

Universidade Federal da Paraíba

Centro de Ciências e Tecnologia

Coordenação de Pós-Graduação em Informática

**Modelagem de Sistemas de Informação para Apoio à Tomada
de Decisão**

Ronaldo Martins Nascimento Frazão

Campina Grande

Abril - 1994

Ronaldo Martins Nascimento Frazão

**Modelagem de Sistemas de Informação para Apoio à Tomada
de Decisão**

Dissertação apresentada à Coordenação de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal da Paraíba como exigência parcial para a obtenção do Grau de Mestre.

Área de Concentração: Ciência da Computação

Prof. Jacques Philippe Sauvé, PhD

Orientador

Prof. José Antão Beltrão Moura, PhD

Co-Orientador

Campina Grande

Abril - 1994



F848m Frazão, Ronaldo Martins Nascimento.
Modelagem de sistemas de informação para apoio à tomada de decisão / Ronaldo Martins Nascimento Frazão. - Campina Grande, 1994.
104 f.

Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1994.
Referências.
"Orientação : Prof. Dr. Jacques Phillippe Sauvé, Prof. Dr. José Antão Beltrão Moura".

1. Modelagem. 2. Tecnologia da Informação. 3. Sistema de Identificação. 4. Dissertação - Informática. I. Sauvé, Jacques Phillippe. II. Moura, José Antão Beltrão. III. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). IV. Título

CDU 004.7(043)

Modelagem de Sistemas de Informação para Apoio à Tomada de Decisão.

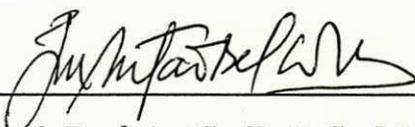
Ronaldo Martins Nascimento Frazão

Dissertação aprovada em 18 / 04 / 94



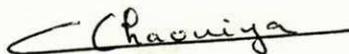
Prof. Jacques Philippe Sauvé, PhD

Orientador



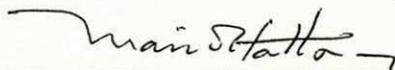
Prof. José Antão Beltrão Moura, PhD

Co-Orientador



Prof. Claudine Chaouiya, DSc

Componente da Banca



Prof. Mario Toyaro Hattori, MSc

Componente da Banca

Campina Grande

Abril - 1994

Ao Gil, meu amado filho.

Agradecimentos.

Aninha, Dona Terezinha, Vera, Virgínia, Inez, Josenilda, Romildo, Manoelzinho, Maggy, Eliane, Josenilda, Alberto, Nicolaas, Lilian, Zeneide, Graça, Claudio, Fábio, Arnaldo, Dona Josefa, Toninho, Crisóstomo,

obrigado pela convivência e pela resposta ao trabalho que dei a muitos de vocês.

Professores Bruno, Hattori, Fátima, Evilson, Eduardo, Joberto, Ulrich, Peter, Robertinho, Giuseppe, Bernardo, Hélio, Hamurabi, Wanderley, Edilson, Fátima Turnell, Izabel Cabral, Giozza, Marcondes Clark, Berto

obrigado. cada um de vocês me ensinou à sua maneira.

Professor Antão,

obrigado pelo convite para a jornada no universo da tecnologia.

Professor Jacques,

que surpresa nos reserva a tecnologia? obrigado pelas desafios que se seguiram... e obrigado também por Mozart.

Professor Patrício,

Obrigado sobretudo pela fraternal amizade.

Fernandinho, Érico, Walfredo, Soninha, Lauro, Luiz, Lilian, Cláudio Pará, Leonidas, Akemi, Araripe, Edjair, Gedeon, Tojal, Ricardo, Celso, Barbacena, Claudio, Beth, Eliane,

Com todos vocês vivi a alegria da juventude da academia,

De muitos me tornei um amigo,

A todos dedico o meu mais profundo carinho.

Marília minha mulher,

dizer obrigado será sempre pouco. E além do mais não se diz obrigado a quem se ama. Diz-se te amo. Mesmo assim, obrigado pelo teu apoio sempre firme e silencioso.

Minha mãe Edenir,

Sem o seu esforço e de papai (vivo em minha memória) na luta para garantir nossa educação eu não teria chegado até aqui.

do Ronaldo Frazão

Índice.

1. Introdução.

- 1.1. A motivação do trabalho.
- 1.2. A importância do trabalho.
- 1.3. Objetivos do trabalho.
- 1.4. Revisão bibliográfica.
- 1.5. Organização do trabalho.

2. O Processo de Seleção de Tecnologia.

- 2.1. Considerações sobre os processos atuais de seleção de tecnologia da informação.
- 2.2. Uma proposta de molde para o processo de seleção de tecnologia da informação.

3. Modelagem do Sistema de Informação.

- 3.1 O sistema de informação e a tomada de decisão.
 - 3.1.1. A compreensão da informação.
 - 3.1.2. A informação, a gerência e a tomada de decisão.
 - 3.1.3. A compreensão do sistema de informação.
- 3.2. Caracterização do sistema de informação.
 - 3.2.1. As questões que se apresentam na tomada de decisão.
 - 3.2.2. Características do sistema de informação.
- 3.3. As medidas de interesse.
 - 3.3.1. As premissas da modelagem.
 - 3.3.2. A quantidade de informação.
 - 3.3.3. O atraso na disseminação da informação.
- 3.4. O modelo de interesse do sistema de informação.
 - 3.4.1. Definição dos parâmetros do modelo.
 - 3.4.2. Definição do modelo.

4. Um Estudo de Caso.

- 4.1. O modelo para a avaliação.
- 4.2. A estrutura organizacional, o sistema de informação e o cenário de avaliação considerados.
- 4.3. O cenário ficcional para a avaliação do modelo.
- 4.4. Os resultados obtidos com o modelo.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros.

- 5.1. Resumo do trabalho desenvolvido.
- 5.2. Uma avaliação crítica do modelo.
- 5.3. Contribuições do trabalho.
- 5.4. Sugestões para trabalhos futuros.
- 5.5. Conclusão.

Bibliografia.

Lista de Figuras.

