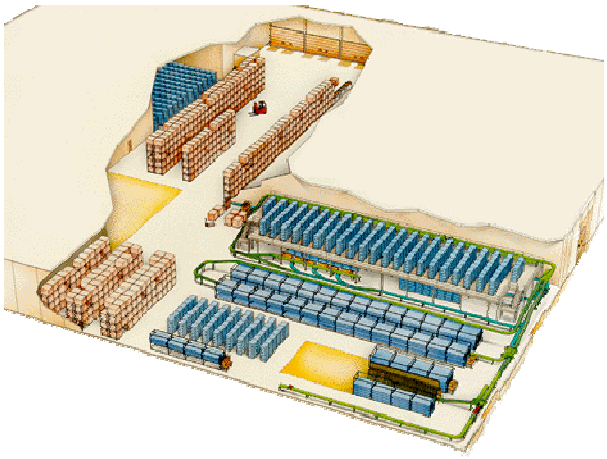

Figura 32 – Almoxarifado de componentes em uma manufatureira

3.2.4 Beneficiamento

No Beneficiamento ocorrem várias atividades de transformação do minério lavrado, onde o produto final é obtido tipicamente através de sucessivas operações de redução de tamanho (britagem, peneiramento, moagem, classificação granulométrica); concentração (deslamagem, flotação, métodos gravimétricos, separação magnética, lixiviação, etc.), onde se eliminam impurezas de modo a aumentar o teor dos minerais úteis; e separação sólido-líquido (espessamento e filtragem) para possibilitar o manuseio e estocagem dos produtos finais.

Em empreendimentos integrados, o produto final do beneficiamento pode alimentar unidades químicas ou metalúrgicas de transformação. O beneficiamento pode envolver simples plantas de britagem e peneiramento (para minerais industriais e de construção civil, por exemplo) até usinas de concentração de diferentes complexidades (ferro, cobre, fosfato, ouro, etc.), podendo envolver ainda plantas metalúrgicas (ouro, manganês, nióbio, níquel, alumínio, cobre, etc.) e químicas (fosfato, por exemplo).

Segue representação das atividades de beneficiamento na Figura 33:

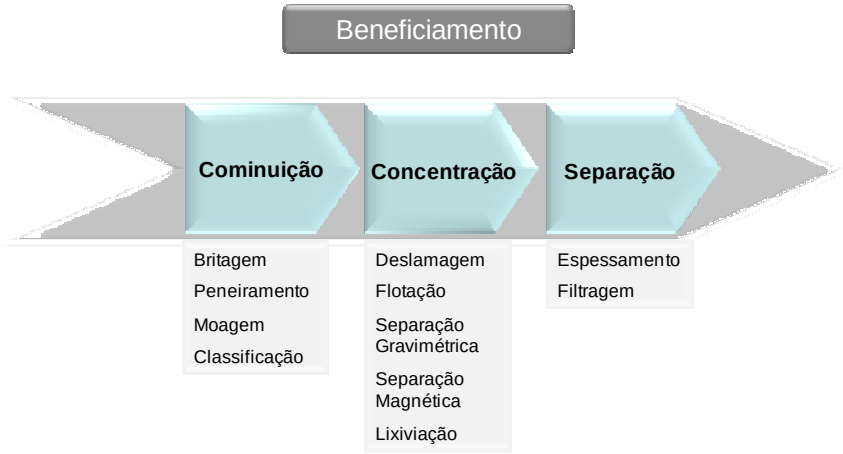

Figura 33 – Atividades de Beneficiamento

Ptak e Schragenheim (2000) apresentam o conceito de indústrias tipo “Planta A” e “Planta V”:

Uma “Planta A”, ou uma planta padrão de manufatura discreta, utiliza lógica tradicional de planejamento e programação da produção através de sistemas MRP. Os componentes da estrutura de materiais, suas características, e o tempo em que serão necessários na linha de montagem são perfeitamente determinados e detalhados a partir do plano de produção, ou, em última instância, do plano ou da expectativa de vendas (Figura 34).

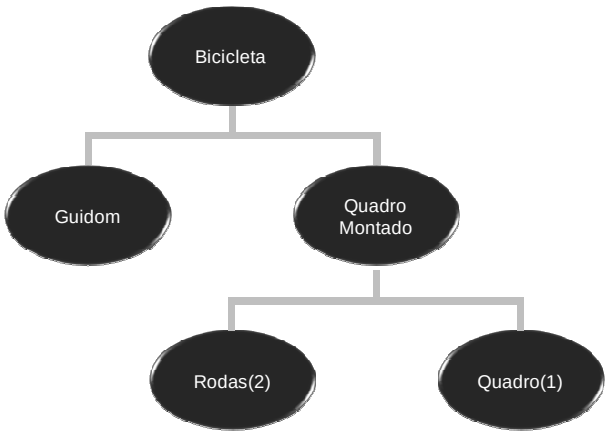

Figura 34 – Estrutura de Materiais: Manufatura (Adaptada de Heizer e Render, 2001)

Já em uma “Planta V”, que representa uma planta industrial ou usina de beneficiamento mineral, a lógica de planejamento e programação de um MRP simplesmente não é adequada. Esse tipo de planta utiliza poucas matérias primas,

porém em grandes quantidades, para produzir seus produtos finais, usualmente em pequeno número, mas igualmente em grandes quantidades. As incertezas no processo de produção exigem a existência de estoques, ou *buffers*, normalmente pilhas de estocagem intermediárias e de produtos finais. Companhias mineradoras normalmente produzem para estoque e não contra ordens de venda, configurando o modelo *push*, ou feito para estoque. Segue representação de uma “Planta V” na Figura 35.

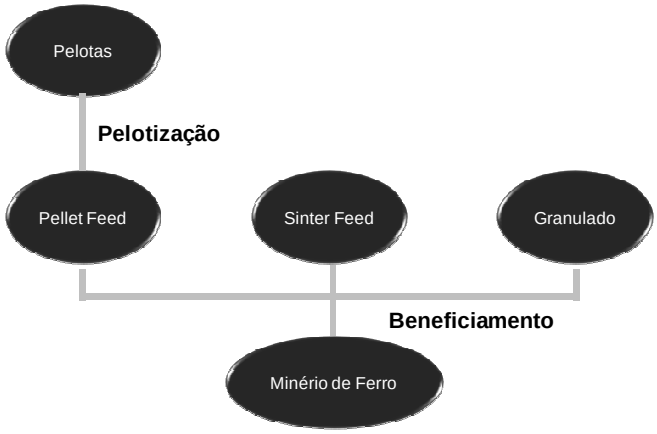

Figura 35 – Estrutura de Materiais: Mineração

3.2.5 Vendas

As atividades de Vendas normalmente precedem as de Logística Externa em uma mineradora, uma vez que são responsáveis pela negociação e administração de contratos de longo prazo com clientes predefinidos, que são então atendidos através do envio de lotes específicos. Uma vez fechados os contratos, a área de vendas administra os pedidos e ordens de embarque para os clientes.

Usualmente, os produtos finais de uma mineradora são considerados commodities, com especificações bem definidas e preços cotados em bolsas internacionais. Esse é o caso, por exemplo, do ouro, cobre, níquel, zinco e alumínio. Já o minério de ferro não é considerado uma commodity, tendo seu preço predominantemente definido em contratos anuais entre as mineradoras e as siderúrgicas.

3.2.6 Logística

As atividades de Logística ocorrem a partir do produto final do beneficiamento, armazenado em pilhas de estocagem ou silos. Esse produto pode ser despachado por via rodoviária ou ferroviária, as mais usuais, diretamente a clientes, ou então transportados para outros locais de estocagem, como armazéns e portos.

Parte significativa do comércio de minérios é transoceânico, particularmente no caso do minério de ferro, demandando complexas operações de transporte intermodal e estocagens intermediárias. Segue representação das atividades de logística na Figura 36:

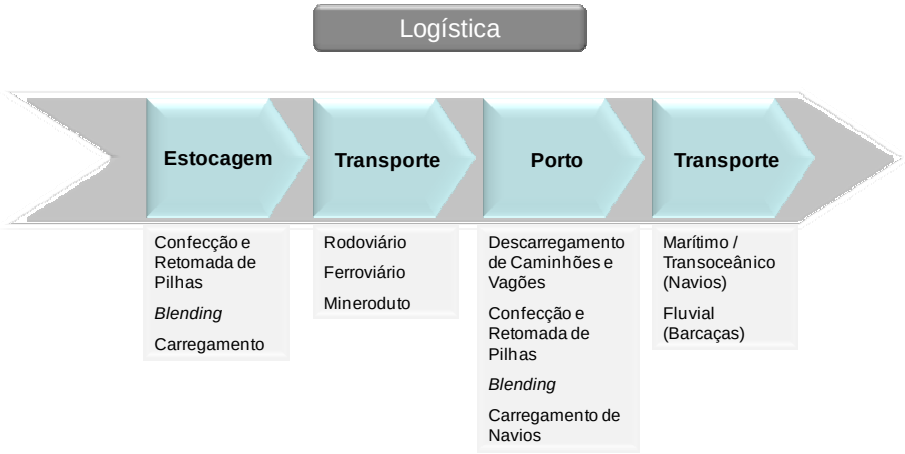

Figura 36 – Atividades de Logística

3.2.7 Interações entre as Atividades

De acordo com a observação de Porter e Millar (1985) para a cadeia de valor, há igualmente na cadeia de valor mineral intensa troca de informações através dos elos que interligam as diversas atividades primárias. Da mesma forma, há interações entre a produção e o planejamento onde, por exemplo, dados de furos de perfuratriz podem retroalimentar a modelagem geológica, desvios de qualidade no beneficiamento disparam medidas corretivas na programação de lavra, e os

contratos e estimativas de vendas definem as premissas de volumes e qualidade a serem consideradas pelo planejamento de lavra (Figura 37).

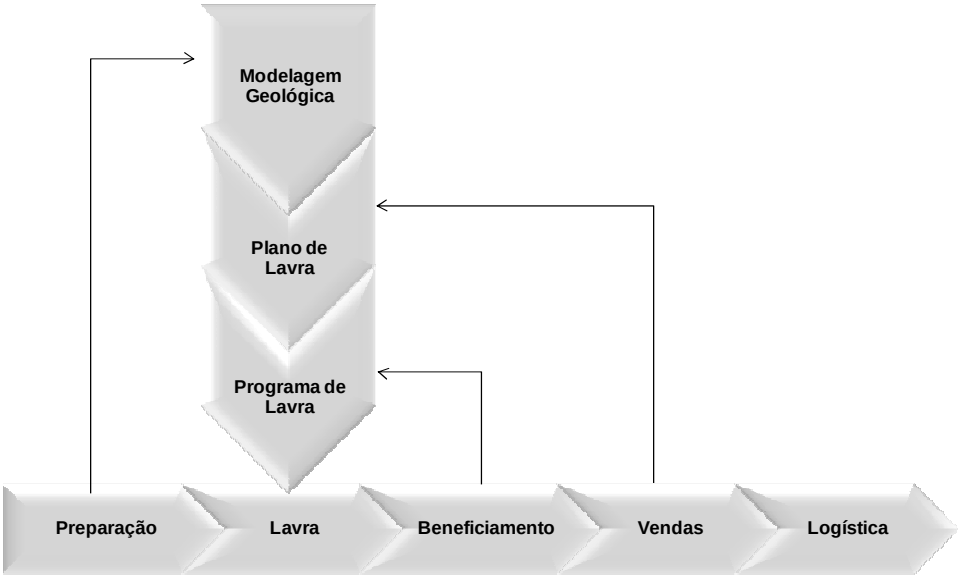

Figura 37 – Cadeia de Valor Mineral – Interações com o Planejamento

3.3 A MINERAÇÃO NO BRASIL

A indústria de mineração e transformação mineral, excluídos petróleo e gás, respondeu por cerca de 5% do PIB nacional no ano de 2007. A Produção Mineral Brasileira (PMB) foi de R$ 46 bilhões, considerando-se apenas a extração mineral, totalizando R$ 126 bilhões ao se incluir a transformação (Fontes: Instituto Brasileiro de Mineração, IBRAM, Panorama Mineral Brasil, 2008).

No mesmo ano, a indústria mineral representou 50,5% do saldo da balança comercial, confirmando a importância do Brasil como exportador de minérios. No cenário mundial, o Brasil é o maior produtor de nióbio e ocupa a segunda posição em minério de ferro, manganês, bauxita e tantalita (Fonte: IBRAM, op. cit.).

Entretanto, a indústria mineral brasileira tem ainda maior relevância no cenário econômico nacional ao se considerar sua importância como fornecedora das

cadeias de valor a jusante, como indústria metalúrgica, siderúrgica e química, as quais agregam significativo valor ao PMB.

A revista Brasil Mineral publica anualmente a edição especial “As Maiores Empresas do Setor Mineral”, apresentando estatísticas sobre as cem maiores empresas do setor, no qual se destaca a importância da Vale, responsável por 54,5% da PMB (Fonte: Brasil Mineral, 2008). O Gráfico 3 abaixo apresenta as vinte maiores mineradoras no ano de 2007.

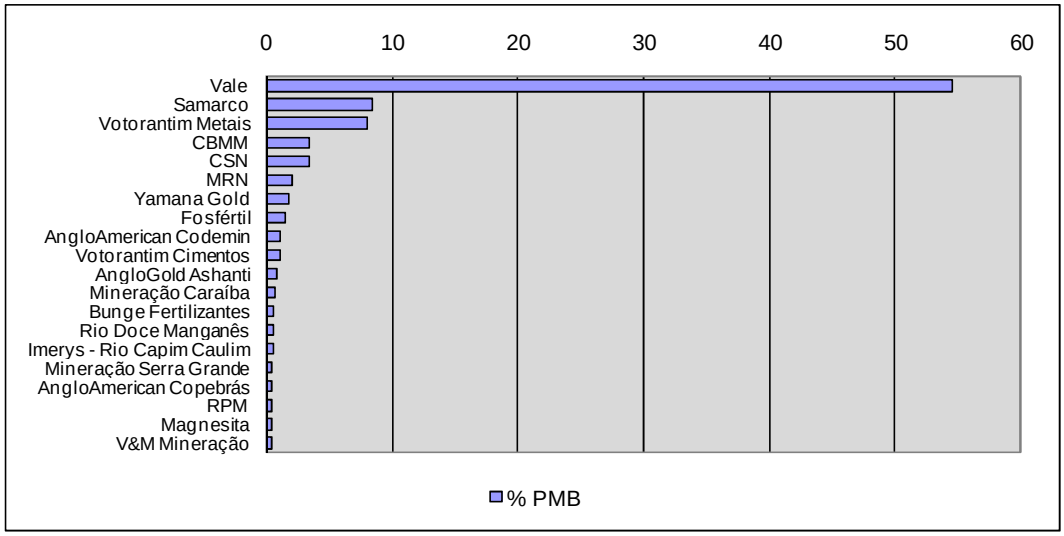

Gráfico 3 – As 20 Maiores Mineradoras do Brasil (Fonte: Brasil Mineral, 2008)

3.4 O MINÉRIO DE FERRO

Cerca de 98% do minério de ferro produzido mundialmente são utilizados para a produção do aço, um dos mais úteis e versáteis materiais já criados. A produção em massa de aço foi um fator importante para sustentar a revolução industrial, e não por acaso países como o Reino Unido, Alemanha, Estados Unidos e Rússia detinham na época as maiores reservas de ferro e carvão metalúrgico do mundo.

Atualmente, o Brasil e a Austrália se alternam na liderança entre os maiores exportadores de minério de ferro, com exportações anuais na ordem de 270 milhões

de toneladas. Seguem a Índia (94 milhões de toneladas) e África do Sul, Canadá e Rússia, com exportações da ordem de 25 a 30 milhões de toneladas cada. As três maiores empresas do setor, a Vale, a anglo-australiana Rio Tinto e a australiana BHP Billiton controlam 35% do mercado global (Fonte: United Nations Conference on Trade and Development, 2008).