1. O Consumo de Recursos e a Configuração da Tecnologia.
2. A Seleção e o Dimensionamento da Tecnologia.
3. Um Molde para o Processo de Seleção de Tecnologia.
4. Informação Decisão e Ação.
5. A Organização e o Meio Ambiente.
6. A Fonte de Perturbação, a Tomada de Decisão e a Ação.
7. A Informação na Malha de Tomada de Decisão.
8. A Informação no Nodo da Malha de Tomada de Decisão.
9. A informação do Meio Ambiente: unit step.
10. O Comportamento da Quantidade de Informação
11. A curva sob a Quantidade de Informação
12. Estudo de Caso. A Estrutura Organizacional.
13. Estudo de Caso. O Sistema de Informação Simplificado.
14. Estudo de Caso. Cenário: Um cliente altera as especificações de um pedido que se encontra em produção.

Lista de Tabelas.

- 1.** O Lançamento de Microprocessadores no Mercado.
- 2.** Resumo das Características das Informações.
- 3.** Volatilidade das Informações Armazenadas nos Nodos.
- 4.** Caracterização do Atraso no Canal.
- 5.** Caracterização da Organização do Nodo.
- 6.** Caracterização dos Recursos do Nodo.
- 7.** Caracterização da Situação Inicial do Cenário de Análise da Cult Metais Ltda.
- 8.** Caracterização da Primeira Alteração do Cenário de Análise da Cult Metais Ltda.
- 9.** Caracterização da Segunda Alteração do Cenário de Análise da Cult Metais Ltda.
- 10.** Áreas sob as curvas da Quantidade de Informação.

Lista de Gráficos

1. Situação Inicial: Divisão de Marketing.
2. Primeira Alteração: Divisão de Marketing.
3. Situação Inicial: Divisão de Produção.
4. Primeira Alteração: Divisão de Produção.
5. Segunda Alteração: Divisão de Produção.

Modelagem de Sistemas de Informação para Apoio à Tomada de Decisão

Resumo

Sem metodologias que considerem a complexidade da realidade atual do mercado de tecnologia da informação, as empresas enfrentam dificuldades em escolher os melhores caminhos na seleção de soluções para o emprego e uso dos recursos da tecnologia da informação. Este trabalho se insere em uma linha de pesquisa que tem entre seus objetivos a formalização do processo de seleção de tecnologia da informação através da construção e solução de modelos formais de avaliação das tecnologias da informação. Esta dissertação contempla um modelo de sistemas de informação onde se considera como medida de interesse a quantidade de informação que o sistema de informação dispõe para a tomada de decisão.

Modelagem de Sistemas de Informação para Apoio à Tomada de Decisão

Abstract

The absence of comprehensive, market-aware methodologies that consider the complexity of the information technology market, creates a hard problem for selecting the best alternatives in information technology. The underlying principles of this work are concerned with the development of formal models to guide the information technology selection process. In particular, this dissertation models information systems considering as the measure of interest the quantity of information delivered by the information system for decision making.

**Modelagem de Sistemas de Informação para Apoio à Tomada
de Decisão**

1. Introdução.

A concorrência em todos os setores da economia atingiu nos últimos anos uma nova dimensão. Com a expansão do modelo de economia de mercado, em consequência da imposição dos princípios do neo-liberalismo, caem as barreiras ao livre comércio e consolida-se a internacionalização dos mercados. Como resultado, para algumas organizações a conquista de mercado em nível mundial pode ser fundamental à sobrevivência de seus negócios.

O lançamento de produtos de boa qualidade, no momento determinado por um mercado de escala mundial, tornou-se fundamental para o sucesso das organizações. Verifica-se por outro lado que o tempo disponível para o lançamento de novos produtos torna-se mais curto, exigindo das empresas uma aceleração dos processos de tomada de decisão. Neste contexto, a luta pela conquista de fatias de um mercado altamente competitivo exige a melhoria da qualidade das tomadas de decisão.

Como, ao mesmo tempo, acelerar e melhorar a qualidade da tomada de decisão?

A resposta a esta questão pode ser a tecnologia da informação.

1.1. A motivação do trabalho.

Este trabalho foi motivado pela constatação de que o emprego da tecnologia da informação possibilite acelerar e melhorar os processos de tomada de decisão, de forma a permitir atender ao *time to market*¹ do mercado. A expressão em inglês *time to market* significa o intervalo de tempo disponível entre a concepção e o lançamento de um novo produto no mercado.

¹ Neste documento as expressões serão usadas em sua língua de origem quando a correspondente em português não for de ampla e reconhecida aceitação.

A evolução do mercado de alguns produtos mostra a constante diminuição do *time to market* e confirma a necessidade de aceleração e melhoria dos processos de tomada de decisão.

Para avaliar os cenários de alguns produtos no mercado, o tempo de permanência do produto no mercado será tomado como medida de interesse. Este tempo é mais fácil de identificar e permite analisar o comportamento do *time to market*.

O exemplo da indústria automobilística.

No setor de manufatura, a indústria automobilística é um caso singular porque não se pode falar em "revolução tecnológica" como ocorreu em tantos outros setores.

Na essência os automóveis continuam, desde 1909 quando foi lançado o modelo T da Ford, a ter quatro rodas, um sistema de suspensão e direção, um sistema motomecânico e uma carroceria. Além disso, continuam a ser fabricados utilizando o mesmo processo produtivo - em série - da época do "Ford de Bigode". Observa-se porém, que o tempo entre o lançamento de um modelo e o de seu substituto diminuiu com o passar dos anos.

A empresa de consultoria americana Ernest & Young publicou um estudo sobre o setor [apud Exame.93] revelando dados preocupantes sobre o futuro da indústria. A maioria dos 240 executivos de cinco montadoras e de 150 fornecedores de autopeças entrevistados estima que:

" O tempo gasto nos processos industriais, no desenvolvimento de novos produtos e nos processos decisórios deverá encolher " (o grifo é nosso).

Responder a estas exigências tornou-se para as montadoras uma questão de sobrevivência.

Um exemplo no mercado dos serviços.

Da invenção do telefone por Alexander Graham Bell em 1876 até a introdução das centrais de comutação digital nos anos 70, ou seja, por quase 100 anos, os serviços oferecidos pelas

companhias de telefonia em todo mundo resumiam-se à interligação de dois aparelhos telefônicos e à transmissão das conversações então estabelecidas.

Até recentemente os únicos serviços oferecidos pelas operadoras de telefonia eram, o auxílio da telefonista, o serviço de comunicação interurbana e internacional, o serviço de despertador, e outros poucos mais. Na prática, estes serviços podem ser enquadrados nos dois tipos citados no parágrafo anterior: interligação de dois aparelhos telefônicos e transmissão das conversações estabelecidas.