Em termos de produção total, a China produziu 600 milhões de toneladas em 2008 e o Brasil é o segundo colocado com 409 milhões de toneladas. Toda a produção da China, de qualidade inferior ao minério brasileiro e australiano, é consumida internamente (Fonte: IBRAM, Informe Produção de Ferro, 2008).

O minério de ferro responde por 83% do valor das exportações minerais brasileiras. A Vale responde por 79% da produção nacional e 87% das exportações de minério de ferro do Brasil. (Fontes: IBRAM, Panorama Mineral Brasileiro, 2008 e Informe Produção de Ferro, 2008; Sindicato Nacional da Extração do Ferro e Metais Básicos, Sinferbase, Relatório Anual, 2008).

O minério de ferro é produzido e comercializado através de quatro tipos principais de produtos, os quais podem ter diversas especificações: *pellet feed*, *sinter feed*, granulado e pelotas (Fonte: Vale Iron Ore Products, 2006).

O *pellet feed* ou finos para pelotização, também conhecido como PFF (*pellet feed fines*) é um produto ultrafino, com granulometria inferior a 0,15 mm. Antigamente esses finos eram descartados como resíduo sem valor. O *pellet feed* irá alimentar as usinas de pelotização para a produção de pelotas.

O *sinter feed* é um produto fino, com granulometria entre 0,15 mm e 10 mm, adequado para alimentar as unidades de sinterização de uma siderurgia.

O minério granulado, ou *lump*, tem granulometria acima de 12,5 mm e já pode alimentar diretamente o alto forno de uma usina siderúrgica.

As pelotas, ou *pellet*, são pequenos aglomerados de minério de ferro com tamanho médio de 11,5 mm, produzidas em usinas de pelotização através de uma

tecnologia que permite utilizar o *pellet feed*. As pelotas podem alimentar o alto forno ou plantas de redução direta.

A Tabela 1 apresenta algumas especificações químicas desses produtos:

	Pellet Feed	Finos (Sinter Feed)	Granulado (Lump)
Fe	65,8%	67,0%	64,4%
SiO_2	1,2%	0,9%	1,8%
Al_2O_3	1,5%	0,95%	2,3%
P	0,04%	0,03%	0,05%

Tabela 1 – Análises Químicas do Minério de Ferro de Carajás
(Fonte: Vale Iron Ore Products, 2006)

Conforme já visto, o minério de ferro não é uma commodity. Seus preços são definidos através de um padrão, chamado *benchmarking*, definido pelo primeiro contrato fechado no ano entre uma grande mineradora e uma grande siderúrgica. Os preços são definidos por produto e suas especificações, sendo negociados prêmios por qualidade. Os demais contratos usualmente situam-se próximos a esse padrão, considerando-se as especificações do produto e a distância de transporte marítimo.

3.5 O PROCESSO SIDERÚRGICO

A Idade do Ferro teve início quando o homem conseguiu a quantidade necessária de calor para fundir o minério de ferro, o que ocorreu na Europa e no Oriente Médio em torno de 1200 a.C., encerrando a Idade do Bronze (Fonte: Instituto Brasileiro de Siderurgia, IBS).

A fronteira entre o ferro e o aço foi definida na Revolução Industrial, com a invenção de fornos que permitiam corrigir as impurezas do ferro e adicionar propriedades como resistência ao desgaste, ao impacto e à corrosão. Pela sua

utilidade e versatilidade, decorrentes dessas propriedades, e pelo seu baixo custo o aço passou a representar cerca de 90% de todos os metais consumidos pela civilização industrial.

O processo produtivo do aço usualmente é desenvolvido a partir de uma usina integrada, que produz aço através da redução do minério de ferro em alto-forno. O ferro gusa proveniente do alto-forno irá alimentar aciarias onde se dá o refino, isto é, remoção de parte do carbono e impurezas do ferro gusa, produzindo aço líquido. Após o refino, o aço líquido é solidificado em equipamentos de lingotamento contínuo produzindo semiacabados, lingotes e blocos, que serão posteriormente laminados dependendo da sua aplicação.

Outra possibilidade de produção de aço é através de usinas semi-integradas, que operam apenas as etapas de refino e laminação. Essas usinas são alimentadas por ferro gusa comprado de terceiros ou sucata de ferro e aço.

A redução em alto-forno é uma das principais etapas para a produção eficiente e em larga escala do aço. Um alto-forno é um equipamento de grande porte que exige alta escala de produção e continuidade operacional para operar com custo eficiente. O alto-forno é alimentado por minério de ferro, carvão mineral, que age como agente redutor e combustível, e calcário como fundente. Ali ocorre a fusão e redução do ferro, que passa da forma de óxido à forma metálica. Em função das características do processo e do equipamento, é necessário que o material alimentado tenha algumas importantes propriedades físicas e químicas.

Como o alto-forno é abastecido antes do início da combustão, formando uma pilha que pode chegar a mais de 30 metros de altura, são necessários meios de entrada e circulação de ar e gases de combustão em todas as regiões da carga. Por esse motivo, é imprescindível que as partículas de minério de ferro tenham dimensões que confira uma certa permeabilidade à carga. Pela mesma razão, é preciso que o material alimentado tenha resistência mecânica suficiente para suportar o próprio peso da carga, de modo que não haja esmagamento do material e obstrução do alto-forno. Essa necessidade faz com que o alto-forno seja alimentado

diretamente por minério de ferro granulado, ou por material aglomerado em usinas de sinterização ou pelotização a partir do *sinter feed* ou *pellet feed*.

Outro componente importante na carga do alto-forno é a composição química do minério de ferro. O conteúdo de ferro de uma carga está diretamente associado à capacidade de produção de ferro gusa. O balanço entre as impurezas Al_2O_3, SiO_2, MgO e CaO define a viscosidade e permeabilidade da escória, que se não forem adequadas podem comprometer não só a operação do alto-forno, como até mesmo a integridade do equipamento.

Essas propriedades físicas e químicas do minério podem influenciar no reconhecimento por parte da siderúrgica de um valor adicional por diferenciação do minério de ferro fornecido. Em época de alta demanda por aço, as siderúrgicas estarão dispostas a pagar um prêmio pelo maior conteúdo de ferro no minério, consequentemente com menos impurezas, visando maximizar a produção do alto-forno, usualmente o gargalo do processo siderúrgico. Já quando há menor demanda e capacidade ociosa do alto-forno, as siderúrgicas ficarão mais sensíveis ao preço do minério de ferro e menos dispostas a reconhecer seu diferencial de qualidade. A Tabela 2 abaixo compara as análises químicas de uma carga média de alto forno (Everett, 2007) com os finos de Carajás, o principal produto da Vale:

	Carga de Alto-Forno	Finos de Carajas
Fe	60%	67,0%
SiO_2	4%	0,9%
Al_2O_3	2%	0,95%
P	0,1%	0,03%

Tabela 2 – Análise Comparativa entre o Minério de Ferro de Carajás e Carga de Alto-Forno
(Fontes: Everett, 2007 e Vale Iron Ore Products, 2006)

Embora na última década tenha crescido a participação de unidades de redução direta na produção de gusa, o alto forno ainda é imbatível em termos de

qualidade e custo, o que indica que os volumes consumidos e o diferencial reconhecido de minério de ferro devem permanecer ainda por muitas décadas.

3.6 A TI NA MINERAÇÃO

Os primeiros softwares aplicativos específicos para a mineração surgiram nos anos 60 e visavam atender em particular aos requisitos do planejamento de lavra. Esses sistemas buscavam calcular teores médios dos blocos de minério e obter a cava ótima através do sequenciamento otimizado da extração de todos os blocos de minério com valor econômico. Além disso, passaram a auxiliar na tomada de decisão durante o planejamento de lavra, informando ao planejador os atributos básicos de um bloco, sua disponibilidade para lavra e totalizações simples. Esses sistemas sofriam com a limitação dos computadores de então: alto custo, baixa capacidade de processamento e de memória, dificuldade de entrada de dados através de cartões perfurados e inexistência de interfaces gráficas, mas ainda assim deram considerável contribuição ao planejamento de mina.

Os sistemas de geologia e planejamento de lavra apresentaram notável desenvolvimento do uso da tecnologia até os dias de hoje, incorporando recursos como visualização tridimensional, manipulação de sólidos, realidade virtual, complexos algoritmos otimizantes e cálculos de teores médios e variância através de avançados métodos geoestatísticos. Igualmente notável é a capacidade dos sistemas em armazenar e gerenciar enormes quantidades de dados dos depósitos minerais, compartilhando-os entre as diversas áreas de geologia e planejamento que interagem nas suas funções. O uso eficaz desses sistemas resulta no bom conhecimento e utilização do principal ativo de um empreendimento mineral, a mina.

Uma das principais metas de uma empresa mineradora é obter o melhor retorno possível sobre seus ativos – considerando-se que é um negócio intensivo em capital – através de custos mais baixos de produção. Para tanto, equipamentos de mina e plantas industriais usualmente operam 24 horas por dia, 7 dias por semana. Assim, fatores importantes para a obtenção do bom desempenho do

negócio devem ser evitar tempo e capacidade ociosos dos ativos. Essa missão é facilitada através de sistemas de manutenção, que buscam maximizar a disponibilidade física dos equipamentos enquanto gerenciam o seu custo, e de sistemas de produção que maximizem a utilização dos equipamentos disponíveis.

Desse modo, o principal foco de um sistema de TI nesse segmento de indústria deve ser propiciar meios para a efetiva gestão da manutenção e da produção.

Os custos de manutenção em indústrias de processo variam de 15% a 40% com relação ao custo total de produção (Wireman, 2004). Um estudo de caso conduzido por Campbell e Reyes-Picknell (2006) identificou que os custos de manutenção em empresas mineradoras variam de 20% a 50% dos custos de produção, em contraponto a apenas 3% a 5% em empresas de manufatura discreta. Essa significância da manutenção e as necessidades específicas da mineração justificam a recomendação de Miklovic (1998) quanto à maior aplicabilidade dos sistemas EAM, com o seu foco na gestão de ativos, do que dos sistemas ERP tradicionais.

Nas operações de lavra são largamente utilizados sistemas de gerenciamento dos equipamentos de mina, conhecidos como sistemas de despacho, os quais controlam e otimizam as rotas dos caminhões dentro da mina. Desenvolvidos inicialmente para otimizar a produtividade dos caminhões através da redução dos tempos de espera em filas, esses sistemas evoluíram com o uso de técnicas avançadas de otimização e buscam atingir os mais diversos objetivos da operação de mina, como qualidade, fluxo de produção, aderência ao planejamento de lavra ou máxima utilização de alguns grupos de equipamentos, como caminhões e escavadeiras. Esses sistemas incorporaram ainda novas tecnologias, como GPS (*global positioning system*) de alta precisão, interfaces gráficas em 3D, realidade virtual e capacidade de gerenciar em tempo real enorme quantidade de dados operacionais. Os sistemas de despacho asseguram a melhor utilização de um dos principais ativos de capital de uma mineradora, que são os equipamentos de mina.

Na produção industrial, isto é, na usina de beneficiamento, são largamente utilizados sistemas digitais de automação (SDCD, PLC, SCADA) que controlam os mais variados processos físicos, químicos e metalúrgicos de beneficiamento, dos mais simples aos mais sofisticados. Uma enorme quantidade dos dados e variáveis operacionais são armazenados em um banco de dados históricos e disponibilizados através de diversas formas de representação. Esses sistemas são denominados PIMS (*Process Information Management System*) e possibilitam uma visão dos dados de todo o processo.

Desde a fase de exploração geológica até a obtenção do produto final do beneficiamento é gerada uma enorme quantidade de amostras, cujas análises servem para definir o corpo mineral e controlar o processo produtivo. Para auxiliar nessa tarefa surgiram os sistemas LIMS (*Laboratory Information Management System*), que identificam as amostras e as gerenciam durante o processo de preparação e análise, obtêm os resultados dos instrumentos analíticos e os armazenam e disponibilizam aos usuários.

Quanto ao planejamento da produção, ainda que indústrias de processo tenham sido tradicionalmente um desafio para os sistemas MRP tradicionais, alguns dos seus segmentos – como farmacêutica, química, alimentos e bebidas – podem ser atendidos por sistemas MRP padrão ou específicos, razoavelmente adequados para gerenciar plantas mais simples de processo contínuo ou em bateladas. Entretanto, como já exposto, os sistemas MRP simplesmente não atendem aos requisitos de fluxo de produção mais complexo de uma mineradora. Já que o ERP pode ser considerado como uma evolução dos sistemas MRP e MRP II (Hicks e Stecke, 1995; Correa et al., 1997; Langenwalter, 2000; Ptak e Schragenheim, 2000; Laurindo e Pessoa, 2001), com forte ênfase em produção e planejamento e programação da produção, pode-se entender as razões pelas quais é difícil o uso efetivo de um sistema ERP nos processos mais importantes de um empreendimento mineral, os quais estão ligados à cadeia produtiva. Estes usualmente atendem as áreas corporativas da empresa mineradora, como finanças e contabilidade, suprimentos e recursos humanos.

Já as aplicações específicas citadas anteriormente são parcialmente integradas ou não integradas, e o manuseio de dados e consolidação de informações, desde relatórios até entrada ou transferência de dados, são feitos predominantemente através de planilhas eletrônicas.

O levantamento da situação atual dos sistemas de TI e de TA (Tecnologia da Automação) é um dos objetivos dessa pesquisa.

3.7 A MINERAÇÃO NO FUTURO

Várias mineradoras, institutos de pesquisa e universidades estão conduzindo pesquisas visando desenvolver novas tecnologias de modo a mudar o paradigma de operação de uma mina.

Uma iniciativa que se destaca é a “Mina do Futuro”, da empresa anglo-australiana Rio Tinto. O projeto foi idealizado a partir das dificuldades logísticas de se alojarem empregados em minas remotas, distantes de centros urbanos. Os mesmos trabalham no regime “*fly-in fly-out*”, onde são transportados de avião para a mina, trabalham por vários dias hospedando-se em alojamentos, e depois retornam às cidades para um período de folga. O alto custo dessa abordagem, a limitação da capacidade dos alojamentos para o pessoal necessário e a dificuldade de contratar e reter talentos, somados aos problemas decorrentes da descontinuidade operacional ao substituir equipes inteiras de operadores, técnicos e gerentes por longos espaços de tempo, levou a Rio Tinto a vislumbrar os benefícios decorrentes do projeto “Mina do Futuro”. Este projeto contempla as seguintes inovações (Madden, 2008):

- Controlar todas as operações de várias minas através de um único centro operacional remoto;
- Operar trens não tripulados transportando minério de ferro da mina ao porto, situado a mais de mil quilômetros de distancia;

- Empregar caminhões fora-de-estrada inteligentes, sem operadores, na mina;
- Controlar remotamente perfuratrizes inteligentes.

Estes equipamentos deverão ser controlados por engenheiros e técnicos a partir de um centro operacional situado a mais de mil quilômetros de distância, em cidade com infraestrutura urbana de grande qualidade. Para tanto, milhares de sensores nos equipamentos enviarão e receberão dados constantemente do centro de controle, em tempo real. A tecnologia empregada possibilitará a operação remota dos equipamentos tanto da própria mina quanto a partir de qualquer lugar do mundo, através da imersão em um ambiente 3D e da disponibilização aos operadores de informações visuais, sonoras e táteis, como se eles operassem os equipamentos de modo tradicional. Essa realidade virtual possibilita que os operadores remotos se posicionem onde bem entenderem. Por exemplo, podem operar uma máquina como se estivessem flutuando sobre ela, com total visualização da área (Fonte: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO).