Com a introdução das centrais de comutação digital, explode em quantidade os serviços oferecidos pelas operadoras. Nos Estados Unidos onde os serviços de telefonia são privados e funcionam em regime de acirrada concorrência, pode-se constatar o contínuo oferecimento de novos serviços, com o duplo objetivo de aumentar o faturamento e conquistar novos usuários.

Verifica-se neste caso de prestação de serviços, que a introdução de uma nova tecnologia no setor diminuiu o tempo de lançamento de novos produtos, tanto para o atendimento da demanda como para a conquista de novos mercados.

A indústria de informática.

Este é um mercado em constante evolução, onde são frequentes os lançamentos de produtos que incorporam novas tecnologias. O *time to market* deste segmento é um dos mais reduzidos.

Da tabela 1 que mostra as datas de lançamento de alguns processadores no mercado, pode-se extrair um aumento na velocidade de aparecimento de novos produtos, e observa-se que o *time to market* tornou-se mais crítico a partir do aparecimento dos microprocessadores no mercado. Na realidade o *time to market* do setor é ainda menor que o mostrado na tabela. Para cada microprocessador lançado no mercado, a gama de modelos inclui casos que podem ser identificados como um novo tipo de microprocessador.

Microprocessadores		
Modelos da Intel	Ano de lançamento	Intervalo em anos entre lançamentos de novos produtos.
8.008	1.972	-
8.080	1.974	2
8.088	1.979	5
80.286	1.982	3
80.386	1.985	3
80.486DX	1.989	3
80.486DX2	1.992	3
Pentium	1.993	1

Fonte: Jornal do Brasil, 08/03/94

Tabela 1.

O lançamento de microprocessadores no mercado.

Em resumo, pelas indicações dos exemplos descritos, pode-se concluir que há uma diminuição constante do tempo disponível para a concepção, desenvolvimento e lançamento de um novo produto, indicando a necessidade de aceleração e melhoria da qualidade das tomadas de decisão.

1.2. A importância do trabalho.

O ambiente atual de extrema concorrência, a escala mundial dos mercados e a diminuição do tempo disponível para o desenvolvimento e lançamento de novos produtos ou serviços - o *time to market* - exige dos produtores agilidade e capacidade de adaptação a situações que afetam o seu planejamento. Perder o *time to market* pode ser desastroso para os negócios.

Para responder às mudanças é necessária a disponibilidade de informação no tempo certo e no local correto. A informação é um bem fundamental para o futuro dos negócios e os recursos da tecnologia da informação podem ser considerados indispensáveis para o sucesso de qualquer empreendimento que pretenda sobreviver dentro do novo contexto da economia mundial.

A tecnologia da informação quando aplicada e utilizada de forma correta pode contribuir de forma efetiva para melhorar a disponibilidade da informação. Porém, uma distribuição pura e simples de recursos de tecnologia da informação na estrutura das organizações não produz a melhoria esperada nos processos decisórios e nem nos processos administrativos. As declarações de Michael Earl, Diretor do *Oxford Institute of Information Management*, publicadas em Abril de 1989 na revista *Management Today*: [apud Gray.91] comprovam a afirmação:

" Existem duas coisas que a maioria dos executivos "senior" sabe a respeito da tecnologia da informação. A primeira é que ela é muito cara. E a segunda é que ela nunca funciona. "

As considerações sobre a complexidade da realidade do mercado e sobre os métodos e técnicas utilizados para seleção, dimensionamento, emprego e uso das tecnologias da informação nas organizações, motivaram os objetivos da linha de pesquisa que engloba os desta dissertação.

O mercado de informática é muito dinâmico e verifica-se uma acirrada disputa a partir da oferta de tecnologias concorrentes. A não existência de um líder óbvio, seja do ponto de vista das tecnologias propriamente ditas, seja do ponto de vista dos fornecedores destas tecnologias, completa o quadro de incertezas. Sem metodologias que considerem a complexidade da realidade atual, as empresas enfrentam dificuldades em escolher os melhores caminhos na seleção de soluções para o emprego e uso dos recursos da tecnologia da informação, e seriam beneficiadas com a oferta de um conjunto de ferramentas que suportassem o processo de tomada de decisão sobre a adoção de tecnologia da informação.

Assim sendo, pretende-se contribuir tentando a formalização do processo de seleção de tecnologia da informação através da construção e solução de modelos formais de avaliação das tecnologias da informação. Espera-se também desenvolver ferramentas de apoio ao processo de seleção de tecnologia da informação. Tais ferramentas são necessárias quando se considera as profundas incertezas que o fornecimento de tecnologias da informação tem gerado nos usuários.

Esta dissertação inicia a modelagem do sistema de informação e na sequência se tentará modelar o processo de seleção de tecnologia da informação.

1.3. Os objetivos do trabalho.

As considerações sobre alguns dos processos atuais de seleção de tecnologia da informação motivaram a inclusão neste trabalho de uma proposta nova para o processo de seleção de tecnologia da informação. Espera-se também explicitar como a modelagem do sistema de informação, se insere no contexto do processo de seleção de tecnologia da informação.

A proposta de molde do processo de seleção de tecnologia incluído como objetivo geral desta dissertação tem como base a consideração do processo de seleção da tecnologia de forma preliminar ao processo de dimensionamento da tecnologia.

Nesta modelagem o sistema de informação será entendido como o conjunto de recursos que deve suportar o tratamento e a difusão da informação, e que é portanto afetado pela tecnologia da informação adotada para o seu suporte. Da modelagem pretendida espera-se extrair métricas que caracterizem a contribuição do sistema de informação ao processo de tomada de decisão sobre adoção de tecnologia da informação, permitindo assim o entendimento da correlação entre a disponibilidade da informação e a tecnologia da informação.

Assim sendo, este trabalho tem como **objetivos gerais**:

- Propor um novo enfoque e um modelo para o processo de seleção de tecnologia.
- Caracterizar as funções de cada um dos módulos do modelo para o processo de seleção de tecnologia.

Esta dissertação pretende alcançar os seguintes **objetivos específicos**:

- Identificar as métricas que permitam caracterizar a tecnologia da informação que deve ser adotada no suporte ao sistema de informação, iniciando assim o processo de seleção da tecnologia sem considerações sobre o seu dimensionamento.
- Estabelecer um modelo para a estrutura do sistema de informação que permita analisar o comportamento das métricas de interesse ao processo de caracterização da tecnologia da informação.
- Desenvolver um modelo que permita a análise formal do comportamento do sistema de informação, e que considere a correlação entre a quantidade de informação disponível nos pontos de tomada de decisão e as opções de tecnologia da informação que apoiam o sistema de informação.
- Desenvolver um estudo de caso para avaliar o modelo definido.

1.4. Revisão bibliográfica.

Cita-se inicialmente [Nogu.86] como representativo dos métodos de especificação de tecnologia da informação que consideram suficiente para o processo a determinação da configuração da tecnologia escolhida. Os autores em sua proposta partem da identificação das necessidades de informação da empresa e definem diretamente a configuração do *hardware* a ser especificado como solução (o que no texto é denominado de requisitos). Extraído da referência, o texto a seguir exemplifica a afirmação:

" Antes de definirmos os requisitos, faremos um quadro onde apresentaremos todas as necessidades de informação, com uma estimativa, baseado (sic) no nível de atividades e na estrutura organizacional da empresa, ..., de quanto espaço, em caracteres (bytes), cada sistema deverá ocupar e qual o nível de transações. ...

Um quadro-resultado, ..., será o produto final da análise das necessidades de informações permitindo, a partir dele, definirmos os nossos requisitos (o grifo é nosso)."

Pode-se extrair desta referência que define uma metodologia para a especificação de tecnologia da informação, que o processo de seleção da tecnologia propriamente dita não foi considerado, pois nesta proposta toma-se como base o consumo de recursos de tecnologia pelos sistemas de aplicação para diretamente dimensionar a tecnologia.

Ainda no sentido de avaliar as metodologias de especificação de tecnologia da informação pode-se também citar a proposta contida em [Furl.91]. Nesta referência o autor apresenta uma metodologia para o planejamento estratégico de sistemas de informação que, após a tradicional "Análise da Situação Atual", estabelece um conjunto de soluções que incluem (segundo a terminologia empregada pelo autor): a arquitetura de dados, a arquitetura de sistemas, as estratégias gerenciais, e a arquitetura tecnológica.

Embora o autor identifique a necessidade de especificar soluções entre as opções de tecnologia (nos módulos denominados de arquitetura de sistemas e de tecnologia), não se encontra neste trabalho nenhuma referência a como deve-se desenvolver o processo de seleção de tecnologia da informação. O autor, por exemplo, discute na fase "definição da arquitetura de sistemas", as vantagens e desvantagens das soluções de processamento centralizado versus processamento distribuído, sem nenhum suporte formal às suas afirmações. Encontra-se também na referência afirmações do tipo:

" ... Os recursos tecnológicos podem ser compartilhados entre as áreas funcionais de mesma localização, tais como linhas de comunicação, de dados e equipamentos em geral (modems, unidades de controle, etc.). A arquitetura de sistemas irá definir as necessidades a priori, (sic) de forma a serem estabelecidos e implantados os recursos para suportar a implantação gradativa dos sistemas ".

As referências citadas que podem ser consideradas como representativas das publicações que apresentam metodologias para a seleção de tecnologia da informação, se caracterizam por

estabelecer preliminarmente que alguma tecnologia será empregada no suporte ao sistema de informação sem nenhuma verificação formal das consequências de sua introdução e sem que a efetividade de sua aplicação seja estabelecida.

Na pesquisa bibliográfica efetuada identificaram-se outros estudos com fundamentação teórica mais sólida e com objetivos dirigidos para o apoio à decisão sobre adoção de novas tecnologias.

Neste grupo tem-se o trabalho de Jennifer F. Reinganum do *California Institute of Technology* [Rein.81] que baseado na teoria dos jogos formaliza a avaliação da incerteza na adoção de novas tecnologias, e o trabalho de Kevin F. McCardle [McCa.85] onde se avalia que, preliminar à decisão sobre a adoção de uma nova tecnologia, a empresa deve considerar o problema da redução do risco na adoção da nova tecnologia em associação com a sua lucratividade. Em [Mame.87] encontra-se um estudo de John W. Mamer e Kevin F. McCardle, que é também baseado na teoria dos jogos e que modela a incerteza na adoção de uma nova tecnologia.

Observa-se que as referências bibliográficas citadas encontram-se em níveis de formalismo bastante diferentes. Não se identificou nenhuma referência que trate o problema da formalização do processo de seleção de tecnologia, nem do ponto de vista geral nem do ponto de vista específico da tecnologia da informação. Desta forma a pesquisa bibliográfica se concentrou na identificação de referências que tratassem especificamente da avaliação de sistema de informação (objetivo específico desta dissertação).

Como não foi localizada nenhuma referência bibliográfica que considerasse a avaliação do sistema de informação como fonte de métricas para o processo de seleção de tecnologia, a pesquisa bibliográfica se concentrou na identificação de referências sobre as metodologias para o projeto de sistemas de informação. Em [Olle.83] encontra-se uma análise das características das metodologias

para o projeto de sistemas de informação e não se encontrou em nenhuma dessas metodologias a identificação de métricas que se apresentassem como úteis a este trabalho.

Na caracterização do sistema de informação e de sua relação com a tomada de decisão identificou-se somente o trabalho de J. W. Forrester que se resume a seguir.

O apoio e a aceleração da tomada de decisão há muito preocupou J. W. Forrester, que em 1961 [Forrester.61, apud McMillan.73] já alertava sobre os problemas dos sistemas de apoio à decisão. Estes sistemas segundo o autor, reagem lentamente às mudanças das variáveis de entrada e respondem às mudanças de forma ineficiente. A principal razão deste fato encontra-se, ainda segundo o autor, na estrutura através da qual a informação é realimentada e usada no sistema - fato que se soma aos atrasos que ocorrem na transmissão da informação.

Forrester, na modelagem da estrutura do sistema no qual ocorre o processo de tomada de decisão, especifica a existência de 6 (seis) redes interconectadas e que constituem a estrutura básica de seu modelo, a saber:

- a. quatro redes nas quais fluem recursos materiais, recursos financeiros, recursos humanos e recursos de capital da empresa,
- b. uma rede de instruções ², onde fluem pedidos, requisições e contratos, e que o autor identifica como resultado de decisões que não foram tomadas em nenhuma das outras redes,
- c. uma rede de informação.

Em cada uma dessas redes o autor identifica como sendo fundamental ao processo de tomada de decisão o conhecimento sobre as quantidades de recursos disponíveis (denominadas de "níveis" pelo autor) em cada ponto da rede e as velocidades com que os recursos fluem através das redes.

² Do inglês "orders network".