O objetivo do projeto “Mina do Futuro” é melhorar o desempenho do negócio através de maior eficiência operacional e menores custos de produção, além de facilitar a contratação e retenção de talentos em um mercado de trabalho extremamente competitivo (Fonte: Rio Tinto).

4 A PESQUISA

4.1 METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1.1 Formulação do Problema

Segundo Lakatos e Marconi (2003), um problema teórico ou prático se resume a uma pergunta, com enunciado claro, objetivo e operacional, cujo melhor modo de solução é uma pesquisa por meio de processos científicos. A resolução desse problema através da pesquisa deve trazer novos conhecimentos, chegar a uma conclusão válida e atender a interesses gerais e particulares.

O problema da pesquisa pode estar relacionado com a necessidade de se colocar à prova uma suposição, ou de se compreender e explicar uma determinada situação (Vergara, 1998).

A questão chave relacionada ao objetivo desse trabalho é: pode a Tecnologia da Informação, em particular através da implementação de um sistema ERP, influir decisivamente nos resultados empresariais de companhias mineradoras, considerando-se as características, requisitos e limitações da indústria e tendo por base o posicionamento da TI na cadeia de valor do negócio?

4.1.2 Objetivo da Pesquisa

O principal objetivo desta pesquisa é levantar e apresentar os principais benefícios decorrentes da implementação de sistemas ERP no setor de mineração, posicionar esses benefícios entre geradores de eficiência ou eficácia, e assim identificar se estão alinhados aos objetivos do negócio.

Já os objetivos secundários são:

- Revisar a literatura nas áreas de Estratégia Corporativa, Estratégia de TI e Sistemas de Informação;
- Identificar como o ERP e demais sistemas de TI implementados em empresas mineradoras se posicionam na cadeia de valor da indústria, em particular quanto à cadeia de valor mineral;
- Propor uma estrutura integrando os sistemas tipicamente existentes na mineração, visando alinhar a TI com os objetivos do negócio e facilitar o atingimento dos mesmos.

4.1.3 Tipo e Metodologia

Segundo Gil (2002), uma pesquisa exploratória tem como objetivo compreender melhor um problema, de modo a torná-lo mais explícito, ou a construir hipóteses. Embora uma pesquisa exploratória possa ser flexível, usualmente ela é efetuada na forma de pesquisa bibliográfica e estudo de casos. A pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir do conhecimento existente, em particular os registrados em livros e artigos científicos.

Yin (2001) assim define o estudo de casos:

> Um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.

Uma pesquisa pode ser de natureza quantitativa ou qualitativa. Godoy (1995) afirma que a pesquisa na área de ciências sociais tem sido fortemente marcada ao longo dos anos pela adoção de métodos quantitativos na descrição e explicação de fenômenos. Entretanto, mais recentemente, a abordagem qualitativa passou a ser reconhecida e a ganhar espaço em outras áreas, como psicologia, educação e administração de empresas. Miguel (2007) afirma que essa metodologia também é predominante na engenharia de produção.

Uma pesquisa quantitativa é conduzida através de um plano bem estabelecido, com hipóteses especificadas e variáveis definidas, visando medir objetivamente e quantificar os resultados com precisão (Godoy, 1995).

Já a pesquisa qualitativa, segundo a autora, não procura enumerar ou medir os eventos estudados através de análise estatística dos dados. Envolve, sim, a obtenção de dados descritivos através do contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender o fenômeno segundo a perspectiva dos participantes no estudo. Nesse processo, as questões e os interesses são mais amplos, e vão se definindo à medida que o estudo se desenvolve.

Godoy (op. cit.) recomenda a utilização de pesquisa qualitativa quando o estudo for de caráter descritivo, buscando entender um fenômeno complexo como um todo.

Uma pesquisa qualitativa exploratória não é necessariamente feita através de estudo de casos. Essa escolha deve-se dar considerando-se três fatores: o tipo de questão que a pesquisa busca responder, a contemporaneidade do fenômeno a ser estudado, e a possibilidade de controle sobre esse fenômeno. O método de estudo de casos é indicado quando há pouca ou nenhuma possibilidade de controlar os fatores envolvidos no fenômeno estudado, quando este é contemporâneo, e quando se procura responder às questões Como? Por que? O que? Quais? de modo a identificar aspectos presentes, e não quantificá-los estatisticamente (Yin, 2001).

O método de estudo de casos é adotado neste trabalho, que busca através de pesquisa empírica identificar e qualificar os benefícios decorrentes da utilização de um sistema ERP na indústria de mineração. Para tanto, serão feitas perguntas como: Quais os benefícios? Por que ocorrem ou não? Como o ERP se posiciona na cadeia de valor? Quais os objetivos da empresa? Como podem ser atingidos através da TI?

Foi adotado o estudo de caso longitudinal, investigando-se o presente, porém com alguma retrospectividade. O estudo de caso único permite um aprofundamento na investigação e é frequentemente adotado na pesquisa longitudinal, embora exista

uma limitação no grau de generalização exatamente por ser um evento único (Miguel, 2007)

4.1.4 Limitação da Pesquisa

.

O presente estudo visa apresentar os resultados obtidos através de sistemas ERP na mineração, como benefícios gerados pela sua implementação, e as ações tomadas e conclusões obtidas a partir de experiências reais das empresas.

Embora a pesquisa busque também apresentar uma visão contemporânea sobre as áreas de Estratégia Corporativa, Estratégia de TI e Sistemas de Informação, com particular foco na indústria de mineração, não tem como objetivo efetuar uma análise mais profunda e detalhada sobre esses temas.

4.2 EXECUÇÃO DA PESQUISA

4.2.1 Escolha da Amostra

Definiu-se que a pesquisa seria conduzida através de estudos de caso. Entretanto, para o melhor entendimento do cenário dos sistemas ERP na mineração, foi inicialmente realizado um levantamento qualitativo de caráter exploratório. Essa abordagem visou buscar um nível de conhecimento básico que subsidiasse o roteiro de entrevistas para o estudo de caso, melhor adaptando-o à realidade, o que está alinhado com a proposição de Godoy (1995).

Como universo a ser pesquisado, foram definidas as vinte maiores empresas do setor mineral brasileiro. De acordo com a edição especial “As Maiores Empresas do Setor Mineral”, da revista Brasil Mineral (2008), estas empresas respondem por

cerca de 90% do PMB. A partir da vigésima empresa, os incrementos não são significativos, sendo inferiores a 0,4% do PMB. O Gráfico 4 apresenta o PMB acumulado das vinte maiores mineradoras brasileiras em 2007:

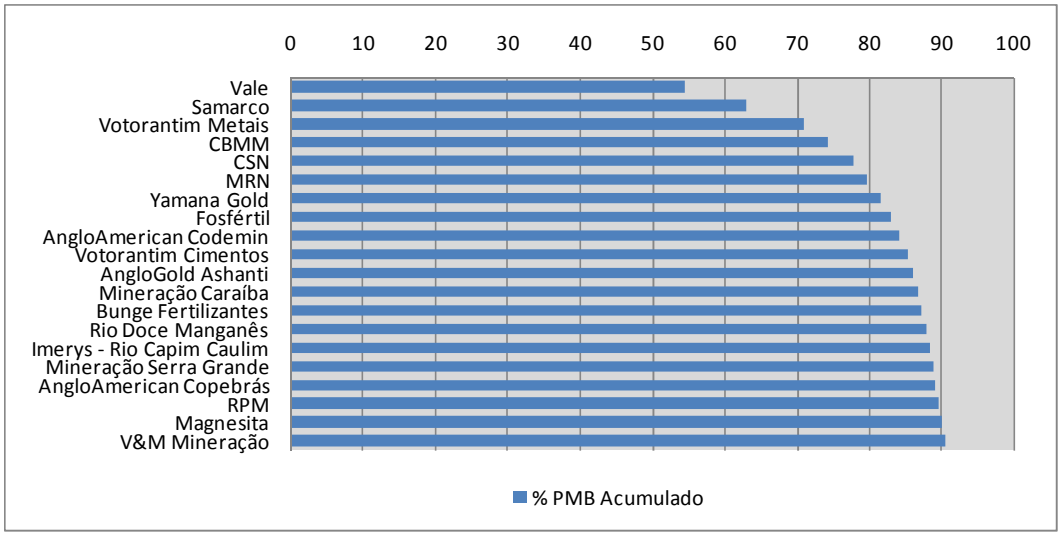

Gráfico 4 – PMB Acumulado das 20 Maiores Mineradoras do Brasil
(Fonte: Brasil Mineral, 2008)

Definiu-se que a Vale seria objeto do estudo de caso, considerando tanto sua importância no cenário internacional como a segunda maior mineradora do mundo e líder no mercado transoceânico de minério de ferro, quanto à sua participação em mais de 50% no setor mineral brasileiro. Essa abordagem de estudo de caso único possibilita uma maior dedicação e aprofundamento na pesquisa (Yin, 2001; Miguel, 2007).

4.2.2 Coleta de Dados

4.2.2.1 Levantamento Exploratório

Foi preparado um questionário baseado nos trabalhos de Poston e Grabsky, (2000); Souza, (2000); Colangelo Filho, (2001); Zwicker e Souza, (2003).

O questionário, dirigido ao CIO ou gerente de TI da empresa pesquisada, continha 23 questões fechadas sobre benefícios potenciais. Doze delas pareciam dizer mais respeito à eficácia, isto é, aos resultados do negócio, enquanto que onze estavam mais relacionadas à eficiência, ou à boa execução dos processos internos. Essa divisão entre eficácia e eficiência não foi apresentada aos entrevistados.

Os benefícios potenciais apresentados no questionário foram:

- Aumento do ritmo de trabalho;
- Aumento da produtividade;
- Maior lucro;
- Melhoria da imagem da empresa perante o mercado;
- Tempo maior das pessoas utilizado nas atividades fim de cada departamento;
- Melhores indicadores do negócio;
- Maior satisfação dos clientes (qualidade dos produtos, atendimento de pedidos, entregas, etc.);
- Melhor relacionamento com fornecedores;
- Implementação de novos ou melhores processos de negócios;
- Maior flexibilidade nos processos internos;
- Melhor coordenação dos trabalhos interdepartamentais e interlocalidades;
- Acesso fácil e imediato às informações;
- Dados únicos e consistentes, menor número de erros;
- Eliminação ou menor número de reentrada de dados;
- Redução de pessoal;
- Redução de horas extras;
- Redução de retrabalho;
- Redução do desperdício de materiais;
- Redução do custo de compras;
- Redução dos estoques;
- Redução do ciclo financeiro-contábil;
- Verificação imediata, no local de trabalho, da existência de peças em estoque.

As respostas deveriam classificar o benefício potencialmente obtido como:

(0) Não se verificou

(1) Verificou-se de alguma maneira

(2) Verificou-se de maneira significativa

Incluiu-se a seguinte pergunta final que buscava sintetizar a satisfação da empresa com o ERP:

"Você acredita que, se o projeto ERP fosse submetido hoje ao principal executivo da empresa, ele provavelmente seria:"

- Aprovado como foi
- Teria seu escopo aumentado
- Teria seu escopo reduzido
- Não seria aprovado

Assegurou-se no questionário a confidencialidade das respostas e também que não seriam divulgadas informações que possibilitassem a identificação da empresa respondente.

Foram inicialmente consideradas oito empresas brasileiras de médio ou grande porte, de capital nacional ou multinacional, representativas do setor mineral. Destas, duas ainda estavam em processo de implementação de sistemas ERP, e foram descartadas. Das seis empresas que aceitaram participar e receberam os questionários, cinco responderam a tempo de terem seus resultados considerados.

4.2.2.2 Atualização do Levantamento Exploratório

Considerando-se que o levantamento exploratório inicial foi realizado em 2003 e o estudo de caso ocorreria em 2009, decidiu-se repetir a pesquisa de modo a obter dados mais atuais e compará-los com os antigos. Foram ainda adicionadas questões referentes aos processos de decisão de implementar um sistema ERP e de seleção do fornecedor.

Os principais fatores motivadores apresentados quanto à adoção de um ERP foram adaptados do trabalho de Mabert et al. (2000), conforme segue:

- Substituir sistemas legados;
- Simplificar e padronizar sistemas;
- Melhorar a interação e comunicação com clientes e fornecedores;
- Obter vantagem estratégica;
- Integração de diversas unidades de negócios;
- Evitar o “Bug do Milênio”;
- Pressão para acompanhar os concorrentes;
- Facilidade de efetuar “upgrade” de sistemas;
- Reestruturação ou reorganização da Empresa.

As respostas deveriam classificar o fator motivador de 1 (pouco importante) a 5 (muito importante).

Quanto à estratégia de seleção de uma solução ERP, foram apresentadas as seguintes possibilidades (Mabert et al., 2000):

- Pacote único ERP;
- Módulos “melhor-da-classe” de vários sistemas ERP (Finanças, RH, Suprimentos, Manutenção, etc.);
- Pacote único ERP integrado a outros sistemas “melhor-da-classe”; (legados ou pacotes comerciais, Finanças, RH, Suprimentos, Manutenção, etc.);
- Mais de um sistema ERP integrado a outros sistemas “melhor-da-classe”;
- Sistema totalmente desenvolvido internamente;
- Sistema desenvolvido internamente integrado a pacotes especialistas.

Foram ainda alteradas as respostas possíveis à questão relativa à satisfação da empresa com o ERP: “Você acredita que, se o projeto ERP fosse submetido hoje ao principal executivo da empresa, ele provavelmente seria:”

- Aprovado como foi;
- Teria seu escopo aumentado;
- Teria seu escopo reduzido;

- Teria sua estratégia de seleção alterada (vários provedores ERP ou "melhor-da-classe", integração com legados);
- Não seria aprovado.

Do alvo inicial de 20 empresas, identificou-se que dez delas pertenciam a cinco grupos econômicos distintos, e foram consolidadas na pesquisa. Das quinze restantes, onze responderam a tempo dos seus resultados serem considerados. Novamente, foram assegurados confidencialidade e anonimato.

4.2.2.3 Estudo de Caso

A partir da relevância dos dados obtidos no levantamento exploratório e a receptividade do setor quanto a uma pesquisa com o escopo apresentado, preparou-se o estudo de caso a ser efetuado na Vale.

Definiu-se que seriam conduzidas entrevistas semiestruturadas com um executivo da área de Operações, responsável pela maior parte das atividades primárias da empresa, e com um executivo da área de Tecnologia de Informação. Como na estrutura da Vale há a uma divisão entre TI e TA (Tecnologia da Automação), foi entrevistado separadamente um executivo de cada organização.

Foram discutidos os seguintes tópicos com cada área pesquisada:

Operações

- Objetivos estratégicos da empresa;
- Vantagem e estratégia competitiva;
- Estrutura da indústria;
- Cadeia de valor e cadeia de valor mineral;
- Alinhamento estratégico da TI/TA;
- Impacto estratégico da TI/TA;
- Centralização ou descentralização da TI/TA;

- Eficiência e eficácia dos sistemas de TI/TA;
- Implementação do ERP;
- O futuro da mineração.

TI (Tecnologia da Informação)

- Cadeia de valor e cadeia de valor mineral;
- Alinhamento estratégico da TI;
- Impacto estratégico da TI;
- Centralização ou descentralização da TI;
- Análise dos ativos de TI;
- Eficiência e eficácia dos sistemas de TI;
- Implementação do ERP;
- O futuro da tecnologia.

TA (Tecnologia da Automação)

- Cadeia de valor e cadeia de valor mineral;
- Alinhamento estratégico da TA;
- Impacto estratégico da TA;
- Centralização ou descentralização da TA;
- Análise dos ativos de TA;
- Eficiência e eficácia dos sistemas de TA;
- O futuro da tecnologia.