Em outras palavras o estado de uma rede é definido pelas quantidades de recursos mantidos nos vários pontos do sistema. A tomada de decisão é vista desta forma como a atividade gerencial de decisão sobre os estados futuros do sistema. Ainda sobre o processo de tomada de decisão resume o autor na referência:

"A tomada de decisão é apresentada aqui como um processo contínuo. ...

Devemos ressaltar que estamos vendo o processo de tomada de decisão de uma distância bastante particular. Não estamos suficientemente próximos para nos envolvermos com o mecanismo do pensamento humano. Também não estamos próximos o suficiente para ver cada decisão em separado como comumente pensamos nas tomadas de decisões. Não podemos estar perto o bastante para conhecer quando uma pessoa, ou a ação de um grupo estabelece uma decisão. Por outro lado, não estamos distantes para não percebermos os pontos de decisão e o seus lugares no sistema. Esta distância e perspectiva é importante para os nossos propósitos. Não somos psicólogos aprofundando-se na natureza e nas fontes da personalidade e motivação, nem somos biofísicos interessados na estrutura física e lógica do cérebro. Por outro lado, não somos o acionista que está tão longe da corporação que desconhece a estrutura interna, as pressões sociais e os pontos de decisão."

1.5. Organização do Trabalho.

Considerando inicialmente os objetivos gerais deste trabalho o capítulo 2 (O processo de seleção de tecnologia) considera os problemas que se apresentam nos processos atuais e estabelece uma nova proposta de modelo para o processo de seleção de tecnologia da informação. Neste capítulo, e tanto quanto é possível a esta altura do desenvolvimento das idéias contidas na proposta, descreve-se o que se pretende obter após cada fase estabelecida para o processo de seleção de tecnologia da informação.

O capítulo 3 (Modelagem do sistema de informação) trata da modelagem do sistema de informação. Inicia-se este com as considerações sobre a informação e sua relação com a tomada de decisão. Na sequência caracteriza-se o sistema de informação com o objetivo de estabelecer como

este será entendido no contexto desta dissertação. Após a definição das medidas de interesse este capítulo se encerra com o modelo desenvolvido para o sistema de informação.

O capítulo 4 (Um estudo de caso) apresenta um estudo de caso para verificação da sensibilidade do modelo desenvolvido às mudanças de tecnologia que se procede na malha do cenário de uma empresa hipotética.

Esta dissertação se encerra no capítulo 5 (Conclusões e trabalhos futuros) com as conclusões, identificação de trabalhos futuros e revisão das contribuições.

2. O processo de seleção de tecnologia.

2.1. Considerações sobre os processos atuais de seleção de tecnologia da informação.

Como se seleciona tecnologia atualmente? O método mais difundido em publicações geralmente intituladas na forma "Como escolher...", é o da receita de bolo. Nesses métodos deve-se seguir uma série de passos para na maioria dos casos determinar diretamente a configuração da tecnologia que se quer adotar.

Em geral não se encontra nessas publicações nenhuma avaliação formal sobre a tecnologia da informação nem sobre a necessidade de sua adoção. Pressupõe-se de antemão que se vai adotar recursos de tecnologia da informação sem que nenhuma avaliação sobre a tecnologia propriamente dita seja estabelecida, e sem que seja avaliada a real necessidade de seu emprego e uso. Na maioria das vezes, as publicações desse gênero tratam de problemas bem específicos como por exemplo o da escolha de uma rede local. Não se identifica nessas receitas uma verdadeira seleção entre as tecnologias da informação disponíveis, posto que essas comumente procedem, de maneira mais simples, à escolha entre tecnologias concorrentes através da avaliação comparativa de seus recursos.

Esses algoritmos de seleção normalmente se caracterizam por ter a sua origem na experiência prática dos autores. Não se costuma encontrar nessas publicações qualquer fundamentação teórica que suporte os métodos adotados.

Um outro método bastante difundido em publicações mais especializadas é a escolha de tecnologia tendo como base a análise e o planejamento de capacidade. Também neste caso verifica-se que inexistente um processo de avaliação da tecnologia; todo o processo tem por objetivo o estabelecimento da configuração da tecnologia da informação que se vai utilizar. Esse método é

bastante aplicado na especificação de tecnologia da informação, tendo em vista que as ferramentas para a definição da configuração de equipamentos baseadas no planejamento de capacidade são suficientemente difundidos na comunidade de informática.

Convém observar que por um longo período, as técnicas referidas anteriormente - em particular a que se fundamenta no planejamento de capacidade - representavam um método razoável para a especificação de equipamentos.

Para que se possa avaliar esta afirmação, deve-se levar em consideração o cenário do mercado de informática até a segunda metade dos anos 80. Até então as únicas opções de tecnologia da informação que se dispunha - viáveis do ponto de vista da computação corporativa - eram as encontradas entre os vários modelos de um mesmo tipo de tecnologia: os *mainframes*. As redes de teleprocessamento através de terminais remotos eram praticamente a única solução para os problemas de comunicação e difusão da informação.

Nesse contexto, convém também observar as metodologias para a especificação de tecnologia da informação que eram e são utilizadas pelas grandes empresas de consultoria para projetos do porte e importância de um Plano Diretor de Informática Corporativo. Essas metodologias, de relativa simplicidade, incluem uma fase bastante significativa para o raciocínio que se desenvolve neste tópico, e que em geral recebe a denominação de "Análise de Requisitos" ¹

Nessa fase do desenvolvimento das especificações, quando se verifica um esquema de trabalho que a figura 1 tenta visualizar, determina-se inicialmente o volume de informação a ser processada. Baseado no conjunto de informações obtidas, calcula-se o consumo futuro de recursos computacionais, estabelecendo-se ao final desse processo a configuração dos equipamentos.

Em todos os casos pode-se considerar que essas metodologias assumem uma pré-seleção, não formalizada, da tecnologia da informação a ser adotada. Os resultados obtidos com tais

¹ Em inglês: *System Requirements*

procedimentos eram considerados suficientes para o objetivo ao qual se propunham, e atendiam às necessidades das organizações considerando-se as poucas opções de tecnologia que se observava no período citado. As características de simplicidade do contexto de opções de tecnologias da informação permitiu o florescimento dessas técnicas.

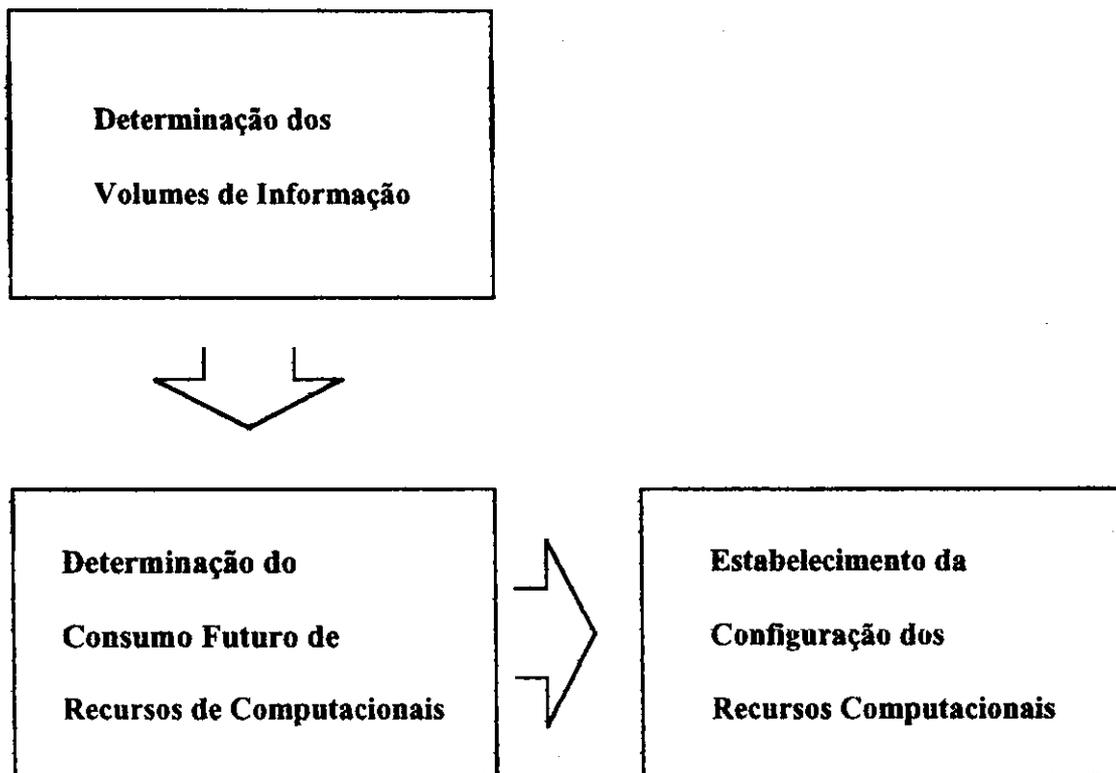


Figura 1.

O Consumo de Recursos e a Configuração da Tecnologia

Um exemplo bastante significativo desses processos pode ser identificado na metodologia **HIPO**² desenvolvida pela IBM. A metodologia explicita de forma clara, já a partir da própria sigla que a identifica, os passos mostrados na figura 1.

² *Hierarchical Input Output Processing*

Em resumo pode-se afirmar que, tanto no caso das metodologias baseadas no planejamento de capacidade quanto nas outras metodologias citadas, não existe propriamente um processo de seleção de tecnologia; a escolha da tecnologia se desenvolve informalmente ou ao mesmo tempo em que se determina a sua configuração. Em outras palavras, a escolha de uma determinada configuração de tecnologia tendo como base as técnicas referidas acima, não representa uma seleção da tecnologia, visto que, define-se preliminar e informalmente, que determinada tecnologia deverá ser adotada na organização. A seleção de tecnologia de informação e sua aplicação nas empresas, é feita por consequência, através de processos *ad hoc* de decisão. Nenhuma métrica palpável e formal é usada no processo de seleção de tecnologia da informação.

A linha de pesquisa cujo desenvolvimento se inicia com este trabalho, pretende contribuir para a melhoria do processo de decisão e tem como base a formalização da avaliação de tecnologias. Com o uso de métricas que permitam avaliar as tecnologias disponíveis, o trabalho se completará, se possível for, com a construção e solução de modelos formais e/ou ferramentas que apoiem o processo de seleção de tecnologia da informação.

Face ao estado-da-arte, considera-se que a abordagem pretendida, seja inteiramente pioneira.

2.2. Uma proposta de molde para o processo de seleção de tecnologia.

A proposta de entendimento do processo de seleção de tecnologia da informação que se encontra a seguir, estabelece um novo panorama para o problema da seleção de tecnologia da informação. O fio condutor é a idéia de que se deve estabelecer as opções de tecnologia preliminarmente à determinação de sua configuração. Propõe-se com o estabelecimento dessa

diretriz uma solução para a principal deficiência dos métodos atuais, identificada no tópico anterior como sendo a não consideração da avaliação da tecnologia da informação.

A figura 2 mostra uma visão geral do molde proposto onde se ressalta a separação entre o que se entenderá como sendo o processo de seleção de tecnologia da informação, e o processo de dimensionamento da tecnologia.

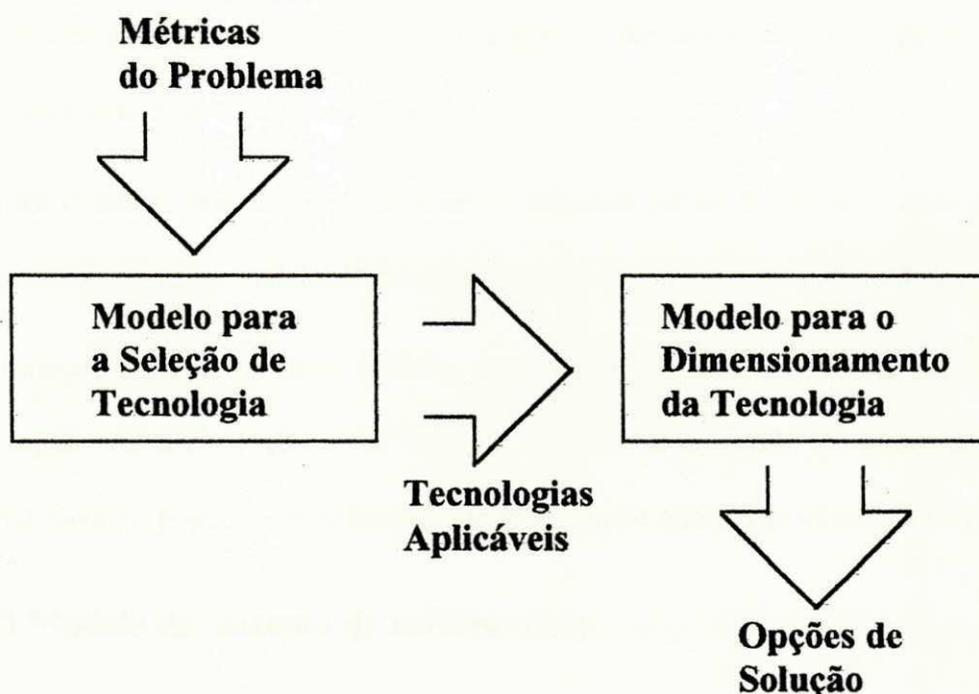


Figura 2.