Posteriormente, já de posse dos resultados da Vale, foi efetuada uma entrevista não estruturada com a área de TI da Rio Tinto Iron Ore, sediada em Perth, Austrália, com o objetivo de comparar as principais impressões colhidas na Vale com outra empresa similar. A Rio Tinto é a terceira maior mineradora do mundo em valor de mercado e disputa com a Vale a liderança mundial no comércio transoceânico de minério de ferro. Como já discutido, a empresa foi idealizadora da iniciativa “Mina do Futuro”.

Como a entrevista com a Rio Tinto não teve nem a abrangência nem a profundidade do trabalho realizado na Vale, as informações obtidas não são

apresentadas junto aos resultados do estudo de caso, mas sim relatados e comentados no Capítulo 5 – Discussão.

4.3 RESULTADOS OBTIDOS

4.3.1 Levantamento Exploratório (2003)

4.3.1.1 Módulos Implementados

Os módulos implementados podem ser visualizados na Tabela 3 abaixo.

FREQUÊNCIA	MÓDULO
100%	Finanças
100%	Materiais / Suprimentos
80%	Recursos Humanos
60%	Manutenção

Tabela 3 – Módulos do ERP Implementados

No caso especifico do módulo de Manutenção, apenas uma empresa adotou o módulo do próprio fornecedor do ERP. As outras duas adotaram um sistema BoB, integrando-o através de interfaces certificadas ao sistema ERP.

Apenas uma empresa utiliza o módulo de Distribuição, o qual foi desconsiderado por não ser utilizado no seu negócio de mineração, mas sim em outro segmento de indústria no qual ela também atua. Nenhuma das empresas pesquisadas utiliza o ERP para Produção ou Planejamento da Produção na área mineral.

4.3.1.2 Sistemas Dedicados e sua Integração ao ERP

A maioria dos respondentes decidiu manter o uso dos seus sistemas dedicados para suas atividades de geologia, planejamento de lavra, produção e vendas, os quais não foram integrados ou interfaceados com o ERP.

Apenas uma empresa decidiu integrar seus sistemas de gestão da mineração, desenvolvidos internamente, com o ERP. Esses sistemas internos gerenciam a produção, qualidade, vendas, estoques e embarque de produtos finais.

4.3.1.3 Benefícios

Classificou-se a importância de cada benefício, calculando-se o percentual entre a soma das notas ponderadas dos respondentes e o máximo possível de pontos. Os resultados seguem na Tabela 4:

ORDEM	%	BENEFÍCIO
1	100%	Aumento da produtividade das pessoas
2	90%	Dados únicos e consistentes, menor número de erros
2	90%	Eliminação ou menor número de reentrada de dados
2	90%	Redução do ciclo financeiro-contábil
5	80%	Melhor coordenação interdepartamental e interlocalidades
5	80%	Acesso fácil e imediato às informações
7	70%	Tempo maior das pessoas utilizado nas atividades fim de cada área
7	70%	Redução de retrabalho
9	60%	Implementação de novos ou melhores processos de negócios
10	50%	Aumento da produtividade global
10	50%	Maior flexibilidade nos processos internos
10	50%	Redução do custo de compras
13	40%	Melhor relacionamento com Fornecedores
13	40%	Redução de pessoal
13	40%	Redução de horas extras
13	40%	Redução dos estoques
17	30%	Aumento da produtividade dos equipamentos e instalações
17	30%	Melhores indicadores do negócio
19	20%	Maior lucro
19	20%	Melhoria da imagem da empresa perante o mercado

19	20%	Redução de desperdício de materiais
19	20%	Redução dos custos de manutenção
23	10%	Maior satisfação dos clientes

Tabela 4 – Classificação dos Benefícios

4.3.1.4 Satisfação da Empresa com o ERP

Quatro empresas avaliaram que um novo projeto ERP seria aprovado pelo principal executivo da empresa com o mesmo escopo do realizado, e uma avaliou que seria aumentado.

4.3.2 Atualização do Levantamento Exploratório (2009)

4.3.2.1 Módulos Implementados

Os módulos implementados podem ser visualizados na Tabela 5.

FREQUÊNCIA	MÓDULO
100%	Finanças
100%	Materiais / Suprimentos
91%	Manutenção
73%	Recursos Humanos
45%	Vendas e Distribuição
27%	Produção

Tabela 5 – Módulos do ERP Implementados

Como no estudo anterior, todas as empresas pesquisadas utilizam os módulos de Finanças e Suprimentos do ERP.

No caso do módulo de Manutenção, houve considerável mudança de cenário: oito empresas utilizam com sucesso o módulo do ERP, enquanto duas empresas adotaram um sistema dedicado “best-of-breed” (BoB) integrado. Apenas uma empresa pesquisada utiliza um BoB não integrado ao ERP.

Cinco empresas utilizam efetivamente os módulos de Vendas e Distribuição do ERP no seu negócio fim, o que não havia sido verificado no estudo anterior.

Três das empresas pesquisadas utilizam o módulo de Produção do ERP. Entretanto, duas delas o empregam apenas para carregar no ERP dados básicos de apontamento da produção e utilização de mão de obra e de equipamentos, principalmente para fins contábeis. Uma empresa utiliza efetivamente o módulo, porém foi necessário extenso desenvolvimento customizado por parte do provedor do ERP para atender às suas necessidades específicas.

4.3.2.2 Fatores Motivadores para a Adoção de um ERP

Classificou-se a importância de cada fator considerando-se a média obtida, onde o máximo possível seria 5 pontos. Os resultados seguem na Tabela 6:

ORDEM	MÉDIA	FATOR
1	4.5	Integração de diversas unidades de negócios
2	4.3	Substituir sistemas legados
3	4.1	Simplificar e padronizar sistemas
4	3.0	Obter vantagem estratégica
4	3.0	Reestruturação ou reorganização da Empresa
6	2.6	Evitar o “Bug do Milênio”
7	2.2	Melhorar a interação e comunicação com clientes e fornecedores
7	2.2	Facilidade de efetuar “upgrade” de sistemas
9	1.8	Pressão para acompanhar os concorrentes

Tabela 6 – Fatores Motivadores para a Adoção de um ERP

4.3.2.3 Estratégia de Seleção e Implementação do ERP

Classificou-se a importância de cada fator pelo percentual de respostas, uma vez que somente um deles poderia ser selecionado. Os resultados seguem na Tabela 7:

ORDEM	%	FATOR
1	64%	Pacote único ERP
2	27%	Pacote único ERP integrado a outros sistemas “melhor-da-classe” (legados ou pacotes comerciais de Finanças, RH, Suprimentos, Manutenção, etc.)
3	9%	Módulos “melhor-da-classe” de vários sistemas ERP (Finanças, RH, Suprimentos, Manutenção, etc.)
	0	Mais de um sistema ERP integrado a outros sistemas “melhor-da-classe”
	0	Sistema totalmente desenvolvido internamente
	0	Sistema desenvolvido internamente integrado a pacotes especialistas

Tabela 7 – Fatores Motivadores para a Adoção de um ERP

4.3.2.4 Benefícios

Classificou-se a importância de cada benefício, calculando-se o percentual entre a soma das notas ponderadas dos respondentes e o máximo possível de pontos obtidos. Os resultados seguem na Tabela 8:

ORDEM	%	BENEFÍCIO
1	86%	Dados únicos e consistentes, menor número de erros
2	77%	Eliminação ou menor número de reentrada de dados
2	77%	Redução do ciclo financeiro-contábil
2	77%	Melhor coordenação interdepartamental e interlocalidades
2	77%	Acesso fácil e imediato às informações
2	77%	Implementação de novos ou melhores processos de negócios
7	68%	Aumento da produtividade das pessoas
7	68%	Tempo maior das pessoas utilizado nas atividades-fins de cada área
7	68%	Melhores indicadores do negócio
10	64%	Aumento da produtividade dos equipamentos e instalações
11	59%	Redução de retrabalho

12	55%	Maior flexibilidade nos processos internos
13	50%	Aumento da produtividade global
13	50%	Redução do custo de compras
13	50%	Melhor relacionamento com Fornecedores
13	50%	Melhoria da imagem da empresa perante o mercado
13	50%	Redução dos custos de manutenção
18	45%	Redução dos estoques
18	45%	Redução de desperdício de materiais
20	41%	Maior satisfação dos clientes
21	23%	Redução de pessoal
21	23%	Redução de horas extras
23	18%	Maior lucro

Tabela 8 – Classificação dos Benefícios

4.3.2.5 Satisfação da Empresa com o ERP

Quatro empresas avaliaram que um novo projeto ERP seria aprovado pelo principal executivo da empresa com o mesmo escopo do realizado, cinco avaliaram que o escopo seria aumentado e duas informaram que a estratégia de seleção e implementação seria alterada. Nenhuma empresa indicou que o escopo seria reduzido ou que o projeto ERP não seria aprovado.

4.3.3 Estudo de Caso

4.3.3.1 Estratégia Corporativa

O objetivo estratégico da Vale é ser a maior e melhor empresa de mineração do mundo, através de crescimento orgânico e aquisições.

Entende-se como maior empresa aquela de maior valor de mercado, a partir do numero de ações emitidas e valor da cotação dessas ações em bolsa, denominado *market capitalization* ou *market cap*. Atualmente, a Vale é a segunda maior empresa de mineração do mundo, atrás da australiana BHP Billiton.

Os objetivos definidos pela Vale para que possa ser considerada a melhor empresa de mineração são:

- Qualidade;
- Custo;
- Atendimento;
- Moral;
- Segurança e Meio Ambiente.

Os principais indicadores de desempenho da empresa para suas atividades operacionais são:

- Disponibilidade física dos equipamentos;
- Utilização dos equipamentos;
- OEE (*Overall Equipment Effectiveness*);
- Toneladas de minério embarcado e faturado;
- Custo por tonelada de minério.

4.3.3.2 Vantagem e Estratégia Competitiva

A empresa identifica possuir recursos diferenciados com relação aos seus concorrentes, como reputação, base instalada e valor da marca. Entretanto, considera como maior diferencial os seus recursos minerais, tanto em termos de qualidade quanto de quantidade, em particular os do Sistema Norte representado pelas minas de Carajás.

Quanto às capacidades, citou-se o conhecimento diferenciado do corpo técnico da empresa, com experiência para tomar decisões muitas vezes empíricas que caracterizam a indústria. Historicamente, tem-se verificado que a adoção de novas tecnologias e sistemas reduziu o tradicional empirismo do setor, mas ainda assim espera-se uma considerável parcela de decisões tomadas de forma subjetiva, a partir da experiência dos gestores e profissionais.

A empresa adota a estratégia de Liderança em Custo, com os seguintes pontos fortes:

- Acesso aos capitais requeridos para investir em ativos de mineração, tanto através da identificação de novos depósitos minerais e desenvolvimento e implementação de novos projetos, quanto através de aquisições;
- Capacidade de definir processos de produção mais eficientes, através da especialização em engenharia de processos de mineração;
- Distribuição eficiente, com infraestrutura logística mina – ferrovia – porto líder em custo.

4.3.3.3 Análise Estrutural da Indústria

A Vale posiciona-se da seguinte maneira com relação às cinco forças de Porter:

- **Rivalidade com Concorrentes**: Há total independência com relação aos seus competidores.
- **Fornecedores**: São relativamente poucos, em particular na área de equipamentos pesados de mina, usina, ferrovia e porto, além dos seus componentes para manutenção. Como o número de consumidores também é relativamente reduzido, o poder de barganha varia muito com as oscilações da oferta e demanda do mercado. Quando o mercado está aquecido, a capacidade instalada dos fornecedores impacta não somente o preço dos seus produtos, mas principalmente a sua capacidade de aceitar novos pedidos e o prazo de entrega correspondente.
- **Ingressantes**: É possível a entrada de outras empresas nesse mercado, mas não se espera nenhuma mudança estrutural significativa, em particular nos países com grande tradição mineira como Brasil, Austrália e África do Sul. Nesses países os recursos minerais são relativamente bem conhecidos e a descoberta de novos depósitos de expressão é improvável. Algum movimento pode ocorrer em outros países em desenvolvimento, onde a Vale também atua em exploração para reduzir essa ameaça.

- **Consumidores**: A relação com consumidores é bastante similar ao explicado quando aos Fornecedores, onde o poder de barganha depende da oferta e demanda. Entretanto, na negociação com consumidores, a confiabilidade e a qualidade são fatores importantes, particularmente pelo risco que um minério de má qualidade representa não só à produção, mas à própria integridade do alto forno.
- **Substitutos**: ainda não se vê sucedâneo para o aço, e o processo de redução via alto forno é imbatível em termos de escala, qualidade e custo.

4.3.3.4 A Cadeia de Valor e a Cadeia de Valor Mineral

Identificou-se que a atuação da TI concentra-se nas atividades secundárias, enquanto que a TA dedica-se mais às atividades primárias.

As atividades de suporte são atendidas pelo sistema ERP (Infraestrutura, através de Finanças, Contabilidade e Suprimentos) e pacotes dedicados de mercado e sistemas legados para Recursos Humanos.

Já dentro das atividades primárias, representadas pela cadeia de valor mineral, identificou-se que não há integração entre as atividades, porém já existe algum nível de troca de dados entre elas. Embora os sistemas não sejam integrados, existe uma sistemática de integração que resulta na eliminação dos chamados “silos de informação”. Há nessas atividades intensa utilização de planilhas Excel.

Foram identificados os seguintes sistemas em cada área de atividade:

Logística Interna (Preparação e Lavra da Mina): sistemas de geologia e planejamento de mina; plano de perfuração e desmonte; despacho de caminhões.

Operações (Beneficiamento): sistemas de automação e supervisórios (SCADA); sistemas de gestão das informações de processo (PIMS). Na pelotização utiliza-se um sistema de execução da manufatura (MES).

Vendas: sistemas legados.

Logística Externa: na ferrovia, sistemas legados de programação e gestão de carga e tempo de ciclo. No porto, sistemas de automação e supervisórios (SCADA); sistemas de gestão das informações de processo (PIMS); e sistema de execução da manufatura (MES).

Manutenção e Controle que Qualidade são dois importantes sistemas, usualmente voltados às atividades de Operações em outras indústrias, mas que têm um papel mais amplo na mineração, cobrindo Preparação, Lavra, Beneficiamento e Logística. A Vale utiliza sistemas dedicados de manutenção (CMMS) e de automação de laboratório (LIMS).

4.3.3.5 Alinhamento Estratégico

Foi identificado forte alinhamento entre a estratégia corporativa e as estratégias de TI e de TA. O processo se inicia com a definição dos objetivos do negócio e, para facilitar o seu alcance, as áreas fim apresentam suas demandas e requisitos à TI e TA.

Como a TA está mais perto das atividades fim do negócio, ou primárias, o seu processo decisório de aprovação de projetos está voltado à quantificação dos benefícios a serem obtidos com a aplicação de novas tecnologias e sistemas. As prioridades dos projetos são definidas a partir da sua contribuição para o atingimento dos objetivos corporativos.

Já a TI tem um processo estruturado de planejamento, que se inicia a partir da definição da visão e missão da empresa. A partir daí, um comitê de planejamento

da capacidade de TI, com a participação de representantes de todas as diretorias, define os requisitos de TI necessários para o alcance das metas corporativas.

Os projetos de TI e TA são priorizados em função do potencial de geração de valor para a empresa, isto é, iniciativas e melhorias que resultem em ganhos para o negócio. Os benefícios estimados e o consequente retorno sobre o investimento tornam-se metas comuns entre as áreas de tecnologia e os usuários dos sistemas.

Dentre as perspectivas de alinhamento estratégico, a partir da estratégia do negócio ou da tecnologia, há dois posicionamentos distintos:

A TI considera a perspectiva de Execução da Estratégia, já que é mais um instrumento de implementação do que um facilitador da inovação, e não irá afetar as estratégias da organização.