A Seleção e o Dimensionamento da Tecnologia.

Nesse molde, a partir da identificação e definição das métricas para um dado problema, o processo de seleção de tecnologia consistirá em escolher as tecnologias da informação aplicáveis. Em tese, para tornar a proposta mais abrangente, pode-se supor que as características determinadas para a tecnologia aplicável não correspondam a nenhuma tecnologia existente.

A determinação da configuração exata das tecnologias aplicáveis e a verificação da sua existência no mercado que serão apresentadas como opções para o processo de tomada de decisão, se fará na fase aqui denominada de dimensionamento da tecnologia.

Na figura 3 encontra-se o molde completo proposto para o processo de seleção de tecnologia da informação. A definição dos cinco grandes grupos de modelos identificados na figura tem por objetivo:

- a. estabelecer um escopo global que sirva para o direcionamento das pesquisas a serem desenvolvidas dentro da linha definida anteriormente e,
- b. permitir o melhor entendimento de como o trabalho que se desenvolve nesta dissertação se insere no contexto global da modelagem do processo de seleção de tecnologia.

As funções de cada modelo também contêm um conjunto de novas propostas e estão descritas a seguir. As definições que se seguem, não têm a pretensão de serem exaustivas mas resumem uma nova proposta de entendimento do processo de seleção de tecnologia da informação.

1. O Modelo do Sistema de Informações.

Este módulo contempla a modelagem do sistema de informação e tem como objetivo a identificação de métricas e definição de modelos do sistema de informação que servirão de base para a modelagem do processo de seleção de tecnologia.

No modelo que se pretende definir nesta dissertação espera-se, ao final, identificar e medir a relação existente entre o comportamento do sistema de informação e a tecnologia da informação necessária a seu suporte.

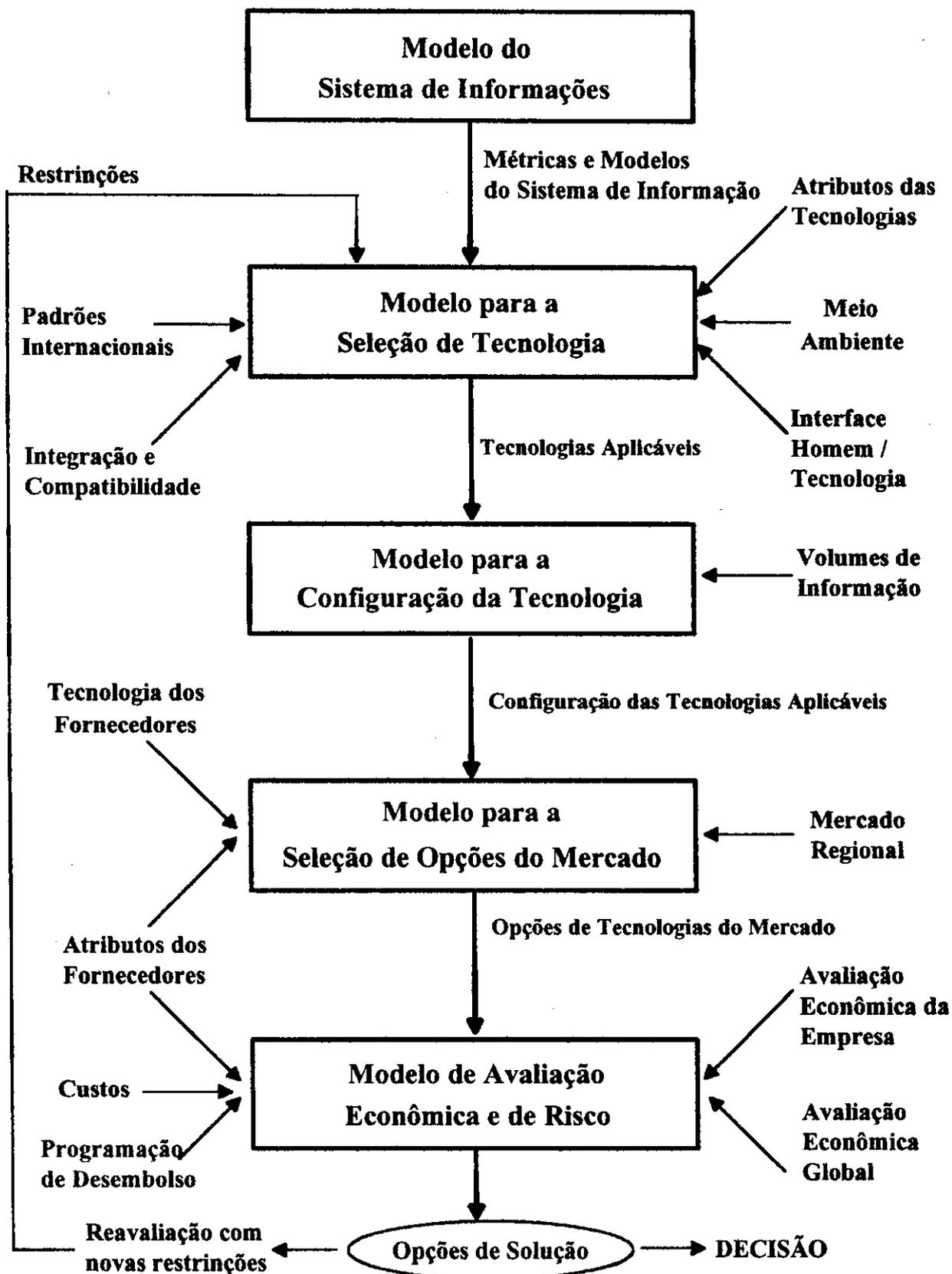


Figura 3.
Um Molde para o Processo de Seleção de Tecnologia

2. O Modelo para a Seleção de Tecnologia.

Este modelo objetiva a definição de opções sobre qual tecnologia deve ser utilizada no suporte do sistema de informação, tendo como base as métricas identificadas na fase anterior, e que devem ser otimizadas.