Já a TA, embora se posicione igualmente em Execução da Estratégia, visualiza uma transição para o quadrante de Transformação Tecnológica. Como um exemplo, a partir de um objetivo corporativo de se reduzir o número de pessoal operacional nas minas, a estratégia de TA busca desenvolver e aplicar novas tecnologias de automação nos processos produtivos, como robotização, visualização e sensoriamento remoto.

4.3.3.6 Impacto Estratégico

Identificou-se que a TA da empresa posiciona-se no quadrante Fábrica, onde as suas aplicações contribuem para o negócio, mas não estão previstas novas aplicações que tenham impacto estratégico. Entretanto, à medida que novas tecnologias sejam implementadas, visualiza-se uma futura transição para que a TA tenha um papel mais estratégico, substituindo boa parte do trabalho operacional por conhecimento. Entretanto, foi feita a ressalva de que ainda que passe ao quadrante de Mudança, os percentuais dos custos da TA sobre os custos de capital e operacionais da empresa continuarão sendo muito inferiores aos 50% e 15%,

respectivamente, estimados por Nolan e McFarlan (2005), em função de a mineração ser naturalmente uma indústria intensiva em capital.

Já a TI posiciona-se no quadrante Suporte, onde tem pequena influência nas estratégias atuais e futuras de empresa.

A área de Operações indica que no caso de panes de sistema os processos podem operar manualmente, gerando perdas e prejuízos, mas não a paralisação do negócio.

Já quanto à matriz de Intensidade de Informação, a TI situa-se no quadrante baixo conteúdo de tecnologia tanto em seus produtos quanto em seus processos. Já a TA posiciona-se no quadrante onde os processos industriais têm alto conteúdo de tecnologia, porém os produtos têm baixo conteúdo de informações, porém ressaltando que seus processos ainda estão em um nível tecnológico inferior a uma refinaria de petróleo.

4.3.3.7 Centralização e Descentralização da TI / TA

Identificou-se que tanto a TI quanto a TA da Vale posicionam-se no quadrante Ajuda, com alta descentralização na tomada de decisões e centralização do desenvolvimento. Isso ocorre uma vez que os requisitos partem dos usuários, e as áreas de Tecnologia irão desenvolver ou adquirir e manter os aplicativos que atendam a esses requisitos. Embora haja participação dos usuários nesse processo, a sua condução é de responsabilidade da TI ou TA. O orçamento para investimentos ou custeio desses novos projetos é de responsabilidade das áreas usuárias.

4.3.3.8 Análise dos Ativos de TI / TA

Identificou-se que a TI posiciona-se no quadrante “No Vento”, já que os ativos são fortes, mas podem ser mais bem utilizados. A própria estratégia atual da TI está de acordo com Ross et al. (1996), uma vez que está focada em sistemas estratégicos e importantes para a empresa.

Já a TA posiciona-se no quadrante “Em Cruzeiro”, concentrando-se na manutenção e identificação de novas oportunidades. Identificou-se que pode haver ameaça não iminente de concorrentes a partir de novos processos.

4.3.3.9 Eficiência e Eficácia dos Sistemas de TI / TA

O foco histórico da Vale tem sido na busca de maior eficiência, porém identifica-se uma necessidade de transição de baixa para alta eficácia.

A TI posiciona-se no quadrante “Mudança de Foco” e através de seus novos projetos busca atingir o quadrante “Éden”.

Já a TA posiciona-se em “Oportunidades para Melhorias de Processos”, visando igualmente o quadrante “Éden”.

4.3.3.10 Sistema ERP

Identificou-se que, embora a Vale tenha implantado módulos de sistemas ERP, não considera que de fato exista um sistema integrado de gestão empresarial em operação. As funções cobertas pelo ERP limitam-se a Finanças e Suprimentos.

As funções de Recursos Humanos são providas por outros sistemas dedicados e alguns sistemas legados.

A Manutenção é atendida por um sistema dedicado de mercado, não integrado ao ERP.

Produção, Planejamento, Vendas e Logística são atendidas predominantemente por sistemas legados.

Há pouca integração entre essas diversas funcionalidades, não há uma base de dados central e os bancos de dados distribuídos tem um certo nível de redundância.

A Tabela 9 abaixo apresenta a importância para a Vale dos fatores motivadores que levaram à implementação do ERP, sendo 1 “não importante” e 5 “muito importante”:

ORDEM	NOTA	FATOR
1	5	Integração de diversas unidades de negócios
1	5	Substituir sistemas legados
1	5	Simplificar e padronizar sistemas
1	5	Reestruturação ou reorganização da Empresa
5	4	Obter vantagem estratégica
6	2	Melhorar a interação e comunicação com clientes e fornecedores
7	1	Facilidade de efetuar “upgrade” de sistemas
7	1	Pressão para acompanhar os concorrentes
7	1	Evitar o “Bug do Milênio”

Tabela 9 – Fatores Motivadores para a Adoção do ERP na Vale

Quando iniciou o projeto, a Vale definiu que a estratégia de seleção e implementação do ERP seria através de um único provedor. Entretanto, dificuldades não especificadas durante a implementação causaram uma reorientação no projeto,

mantendo o ERP somente em Finanças e Suprimentos e adotando módulos “melhor-da-classe” de outro sistema ERP e de provedores dedicados.

Não se identificaram benefícios decorrentes da instalação e operação de um sistema ERP, uma vez que não se considera que vários módulos, predominantemente não integrados, configurem um sistema desse tipo.

A Rio Tinto optou por um único provedor ERP, cobrindo totalmente e de forma integrada as áreas de Finanças; Recursos Humanos; Materiais e Suprimentos; Manutenção; e Vendas.

5 DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE ESTRUTURAL

Com base na investigação efetuada junto à Vale, constata-se que a empresa posiciona-se entre forças relativamente favoráveis.

A rivalidade com os concorrentes existe, mas não em um ambiente de extrema competição. A própria concentração de 35% do mercado transoceânico em três empresas (pela ordem: Vale, Rio Tinto e BHP Billiton) dificulta ações isoladas destas e de outras empresas visando ganhar mercado com sacrifício do preço, o que poderia impactar a lucratividade do setor. A prática comercial existente para o minério de ferro, onde predominam contratos anuais, acaba concentrando a rivalidade à época de renovação dos contratos.

A ameaça de novos entrantes é reduzida em função da grande capacidade de investimento necessária para se iniciar um projeto, a complexidade do negócio e os riscos envolvidos. Novas mineradoras podem ter dificuldade em gerenciar e financiar um projeto de risco desde o início do processo de exploração até uma implementação bem sucedida, tipicamente de 5 a 10 anos e chegando às vezes a décadas. Assim, uma mineradora já estabelecida e sólida pode se preparar com antecedência para enfrentar novos ingressantes. Essa ameaça é ainda mais reduzida se for considerada a baixa probabilidade de se identificarem novos depósitos minerais ricos e bem localizados de minério de ferro.

A ameaça de produtos sucedâneos ao aço, em termos de custo, propriedades e volumes, é bastante remota, o que assegura longevidade à empresa do ponto de vista de mercado.

Já a relação com fornecedores e clientes, igualmente corporações multinacionais de grande porte, varia dentro de ciclos que definem a oferta e

demanda. Em um momento de crescimento econômico, a demanda por aço aquece o mercado e possibilita que a mineradora aumente seu poder de barganha e negocie preços mais altos com seus clientes. A maior demanda e preços mais altos podem ser atrativos para viabilizar novas minas, ou para que minas de custo mais alto ou de menor qualidade entrem no mercado ou aumentem sua produção. Nesse momento, ocorreria forte demanda por equipamentos pesados – caminhões fora–de-estrada, escavadeiras, britadores, moinhos, locomotivas, vagões, etc. – o que aumentaria o poder de barganha dos fornecedores, resultando em maiores preços e longos prazos de entrega. Já em períodos de arrefecimento da economia, a capacidade instalada das siderúrgicas fica ociosa, e por consequência o mesmo ocorre com a mineração. O poder de negociação dos clientes aumenta, pressionando por melhor qualidade e menores preços, que em conjunto com a queda nos volumes embarcados impactam diretamente a lucratividade da empresa mineradora. Nesse momento, minas de maior custo ou de menor qualidade diminuem ou param sua produção, aumentando o poder de barganha das empresas junto aos seus fornecedores.

Dentro desses ciclos, há um deslocamento entre o poder de barganha, ora direcionado ao cliente, ora ao fornecedor, o que evita que ambas as forças sejam simultaneamente negativas para a empresa.

Com relação ao modelo de rivalidade de Furrer e Thomas (2000), sugere-se que a Vale e seus concorrentes se posicionem em um negócio onde há poucas variáveis de decisão. Usualmente, o ambiente de negócios é razoavelmente previsível, o que os situa no quadrante Teoria dos Jogos. Entretanto, em época de maior turbulência econômica, como no período iniciado no fim de 2008, o ambiente passa a ter grande imprevisibilidade em termos de demanda de minério de ferro por região consumidora, da estabilização dos níveis de produção em novos patamares, e consequentemente do preço e qualidade praticados. Nesse cenário, o papel dos estrategistas na formulação de hipóteses e previsões passa a ser crucial, sugerindo uma realocação do setor para o quadrante Dinâmicas de Sistemas, Cenários e Simulações.

Uma empresa estruturada como a Vale, com suas competências distintas decorrentes dos seus recursos e capacidades, tende a ser muito lucrativa em épocas de alta demanda, quando a força junto aos seus clientes é benigna, sem deixar de obter lucro na baixa do mercado.

5.2 VANTAGEM E ESTRATÉGIA COMPETITIVA

Como a maioria dos produtos minerais são commodities, é difícil praticar uma estratégia de diferenciação. Em alguns casos onde não há comoditização do produto, como no minério de ferro estudado, existe de fato algum nível de diferenciação que pode resultar em uma posição de negociação privilegiada, resultando em maiores volumes e preços. Assim, o processo mais comum é a busca pela liderança em custo.

O principal recurso identificado na adoção dessa estratégia é a reserva de minério, cujos teores, mineralogia e volumes têm influência direta no custo de produção, e em conjunto com a localização geográfica são difíceis de imitar. A importância da infraestrutura de unidades industriais e equipamentos não é tão relevante, já que esse conhecimento e tecnologia são dominados pelo mercado e disponíveis a qualquer empresa.

A principal capacidade é a competência do corpo técnico e gerencial na execução dos processos operacionais, em particular considerando-se o empirismo praticado no setor. Se por um lado essa competência não documentada dificulta a replicação, parte dessa experiência pode ser transferida através da contratação de pessoal qualificado pelos concorrentes.

5.3 A CADEIA DE VALOR DE PORTER E A CADEIA DE VALOR MINERAL

O levantamento exploratório indicou boa integração das atividades secundárias da cadeia de valor, principalmente através de sistemas ERP abrangendo funções de Finanças, Recursos Humanos e Suprimentos.

Já nas atividades primárias, ou na cadeia de valor mineral, a influência dos sistemas ERP foi limitada, concentrada na área de Manutenção. Particularmente nas atividades de Operações da cadeia de valor de Porter, ou nas atividades de Preparação, Lavra e Beneficiamento da cadeia de valor mineral, predominaram diversos sistemas dedicados, com pouca ou nenhuma integração.

De forma positiva, foi constatada uma alta integração dos sistemas de manutenção – sejam módulos do ERP ou sistemas “melhor-da-classe” – ao ERP e a maior adoção dos módulos de vendas e distribuição, igualmente integrados.

A Figura 38 ilustra como os sistemas ERP e os legados e dedicados cobrem a cadeia de valor na Vale:

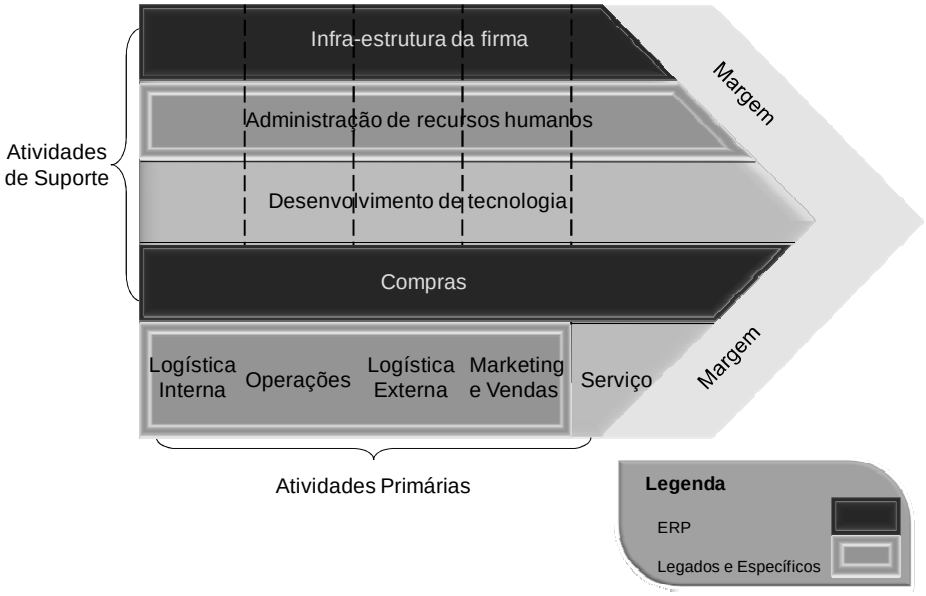

Figura 38 – Posicionamento dos sistemas da Vale na Cadeia de Valor

No caso específico da Vale, identificou-se uma integração muito reduzida no ERP até mesmo nas atividades secundárias, uma vez que a função de Recursos Humanos não é desempenhada pelo ERP, mas sim por um sistema dedicado de mercado e legados.

Nas atividades primárias, ou seja, na cadeia de valor mineral, foram identificados diversos sistemas dedicados voltados às atividades fim do negócio, suportando o processo produtivo. A Figura 39 abaixo ilustra como esses sistemas se posicionam dentro da cadeira de valor mineral.

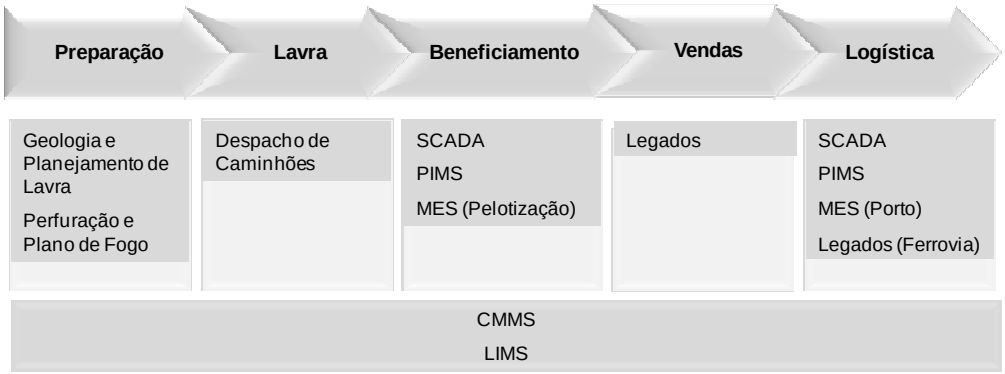

Figura 39 – Posicionamento dos Sistemas Dedicados da Vale na Cadeia de Valor Mineral

Dentro da cadeia de valor mineral não se verificou nenhuma integração por parte dos sistemas de TI e constatou-se baixa integração entre os sistemas de TA, caracterizada por alguma transferência automática de dados entre distintos aplicativos. Pela complementaridade das suas funções, ao longo da cadeia, esses sistemas seriam passíveis de integração entre si e com o ERP, gerando sinergia ao negócio.

5.4 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO NEGÓCIO

5.4.1 Alinhamento Estratégico

A Vale adota a perspectiva de Execução da Estratégia (Luftman et al., 1993; Henderson e Venkatraman, 1993), onde a estratégia de negócio da empresa define a infraestrutura e processos organizacionais. A TI atua como instrumento de implementação e não como facilitador da inovação, não afetando assim as estratégias da organização. Essa perspectiva parece ser dominante na mineração.

O processo de alinhamento estratégico da TI aproxima-se do modelo de Chan et al. (1997), onde a estratégia dos negócios alimenta a estratégia de TI, resultando em um alinhamento que suporta o desempenho dos negócios através da efetividade da TI.

Os planos de negócios da empresa direcionam a TI para suportar esse negócio, o que configura a etapa de Integração Sequencial (Teo e King, 1997). Alinhado com esse conceito, além de a TI da Vale conhecer o negócio, esse conhecimento é intensificado com a participação dos usuários finais no comitê de planejamento de TI.

5.4.2 Eficiência e Eficácia dos Sistemas de TI / TA

Conforme já discutido, o foco histórico da Vale tem sido na busca de maior eficiência dos seus sistemas, mais voltados à gestão das áreas e atividades administrativas, isto é, as atividades de suporte da cadeia de valor, do que às áreas fim do negócio, ou seja, as atividades primárias.

Com a pressão para se obterem melhores resultados do negócio, passou-se a exigir das áreas de tecnologia que contribuam mais intensamente com esses objetivos estratégicos. Isso tem sido feito na Vale através do estreitamento das relações entre usuários e tecnologia visando maior alinhamento estratégico.

Essa situação é consistente com o posicionamento da TI no quadrante “Mudança de Foco”, buscando atingir o quadrante “Éden” a partir de novos projetos mais alinhados com as áreas fim. Entretanto, para que esse objetivo seja atingido,

será necessário que a TI se incursione mais nas atividades primárias, ou na cadeia de valor mineral, que efetivamente geram valor à empresa.

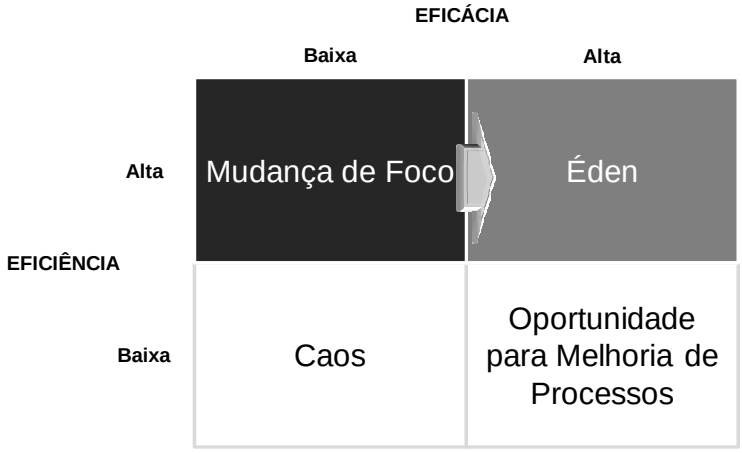

Figura 40 – Posicionamento da TI da Vale

Igualmente é adequado o posicionamento da TA em “Oportunidades para Melhorias de Processos”, isto é, com foco ajustado aos objetivos de maior eficácia do negócio, também visando atingir o quadrante “Éden”.

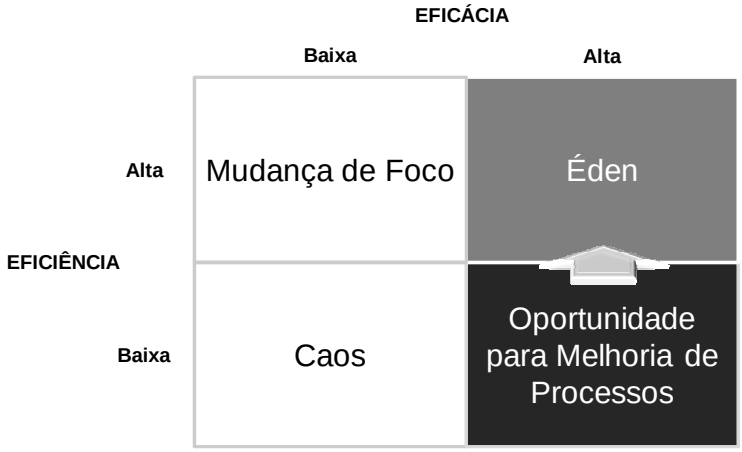

Figura 41 – Posicionamento da TA da Vale

A Rio Tinto posiciona-se igualmente no quadrante “Mudança de Foco”, buscando a partir de novas tecnologias e iniciativas buscar o quadrante “Éden”

5.4.3 Importância Relativa da TI para a Empresa

Acredita-se que tanto a TI quanto a TA da Vale posicionam-se no quadrante Suporte do *grid* de impacto estratégico da TI (McFarlan, 1984; Nolan e McFarlan, 2005), onde a TI tem pequena influência nas estratégias atuais e futuras de empresa, e há poucas exigências tanto em confiabilidade quanto em sistemas estratégicos. Conforme foi explicitado pela área de Operações, a indisponibilidade de sistemas prejudica porém não paralisa o negócio, o que corrobora a posição da TI e não respalda a posição da TA como estando no quadrante “Fábrica”.

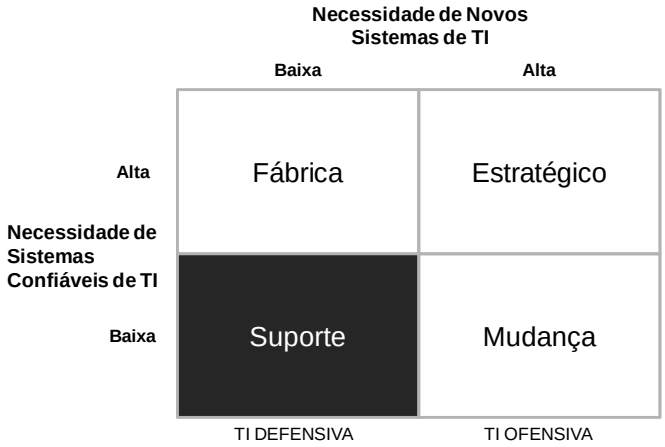

Figura 42 – Posicionamento da Vale na Grade do Impacto Estratégico de TI

Essa posição de Suporte foi igualmente identificada na Rio Tinto, onde se implementaram redundâncias nos sistemas mais críticos e há planos de contingência no caso de desastres, como a paralisação do Centro Operacional que controla várias atividades da cadeia de valor mineral. Essa contingência envolve transportar por via aérea os operadores remotos para as minas, retomando a operação manual. Da mesma forma, seria reduzida a produção e os custos aumentariam, mas os negócios não seriam paralisados.

Já quanto à matriz de Intensidade de Informação (Porter e Millar, 1985) a posição da Vale é mais alinhada ao quadrante de baixo conteúdo de tecnologia tanto em seus produtos quanto em seus processos. Embora a TA visualize sua posição no quadrante onde os processos industriais têm alto conteúdo de tecnologia, esse novo posicionamento poderá ser mais claro quando novas tecnologias como robotização, sensoriamento remoto e realidade virtual forem implementadas.

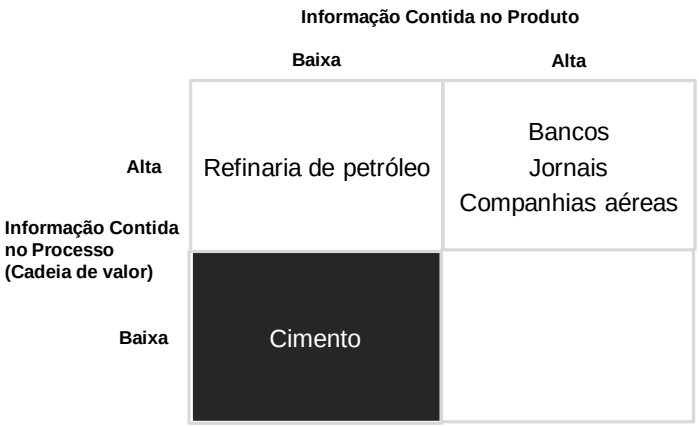

Figura 43 – Posicionamento da Vale na Matriz de Intensidade de Informação de Porter e Millar

5.4.4 Influência dos Sistemas ERP no Negócio

5.4.4.1 Módulos Implementados

Segue na Tabela 10 uma comparação entre os módulos identificados no levantamento exploratório de 2003, que foi repetido em 2009:

2003		2009	
FREQUÊNCIA	**MÓDULO**	**FREQUÊNCIA**	**MÓDULO**
100%	Finanças	100%	Finanças
100%	Suprimentos	100%	Suprimentos
80%	Manutenção	91%	Manutenção
60%	Recursos Humanos	73%	Recursos Humanos
		45%	Vendas e Distribuição
		27%	Produção

Tabela 10 – Comparativo entre Módulos do ERP Implementados

Constata-se que houve sensível evolução entre os módulos instalados, destacando-se aqueles dedicados às atividades primárias da cadeia de valor, como Manutenção, Vendas e Distribuição, e Produção.

A melhor utilização da função Manutenção é totalmente alinhada a uma das principais características da indústria mineral, que é a alta disponibilidade dos seus ativos.

O surgimento de módulos de Produção implementados denota maior interesse das empresas no gerenciamento integrado dessa função. Entretanto, não se identificaram nos provedores ERP adotados funções que atendessem a contento aos requisitos da produção em uma mineradora, resultando na utilização bastante limitada do módulo para transferência de dados de produção para o ERP, ou então na necessidade de customizações.

Laurindo e Mesquita (2000) observaram que em muitos casos a adoção de sistemas ERP restringe-se a módulos voltados à parte corporativa da empresa, deixando de lado a produção, fato este comprovado no levantamento exploratório de 2003. Entretanto, esse movimento de ampliar a utilização de módulos de manutenção e iniciar, ainda que de modo incipiente, a aplicação do ERP na área de produção, indica que esse é um caminho a ser buscado pelas empresas mineradoras e pelos fornecedores de sistemas.

5.4.4.2 Fatores Motivadores para a Adoção de um ERP

Os principais fatores motivadores identificados (integração de diversas unidades de negócios; substituição de sistemas legados; simplificação e padronização de sistemas) estão perfeitamente alinhados à proposta do ERP de substituir sistemas legados por sistemas abrangentes, padronizados, contendo melhores práticas de negócios, impondo sua própria lógica à empresa, e proporcionando integração entre diversos módulos através de uma base de dados

central (Corrêa, Gianesi e Caon, 1997; Davenport, 1998; Wood Jr., 1999; Mabert, Soni e Venkataramanan, 2001; Zwicker e Souza, 2003).

É interessante comparar as respostas obtidas com o trabalho de Mabert et al. (2000): há coincidência entre três dos quatro principais fatores. Entretanto, o terceiro fator em importância identificado por aqueles autores foi “melhorar a interação e comunicação com clientes e fornecedores”, que teve importância bem menor neste atual levantamento. Esse fator foi substituído exatamente pelo mais importante item identificado nesta tese, “integração de diversas unidades de negócios”.

Pode-se entender essas discrepâncias através da análise da cadeia de valor, onde a interdependência entre a empresa, seus fornecedores e clientes parece ser mais forte na manufatura. Já em uma empresa mineradora, muitas vezes com unidades de negócios remotas de difícil gestão corporativa, o ERP parece ser uma poderosa ferramenta de integração interunidades.

Essa relativa aderência entre as duas pesquisas é ainda mais interessante ao se considerar que o trabalho de Mabert et al. (2000) compilou 479 respostas, contra apenas 11 do levantamento exploratório aqui efetuado.

5.4.4.3 Estratégia de Seleção e implementação do ERP

Quase a totalidade dos respondentes buscou obter máxima integração, e consequentemente maiores benefícios, através de um único pacote ERP, ou de um pacote ERP integrado a sistemas “melhor-da-classe”.

Comparando-se novamente as respostas aqui obtidas com o trabalho de Mabert et al. (2000), há coincidência entre os dois principais fatores (“pacote único ERP” e “pacote único ERP integrado a outros sistemas melhor-da-classe”), porém invertendo-se a ordem.

5.4.4.4 Satisfação da Empresa com o ERP

Verificou-se em geral alta satisfação com o sistema ERP, já que nove entre as onze empresas pesquisadas repetiriam o processo ou aumentariam o escopo. Nenhuma empresa sinalizou uma redução do escopo ou não aprovação de um projeto ERP. Destaca-se, entretanto, que a Vale alteraria a estratégia e escopo, possivelmente em função das dificuldades encontradas e da necessidade de reorientar o projeto ERP.

5.4.4.5 Benefícios Identificados

Para facilitar a comparação, foram destacados os benefícios do primeiro quartil em importância obtidos no levantamento exploratório de 2003 e na atualização do levantamento exploratório de 2009. Os mesmos são apresentados nas Tabelas 11 e 12 abaixo:

ORDEM	%	QUESTÃO
1	100%	Aumento da produtividade das pessoas
2	90%	Dados únicos e consistentes, menor número de erros
3	90%	Eliminação ou menor número de reentrada de dados
4	90%	Redução do ciclo financeiro-contábil
5	80%	Melhor coordenação interdepartamental e interlocalidades
6	80%	Acesso fácil e imediato às informações

Tabela 11 – Classificação dos Benefícios em 2003, 1º Quartil

ORDEM	%	QUESTÃO
1	86%	Dados únicos e consistentes, menor número de erros
2	77%	Eliminação ou menor número de reentradas de dados
3	77%	Redução do ciclo financeiro-contábil
4	77%	Melhor coordenação interdepartamental e interlocalidades
5	77%	Acesso fácil e imediato às informações
6	77%	Implementação de novos ou melhores processos de negócios

Tabela 12 – Classificação dos Benefícios em 2009, 1º Quartil

Constata-se que, ao longo do tempo decorrido, cinco entre os principais benefícios foram mantidos.

O principal benefício identificado no primeiro levantamento exploratório de 2003, “aumento da produtividade das pessoas”, deixou de constar no primeiro quartil dos resultados de 2009, porém ainda tem considerável importância ao constar em sétimo lugar. É provável que a redução da importância desse benefício seja decorrente da maturidade dos sistemas, onde um forte aumento de produtividade inicialmente percebido acomodou-se em outro patamar.

O benefício que passou a constar no primeiro quartil foi “implementação de novos ou melhores processos de negócios”, que parece ser decorrente do aprimoramento dos sistemas ERP e da sua capacidade em identificar e disponibilizar aos seus usuários as melhores práticas de negócios, o que confirma a afirmação de Zwicker e Souza (2003).

A maior parte dos benefícios identificados, em particular os mais significativos situados no primeiro quartil dos levantamentos exploratórios, pareceu bem mais associada ao aumento da eficiência dos processos internos da empresa do que com o aumento da eficácia do negócio. Destaca-se negativamente o fato de que o benefício menos citado foi “maior lucro”, talvez o que melhor represente a eficácia empresarial, que foi o menos citado na atualização do levantamento exploratório.

6 RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES

Os principais objetivos desse trabalho foram estudar a aderência e aplicabilidade dos softwares integrados de gestão, com foco nos sistemas ERP, às necessidades funcionais da cadeia de valor e da cadeia de valor mineral (CVM); estudar a vantagem e estratégia competitiva de empresas de mineração, identificando como a estratégia de TI (Tecnologia da Informação) está ou não alinhada à estratégia corporativa; e identificar os demais softwares utilizados pela indústria, posicionando-os na cadeia de valor mineral.

Além disso, propôs-se sugerir como a utilização mais eficaz da TI pode auxiliar no alcance dos objetivos corporativos de empresas mineradoras.

6.1 ERP

Com relação aos sistemas ERP, constatou-se que houve sensível evolução desde os levantamentos exploratórios iniciais realizados em 2003. Inicialmente focados em Finanças, Suprimentos e Recursos Humanos e em menor intensidade na Manutenção, constatou-se ao longo desses anos o crescimento das aplicações na área de Manutenção e o aumento do interesse em Vendas e Distribuição e até mesmo em Produção. Esse aumento do escopo do ERP das atividades de suporte da cadeia de valor para abranger também parte das atividades primárias denota a maior preocupação das empresas com as atividades fim dos seus negócios.

Apesar disso, os benefícios identificados decorrentes da implementação do ERP ainda não refletiram esse novo direcionamento, uma vez que mantiveram sua predominância na eficiência dos processos internos da empresa e pouco contribuindo para a obtenção de maior eficácia do negócio. Como principal evidência, os cinco principais benefícios mencionados na atualização do estudo exploratório realizada em 2009 (dados únicos e consistentes, com menor número de

erros; eliminação ou menor número de reentrada de dados; redução do ciclo financeiro-contábil; melhor coordenação dos trabalhos interdepartamentais e interlocalidades; acesso fácil e imediato às informações) parecem estar muito mais alinhados à arquitetura tecnológica do ERP – módulos aplicativos integrados rodando em uma única base de dados não redundantes – do que à incorporação das melhores práticas de negócios.

Aparentemente, a principal limitação do ERP na geração de maior eficácia operacional encontra-se na sua deficiência em atender aos requisitos de planejamento e de produção da indústria mineral. Se, por exemplo, na manufatura essa função é coberta com sucesso por módulos que evoluíram dos sistemas MRP e MRP II, na mineração não se verificou a existência de módulos que atendam adequadamente a essas áreas funcionais.

Até mesmo na siderurgia, considerada um segmento similar à mineração dentro das indústrias de processo, foram identificados benefícios na gestão da produção, porém mais ligados aos processos de obtenção de produtos finais da laminação. Esse tipo de produção tem algumas características da indústria de manufatura, como especificações distintas que requerem tempos de mudança ou de preparo de máquinas para a fabricação de produtos segundo planos de venda ou contra pedidos de clientes, não configurando processos contínuos como os da mineração.

A limitação das funções Planejamento e Produção do ERP indicam que o conceito mais adequado para a mineração seria o do EAM (Enterprise Asset Management), com foco na gestão e manutenção de ativos e na compra de suprimentos para MRO (*maintenance, repair and overhaul*), os quais respondem por 20% a 50% dos custos de produção. Independentemente de ser adotada uma abordagem de pacote único ou integração com um "*best-of-breed*", acredita-se que o EAM terá mais recursos para facilitar o alcance dos objetivos relacionados ao maior retorno sobre os ativos, típicos da mineração.

Em particular na Vale, caso houvesse uma decisão de implementar um ERP ou EAM totalmente integrado em substituição à situação atual, é possível que se

obtivessem benefícios similares aos identificados no estudo exploratório em outras mineradoras, isto é, com predominância da eficiência sobre a eficácia.

Pela limitada contribuição do ERP no resultado final da empresa, permanece a questão de um projeto de dezenas de milhões de dólares resultar ou não em um ROI atrativo para a empresa.

6.2 ESTRATÉGIA CORPORATIVA E DE TI

Não há dúvida que a estratégia competitiva que predomina na mineração é a busca pela liderança em custo, em função das dificuldades em diferenciar produtos e serviços já discutidas.

Uma vez que os custos operacionais de uma indústria intensiva em capital, como a mineração, estão diretamente associados à utilização dos seus ativos, os principais indicadores chave de desempenho (disponibilidade física dos equipamentos; utilização dos equipamentos; OEE, toneladas embarcadas e faturadas de minério; custo por tonelada de minério) estão associados à utilização, desempenho e qualidade operacional dos equipamentos.

Assim, como esses indicadores são primordiais para que a mineradora atinja os objetivos definidos pela sua estratégia corporativa, é imperativo que a estratégia de TI se alinhe à corporativa visando disponibilizar com rapidez e precisão esses indicadores aos usuários, facilitando a tomada de decisão e possibilitando efetiva gestão e controle dos processos produtivos. O planejamento estratégico conjunto seguindo os modelos de Chan ou de Teo e King poderá contribuir muito para esse alinhamento. Um comitê de planejamento de capacidades de TI, como o adotado pela Vale, onde se discute como a TI pode auxiliar no cumprimento das metas estratégicas, é um bom caminho para operacionalizar esse alinhamento.

Uma limitação identificada foi o ainda relativo distanciamento entre a TI e as atividades fim do negócio. Por ter sido historicamente subordinada à organização

administrativa ou financeira, a TI acabou sendo de alguma maneira direcionada pelas prioridades dessas áreas, distanciando-se das operações e das atividades primárias como um todo. Muitas vezes, há a percepção equivocada de que a TI é um simples provedor de sistemas administrativos e de recursos de infraestrutura, como comunicações e email, estando consideravelmente afastada das áreas operacionais.

Como contraponto a essa situação, verificou-se nesse trabalho um maior alinhamento da TI com a área corporativa, embora essa maior cooperação entre TI e usuários ainda seja dificultada pela falta de cultura empresarial em se considerar a TI como componente chave no processo corporativo, e pela ausência de sistemas que realmente possibilitem a gestão integrada da cadeia de suprimentos.

O posicionamento da TI como de baixo impacto estratégico nos modelos de McFarlan, Nolan e McFarlan e de Porter e Millar indica que a sua contribuição na formulação e implementação das estratégias de negócios é limitada, porém pode colaborar decisivamente para que os objetivos estratégicos sejam alcançados.

É interessante observar que Vale e Rio Tinto, embora tenham estratégia corporativa e posicionamento da TI semelhantes, adotaram estratégia e infraestrutura de TI distintas, principalmente no tocante ao ERP. Entretanto, as duas empresas são extremamente bem sucedidas nos seus negócios, independentemente das estratégias de TI escolhidas. Pode-se entender que isso ocorra em função da limitação da TI em colaborar efetivamente no alcance dos objetivos empresariais, particularmente se comparada à importância dos recursos e capacidades da empresa.

Isso sugere que não existem modelos ou estratégias únicos para a indústria, mas sim que decisões distintas de TI podem igualmente levar ao alcance de objetivos corporativos similares.

6.3 RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Seria interessante ampliar a pesquisa efetuada, que poderia ser quantitativa com a inclusão de pequenas e médias empresas mineradoras. Poderiam ainda ser incluídas outras empresas, ainda que de menor porte que a Vale, de modo a verificar se as conclusões do estudo de caso efetuado se mantêm.

Considerando-se a efetiva contribuição dos sistemas ERP nas atividades secundárias e suas grandes limitações nas atividades primárias em uma mineradora, sugere-se que se pesquisem novas formas de integração dos sistemas, hoje distintos, que cobrem a cadeia de valor mineral. Estes devem ainda ser integrados aos sistemas de gestão, que passariam então a efetivamente possibilitar a gestão de todo o processo empresarial dentro do conceito TEI (*Total Enterprise Integration*).

Visando facilitar a visibilidade e gestão de todo um empreendimento mineral, apresenta-se na Figura 44 abaixo proposta de sistemas integrados denominada TIME (*Total Integrated Mining Enterprise*).

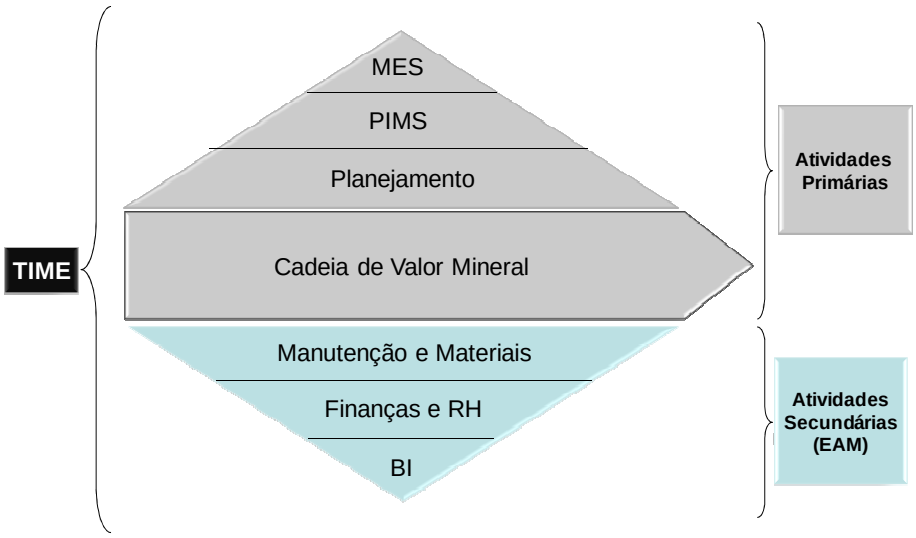

Figura 44 – Proposta de Sistemas Integrados na Mineração
(TIME, *Total Integrated Mining Enterprise*)

A premissa adotada é que todos os dados operacionais disponibilizados pela cadeia de valor mineral sejam arquivados em uma base de dados central, de forma

análoga ao ERP. Os sistemas que poderiam desempenhar essa tarefa são os que têm função de gerenciamento de dados históricos, como os PIMS (*Production Information Management System*), os quais deveriam armazenar todos os dados disponíveis.

Já esses dados consolidados poderiam ser disponibilizados aos gestores como indicadores intuitivos através de um sistema MES (*Manufacturing Execution System*).

A combinação PIMS e MES teria uma função análoga aos sistemas ERP/EAM e BI (*Business Intelligence*), sendo que o BI teria foco nos indicadores empresariais, predominantemente financeiros, e o MES nos operacionais.

Outra deficiência da mineração parece ser decorrente da adoção do sistema *push*, ou produção para estoque, o que dificulta a retroalimentação dos dados de vendas e de logística aos sistemas de produção. A consequência disso é o nível elevado de estoque de produtos finais e a necessidade de serem executadas operações de manuseio e remanejamento de produtos intermediários e finais, aumentando os custos e reduzindo a capacidade e produtividade. Dessa forma, também deveria ser estudado o desenvolvimento de um novo conceito para o sistema de planejamento, produção, vendas e distribuição, visando obter maior eficácia operacional. Esse sistema poderia mudar o paradigma vigente de *push* para *pull*, isto é, produção orientada pela demanda.

Esse sistema integrado de planejamento, produção e vendas combinaria todos os fluxos de dados e de produção ao longo da cadeia de valor mineral, em tempo real. No caso do minério de ferro, por exemplo, a demanda (por produto, tonelagem e qualidade) definida pelas necessidades de um embarque marítimo, em uma determinada data, seria sucessivamente retroalimentada nos sistemas de ferrovia, usina de beneficiamento e lavra, de modo que houvesse total coordenação entre todas as atividades da cadeia de suprimentos, da mina ao porto. A partir da necessidade de produção da mina, seria definida a programação de lavra visando produzir o *blending* adequado de minério com o menor custo possível de produção.

A programação deveria restringir-se às áreas definidas no plano de curto prazo, assegurando a viabilidade da mina a longo prazo.

Em função da enorme quantidade de variáveis e do ciclo de vários dias ou semanas ao longo de toda a cadeia de valor mineral, tecnologias como otimização, simulação e inteligência artificial poderiam ser empregadas para facilitar a operação de todo o sistema no seu ponto ótimo. Os planos de produção otimizados, definidos por esses sistemas integrados, poderiam ser disponibilizados aos usuários através de tecnologias de realidade virtual, facilitando a visualização e compreensão de todo o ciclo e a interação com o sistema para proceder a ajustes.

O sistema em tempo real possibilitaria que alterações das condições operacionais (como disponibilidade de equipamentos de mina, usina de beneficiamento, trens, equipamentos do porto; condições operacionais do processo; condições climáticas, etc.) fossem instantaneamente consideradas pelo sistema, que sempre operaria no seu ponto ótimo a cada momento do ciclo de produção.

A lavra realizada poderia atualizar o modelo de blocos da mina em tempo real, tanto em qualidade do minério lavrado quanto à topografia final, e eventuais discrepâncias entre a qualidade prevista pelo planejamento de lavra e a realizada pela produção indicaria áreas que deveriam ser mais bem estudadas e detalhadas pela geologia e planejamento.

Com um sistema integrado, o gerenciamento de toda a cadeia de suprimentos pode ser facilitado, aumentando produtividade e qualidade, e possibilitando a tomada de ações corretivas prontamente quando a operação estiver fora do plano ou orçamento.

Com a melhor sintonia entre oferta e demanda verificada em um modelo *pull* e a gestão integrada de toda a cadeia de valor mineral, considera-se que a empresa poderá reduzir seus estoques, melhorar o tempo de atendimento aos clientes e reduzir o ciclo de produção e entregas. Terá condições reais de aumentar produtividade e reduzir custos, resultando em maior lucro, através da utilização dos seus ativos de maneira mais eficaz.

REFERÊNCIAS

ALBERTÃO, S.E. **ERP: Sistemas de Gestão Empresarial:** metodologia para avaliação, seleção e implantação: para pequenas e médias empresas. São Paulo: Iglu, 2001. 102 p.

AMIT, R.; SCHOEMAKER, P.J.H. Strategic assets and organizational rent. **Strategic Management Journal**, v. 14, n. 1, p. 33-46, Jan. 1993.

ARC ADVISORY GROUP. Enterprise Asset Management Market to Exceed $2 Billion. 20 May 2009. Disponível em http://www.supplychainbrain.com. Acesso em 18 jun. 2009.

AZEVEDO, R.C. **Modelo de Gerenciamento de Informações na Cadeia de Valor Mineral e de Petróleo**. 2007. 208 p. Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

BAETS, W. Aligning information systems with business strategy. **Journal of Strategic Information Systems**, v. 1, n. 4, p. 205-213. Sep. 1992.

BARNEY, J. Firm resources and sustained competitive advantage. **Journal of Management**, v. 17, n. 1, p. 99-120. Mar. 1991.

BRASIL MINERAL. São Paulo: Signus Editora, n. 274, jun. 2008. 178 p. Edição especial.

CAMPBELL, J.D.; REYES-PICKNELL, J.V. **Uptime:** strategies for excellence in maintenance management. New York: Productivity Press, 2006. 357 p.

CARDOSO, D.; SILVA NETO, M.C.; SOUZA, A.A. Administração da Produção através do Sistema de Gestão Integrada SAP R/3: O Caso da Siderúrgica Belgo Mineira. In: XIX ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1999, Rio de Janeiro. **Anais**... Rio de Janeiro: ENEGEP, 1999. 1 CD-ROM.

CARDOSO, D.; SOUZA, A.A. Avaliação do SAP R/3 como Instrumento para a Gestão Financeira: um Estudo de Caso no Setor Siderúrgico Brasileiro. In: XXXVII

Assembléia do Conselho Latino-Americano de Escolas de Administração, 2002, Porto Alegre, RS. **Anais**... Porto Alegre: CLADEA, 2002. 1 CD-ROM.

CARVALHO, M.M.; LAURINDO, F. J. B. **Estratégia Competitiva**: dos conceitos à implementação. São Paulo: Atlas, 2007. 227 p.

CASH, J.I.; KONSYNSKI, B.R. IS redraws competitive boundaries. **Harvard Business Review**, v. 63, n. 2, p. 134-142. Mar./Apr. 1985.

CHAN, Y.E. et al. Business strategic orientation, information systems strategic orientation, and strategic alignment. **Information Systems Research**, v. 8, n. 2, p. 125-150, June 1997.

CHAN, Y.E.; REICH, B.H. IT alignment: what have we learned? **Journal of Information Technology**, v. 22, p. 297-315, 2007.

CHOU, D.C.; TRIPURAMALLU, H.B.; CHOU, A.Y. BI and ERP Integration. **Information Management & Computer Security**, v. 13, n. 5, p. 340-349, 2005.

CLEMENTI, S. **O modelo GSS-COBITIL para gerenciamento de suporte de serviços de tecnologia da informação**. 2007. 186 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

COLANGELO FILHO, L. **Implantação de Sistemas ERP**: um enfoque de longo prazo. São Paulo: Atlas, 2001. 191 p.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION. **Controlling mines from a distance**. Disponível em http://www.csiro.au/science/Mine-control.html. Acesso em 16 jul. 2009.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION **Earthmatters Magazine**, n. 19, Mar./Apr. 2009. Disponível em http://www.csiro.au/resources/earthmatters.html. Acesso em 16 jul. 2009.

CORRÊA, H.; GIANESI, I.G.N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção**: MRP II / ERP: conceitos, uso e implantação. São Paulo: Atlas, 1997. 361 p.

DAVENPORT, T.H. Putting the Enterprise into the Enterprise System. **Harvard Business Review**, v. 76, n. 4, p. 121-131, July/Aug.1998.

DAVENPORT, T.H.; BROOKS, J.D. Enterprise systems and the supply chain. **Journal of Enterprise Information Management**, v. 17, n. 1, p. 8-19, 2004.

DESCHAMPS, J.P.; NAYAK, P.R. **Lessons From Product Juggernauts**. Prism, Arthur D. Little, ed. 2, 1993. Disponível em http://www.adl.com/prism.html. Acesso em 27 jun. 2009.

DESSUREAULT, S. **Tactical Underground Mine Management**. 2001. 322 p. Thesis (Doctor of Philosophy). Department of Mining and Mineral Processing Engineering, The University of British Columbia. British Columbia, Dec. 2001.

DEUEL, A.C. The benefits of a manufacturing execution system for plantwide automation. **ISA Transactions**, n. 33, p. 113-124, 1994.

DONOVAN, J.J. Beyond chief information officer to network manager. **Harvard Business Review**, v. 66, n. 5, p. 134-140, Sept./Oct. 1988.

ELBASHIR, M.; COLLIER, P.A.; DAVERN, M.J. Measuring the effects of business intelligence systems: the relationship between business process and organizational performance. **International Journal of Accounting Information Systems**, n. 9, p. 135-153, 2008.

ELBASHIR, M.; WILLIAMS, S. BI Impact: the assimilation of Business Intelligence into Core Business Processes. **Business Intelligence Journal**, v. 12 n. 4, p. 45-54, Fourth Quarter 2007.

ERP RIP? The Economist. London, 24 Jun. 1999.

EVERETT, J.E. Computer aids for production systems management in iron ore mining. **Int. J. Production Economics**, n. 110, p. 213–223, 2007.

FONZI, D.; SHAH, M. Operational Excellence in the Process Industries: driving performance through real-time visibility. Aberdeen Group, Sept. 2008. Disponível em http://www.aberdeen.com. Acesso em 19 mai. 2009.

FURRER, O.; THOMAS, H. The Rivalry Matrix: understanding rivalry and competitive dynamics. **European Management Journal**, v. 18, n. 6, p. 619-637, Dec. 2000.

GALBRAITH, J.R.; KAZANJIAN, R.K. **Strategy implementation**: structure, systems and processes. St. Paul: West, 1986. 187 p.

GATTIKER, T.F.; GOODHUE, D.L. Understanding the local-level costs and benefits of ERP through organizational information processing theory. **Information & Management**, n. 41, p. 431-443, 2004.

GEISHEKER, L. ERP vs. best-of-breed. **Strategic Finance**, v. 80, n.9, p. 62-67, Mar. 1999.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

GODOY, A.S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, mar./abr. 1995.

HEIZER, J.; RENDER, B. **Operations Management**. 6th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001. 916 p.

HENDERSON, J.C.; VENKATRAMAN, N. Understanding Strategic Alignment. **Business Quarterly**, v. 55, n. 3, p. 72-77, Winter 1991.

HENDERSON, J.C.; VENKATRAMAN, N. Strategic Alignment: Leveraging Information Technology for Transforming Organizations. **IBM Systems Journal**, v. 32, n. 1, p. 4-16, 1993.

HICKS, D.A.; STECKE, K.E. The ERP maze: Enterprise resource planning and other production and inventory control software. **Industrial Engineer**, v. 27, n. 8, p.12-16, Aug. 1995.

HUNTON, J.E.; LIPPINCOTT, B.; RECK, J.L. Enterprise resource planning systems: comparing firm performance of adopters and nonadopters. **International Journal of Accounting Information Systems**, v. 4, p. 165-184, 2003.

IBM. Service Oriented Architecture — SOA. Disponível em http://www-01.ibm.com/software/solutions/soa/library.html. Acesso em 17 jun. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Estatísticas da mineração no Brasil**. Belo Horizonte: IBRAM. Disponível em www.ibram.org.br. Acesso em 29 maio 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA. **The steel industry in the World**. Rio de Janeiro: IBS. Disponível em http://www.acobrasil.org.br. Acesso em 3 jun. 2009.

IT GOVERNANCE INSTITUTE. **Enterprise Value: governance of IT Investments**: getting started with value management. Disponível em http://www.itgi.org/Template.cfm?Section=COBIT6&Template=/ContentManagement/ContentDisplay.cfm&ContentFileID=18927. Acesso em 30 maio 2009.

JACOBS, F.R.; WESTON JR., F.C. Enterprise resource planning (ERP): A brief history. **Journal of Operations Management**, n. 25, p. 357-363, 2007.

KARNANI, A.; WERNERFELT, B. Research Note and Communication Multiple Point Competition. **Strategic Management Journal**, v. 6, n. 1, p. 87-96, Jan./Mar. 1985.

KEARNS, G.S.; LEDERER, A.L. A Resource-Based View of Strategic IT Alignment: how knowledge sharing creates competitive advantage. **Decision Sciences**, v. 34, n. 1; p. 1-29, Winter 2003.

KUMAR, K.; VAN HILLEGERSBERG, J. ERP Experiences and Evolution. **Communications of the ACM**, v. 43, n. 4, p. 22-26, Apr. 2000.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2003. 311 p.

LANGENWALTER, G.A. **Enterprise resources planning and beyond**: integrating your entire organization. Boca Raton: St. Lucie Press, the APICS series, 2000. 390 p.

LAUDON, K.C.; LAUDON, J. **Sistemas de Informações Gerenciais**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 7ª ed., 2008. 480 p.

LAURINDO, F.J.B. **Tecnologia da Informação**: eficácia nas organizações. São Paulo: Futura, 2002. 247 p.

LAURINDO, F.J.B.; MESQUITA, M.A. Material Requirements Planning: 25 anos de história; uma revisão do passado e prospecção do futuro. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v. 7, n. 3, p. 320-337, dez. 2000.

LAURINDO, F.J.B.; PESSÔA, M.S.P. Sistemas Integrados de Gestão. In: AMATO NETO, J. (Org.). **Manufatura classe mundial**: conceitos, estratégias e aplicações. São Paulo: Atlas, 2001. p.114-130.

LIGHT, B.; HOLLAND, C.P.; WILLS, K. ERP and best of breed: a comparative analysis. **Business Process Management Journal**, v. 7, n. 3, p. 216-224, 2001.

LUFTMAN, J. N.; BRIER, T. Achieving and sustaining business-IT alignment. **California Management Review**, v. 42, n. 1, p. 109-122, Fall 1999.

LUFTMAN, J.N.; LEWIS, P.R.; OLDACH, S.H. Transforming the Enterprise: The Alignment of Business and Information Technology Strategies. **IBM Systems Journal**, v. 32, n. 1, p. 198-221, 1993.

MABERT, V.A.; SONI, A; VENKATARAMANAN, M.A. Enterprise Resource Planning survey of U.S. manufacturing firms. **Production and Inventory Management Journal**, v. 41; n. 2; p. 52-58, Second Quarter 2000.

MABERT, V.A.; SONI, A; VENKATARAMANAN, M.A. Enterprise Resources Planning: Common Myths Versus Evolving Reality. **Business Horizons**, p. 69-76, May/June 2001.

MADDEN, C. Mine of the Future. **ScienceNetwork WA**, Disponível em http://www.sciencewa.net.au, 28 Feb. 2008. Acesso em 19 maio 2009.

MASTRELA, R. **Interação do software de mineração com sistemas ERP: estudo de caso Mineração Catalão, município de Ouvidor, Goiás**. 2003. 91 p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MCFARLAN, F.W. Information Technology Changes The Way You Compete. **Harvard Business Review**, v. 62, n. 3, p. 98-103, May/June 1984.

MEDEIROS JR., A.; SHIMIZU, T. Proposal of a Multi-Criteria Model for ERP Strategic and Operational Evaluation. ICPR Americas' Region 2006, 3rd International Conference on Production Research, Curitiba, 2006. **ICPR-AM06 Program**. Curitiba:

PUCPR, 2006. Disponível em http://www.produtronica.pucpr.br/icpr-am06. Acesso em 13 jun. 2009.

MENDES, J.V.; ESCRIVÃO FILHO, E. Sistemas Integrados de Gestão (ERP) em Pequenas Empresas: um confronto entre o referencial teórico e a prática empresarial. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v. 9, n. 3, p. 277-296, dez. 2002.

MICROSOFT. SOA and Business Process. Disponível em www.microsoft.com/soa. Acesso em 17 jun. 2009.

MIGUEL, P.A.C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Revista Produção**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 216-229, jan./abr. 2007.

MIKLOVIC, D. **ERP and EAM**, or Square Pegs in Round Holes. Tactical Guidelines, TG-05-9220, Research Note, Gartner Group, 22 Oct. 1998.

MURPHY, J.V. ERP or Best-of-Breed? the question is the same, but the answer may not be. **Global Logistics & Supply Chain Strategies**, p. 70-74, Dec. 2008.

NICOLAU, I. **O Conceito da Estratégia**. Lisboa: INDEG/ISCTE (Instituto para o Desenvolvimento da Gestão Empresarial do Instituto Universitário de Lisboa), Working Paper 01-01, p. 1-17, set. 2001. Disponível em http://pcc5301.pcc.usp.br. Acesso em 28 jun. 2009.

NOLAN, R.; MCFARLAN, F.W. Information technology and the board of directors. **Harvard Business Review**, n. 83, v. 10, p. 96-103, Oct. 2005.

PESLAK, A.R. Enterprise resource planning success: an exploratory study of the financial executive perspective. **Industrial Management & Data Systems**, v. 106, n. 9, p. 1288-1303, 2006.

PORTER, M.E. **Competitive Strategy**: techniques for analyzing industries and competitors. New York: Macmillan, 1980a. 396 p.

PORTER, M.E. How competitive forces shape strategy. **The McKinsey Quarterly**, p. 34-50, Spring 1980b.

PORTER, M.E. **Competitive Advantage**. New York: Free Press, 1985. 557 p.

PORTER, M.E. From competitive advantage to corporate strategy. **Harvard Business Review**, v. 65, p. 43-59, May/June 1987.

PORTER, M.E. **Vantagem Competitiva**: criando e sustentando um desempenho superior. Rio de Janeiro: Campus, 1989. 512 p.

PORTER, M.E. Towards a dynamic theory of strategy. **Strategic Management Journal**, v.12, p. 95-117, Special Issue, Winter 1991.

PORTER, M.E. The five competitive forces that shape strategy. **Harvard Business Review**, Special HBR Centennial Issue, v. 86, n. 1, p. 78-93, Jan. 2008.

PORTER, M.E.; MILLAR, V. How information gives you competitive advantage. **Harvard Business Review**, v. 63, p.149-160, July/Aug. 1985.

POSTON, R.; GRABSKY, S. The impact of enterprise resource planning systems on firm performance. In: 21st International Conference on Information Systems **ICIS'00**, p. 479-493, Brisbane, Australia, Dec. 2000. Disponível em http://portal.acm.org. Acesso em 7 nov. 2003.

PRAHALAD, C.K.; HAMEL, G. The core competence of the corporation. **Harvard Business Review**, v. 68, n. 3, p. 79-92, May/June 1990.

PTAK, C.A.; SCHRAGENHEIM, E. **ERP:** tools, techniques, and applications for integrating the supply chain. Boca Raton: St. Lucie, the APICS series, 2000. 424 p.

QUELCH, J.A.; BARTLETT, C.A. **Global Marketing Management**. New Jersey: Pearson Education, Prentice Hall, 1998. 720 p.

ROSS, J.W.; BEATH, C.M.; GOODHUE, D.L. Develop long-term competitiveness through IT assets. **MIT Sloan Management Review**, v. 38, n. 1, p. 31-42, Fall 1996.

SHIMIZU, T.; CARVALHO, M.M.; LAURINDO, F.J.B. **Strategic Alignment Process and Decision Support Systems, theory and case studies**. Hershey: IRM Press, 2006. 357 p.

SIMONSSON, M.; JOHNSON, P.; WIJKSTRÖM, H. Model-based IT governance maturity assessments with COBIT. In: **Proceedings** of the European Conference of Information Systems, 2007, St. Gallen, Switzerland.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA EXTRAÇÃO DO FERRO E METAIS BÁSICOS. Relatório Anual 2008 – Minério de Ferro -. Brasília: SINFERBASE. Disponível em http://www.sinferbase.com.br/relatorios.php. Acesso em 22 maio 2009.

SOARES, A.S. A informática e a (des)centralização. **Revista de Administração de Empresas**, v. 29, n. 4, p. 83-88, out./dez. 1989.

SOUZA, C.A. **Sistemas integrados de gestão empresarial: estudos de casos de implementação de sistemas ERP**. 2000. 206 p. Dissertação. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SPROTT, D. Componentizing the enterprise application packages. **Communications of the ACM**, v. 43, n. 4, p. 63-69, Apr. 2000.

TEO, T.S.H.; KING, W.R. Integration between business planning and information systems planning: an evolutionary-contingency perspective. **Journal of Management Information Systems**, v. 14, n. 1, p. 185-214, Summer 1997.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. **Trust Fund Project on Iron Ore Information**. Mar. 2008. Disponível em http://www.unctad.org/infocomm/Iron/covmar08.htm#abstract. Acesso em: 22 maio 2009.

VALE. Iron Ore Products 2006. Disponível em http://www.vale.com/vale/templates/htm/vale/hot_sites/revista_booklet/revistas/booklet2006.pdf. Acesso em 27 maio 2009.

VERGARA, S.C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 1998. 90 p.

VISWANATHAN, N. SOA has potential to drive supply chain innovation. Informe do Aberdeen Group, 24 Feb. 2009. Disponível em http://www.supplychainbrain.com. Acesso em 17 jun. 2009.

WELCH, J.; KORDYSH, D. Seven keys to ERP success. **Strategic Finance**, v. 89, n. 3, p. 40-61, Sep. 2007.

WERNERFELT, B. A Resource-based view of the firm. **Strategic Management Journal**, v. 5, n. 2, p. 171-182, Apr./June 1984.

WILLIAMS, S.; WILLIAMS, N. **The Profit Impact of Business Intelligence.** San Francisco: Morgan Kauffmann, 2006. 218 p.

WIREMAN, T. **Computerized maintenance management systems.** New York: Industrial Press, 2004. 192 p.

WOOD JR., T. **Modas e modismos gerenciais**: o caso dos sistemas integrados de gestão. São Paulo: Série de Relatórios de Pesquisa NPP/FGV, 1999. (Relatório 16/1999), 79 p. Disponível em http://www.eaesp.fgvsp.br. Acesso em 17 jan. 2004.

YIN, R.K. **Estudo de Caso:** Planejamento e Métodos. Tradução de Daniel Grassi. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 205 p.

ZWICKER, R.; SOUZA, C.A. Sistemas ERP: conceituação, ciclo de vida e estudos de caso comparados. In: SOUZA, C.A.; SACCOL, A.Z. (Org.). **Sistemas ERP no Brasil**: teoria e casos. São Paulo: Atlas, 2003, p. 63-87.