Neste ponto da avaliação das opções de tecnologia não interessa exatamente a definição completa da tecnologia. Deve-se ter como objetivo a determinação das características da tecnologia de forma a melhor satisfazer às necessidades identificadas. Em outras palavras, neste ponto da modelagem do processo de seleção da tecnologia o objetivo é a especificação das tecnologias aplicáveis ao problema proposto. Não se considerará para os modelos os problemas relativos à configuração da tecnologia, e as questões relativas às capacidades das tecnologias.

A definição das tecnologias aplicáveis a um determinado problema deve estabelecer os atributos da tecnologia desejável para a solução de um determinado problema sem considerar a sua existência no mercado. Este procedimento tem por objetivo desvincular a seleção da tecnologia das imposições eventuais dos fornecedores.

Espera-se definir os modelos a partir de um conjunto de métricas que considerem:

a. Fatores endógenos à tecnologia.

Nesta categoria incluem-se as informações que dizem respeito à tecnologia propriamente dita, e envolvem dados sobre os atributos de capacidade da tecnologia. Inclui-se neste conjunto informações como as relativas ao tempo de vida da tecnologia, e as restrições ao seu uso, inclusive as que possam limitar o seu uso contínuo. Deve-se também considerar as informações que dizem respeito às condições para instalação e que devem ser compatibilizadas com as condições do meio ambiente onde a tecnologia será utilizada. As

informações relativas à interface da tecnologia serão consideradas e avaliadas com relação ao perfil dos usuários.

b. Fatores exógenos à tecnologia.

Inclui-se neste grupo, aqueles fatores que não sendo característicos da própria tecnologia são determinantes para o processo de seleção. Como exemplo tem-se identificado as informações relativas à sua integração e compatibilidade com outras tecnologias. Também incluem-se neste grupo as informações relativas a sua adequação aos padrões internacionais definidos para o caso em estudo (por exemplo o Posix, OSI, ...).

c. A fonte de métricas para a modelagem do processo representada pelo sistema de informação pode ser incluída entre os fatores exógenos à tecnologia.

d. O Meio Ambiente identifica a fonte de métricas relativas às condições ambientais dos locais onde se pretende instalar a tecnologia. Um exemplo bastante representativo da necessidade e importância da consideração destes parâmetros pode ser extraído dos ambientes industriais, como o da fabricação do alumínio, onde se encontram condições ambientais em geral incompatíveis com as exigidas para a instalação de tecnologias da informação.

e. As informações referentes à Interface Homem / Tecnologia incluem dados sobre o perfil de conhecimento e treinamento dos usuários da tecnologia e que devem ser compatibilizadas com as características da interface da tecnologia.

3. O Modelo para Configuração.

Nesta proposta estabelece-se que os modelos que se incluirão neste conjunto devem suportar a definição sobre a configuração da tecnologia.

Não se descarta a possibilidade de utilização das metodologias atuais de configuração de tecnologia da informação citadas anteriormente e baseadas no planejamento de capacidade.

4. O Modelo do Mercado.

O conjunto de modelos deste grupo devem suportar a seleção entre as opções do mercado para a tecnologia selecionada.

Neste ponto, deve-se considerar as métricas das tecnologias dos fornecedores que atendam às necessidades específicas do problema a ser resolvido, e que foram determinadas anteriormente. Deve-se também considerar outras informações sobre os fornecedores e, como por exemplo as relativas ao suporte técnico para instalação e manutenção da tecnologia.

O conjunto de informações referenciados como Mercado Regional na figura 3, representa as informações sobre as tecnologias em uso na região geográfica onde se instalará a nova tecnologia. Considerar estas informações pode significar uma prevenção contra futuros problemas com a tecnologia, sobretudo do ponto de vista do suporte técnico de manutenção. A existência de vários usuários de uma mesma tecnologia aumenta naturalmente o poder de pressão dos usuários sobre os fornecedores.

5. O Modelo de Avaliação Econômica e de Risco.

Espera-se ter como resultado deste grupo de modelos a especificação das opções de tecnologia para o problema proposto. Para tanto deve-se avaliar, do ponto de vista econômico e de risco, as opções de tecnologia que foram definidas anteriormente do ponto de vista técnico; permitindo assim a tomada de decisão final sobre o processo de seleção de tecnologia.

Nesta avaliação deve-se considerar os custos da solução, aí incluídos os de instalação e manutenção, a programação de desembolso disponível para a aquisição da tecnologia e as condições financeiras oferecidas pelos fornecedores.

Deve-se também considerar a posição tecnológica, econômica e financeira do fornecedor. A análise da situação do fornecedor com relação à sua capacidade tecnológica representa a tentativa de consideração deste fator em relação à sua posição no mercado. Nem sempre a liderança no mercado apresenta-se como sólida quando se considera um cenário futuro. Um exemplo bastante significativo desta observação pode ser retirada do ocorrido com a NCR que, líder no mercado de fornecimento de caixas registradoras passou por um longo período de dificuldades a partir do aparecimento das caixas registradoras com componentes eletrônicos. Deve-se também considerar a posição econômica e financeira do fornecedor.

Esta dissertação estabelece o primeiro modelo para o sistema de informação, e investiga o comportamento da medida de interesse representada pela quantidade de informação.

Uma avaliação dos processos em andamento, indica uma preocupação limitada à troca das plataformas de equipamentos de grande porte, por soluções que se utilizam da distribuição em rede dos novos *hardware* disponíveis no mercado. Preocupação justa aliás, na medida em que esta opção tem acenado com uma promessa de diminuição considerável nos custos diretos com a manutenção dos Centros de Processamento de Dados.

O processo de melhoria da eficiência do sistema de informação entretanto não deve e não pode se esgotar com a simples troca da plataforma de *hardware*, posto que assim sendo, tem-se tão somente a troca de ferro velho por ferro novo. A simples troca do *hardware* não indica por si só um correspondente aumento na quantidade de informação disposta pelo sistema de informação, nem um aumento na velocidade com que a informação é disposta nos pontos de tomada de decisão.

A eficácia da solução por *downsizing* - tenha este processo a denominação que se queira - somente se verificará quando o conjunto, formado pela plataforma de *hardware*, pelo sistema de informação e pela estrutura organizacional de tomada de decisão na empresa, se apresente harmonicamente estruturado de forma a garantir a adaptação da companhia aos eventos que modifiquem o ambiente normal de desenvolvimento de suas atividades. Em resumo, acredita-se que a utilização dos produtos e serviços de tecnologia da informação, considerando o objetivo da melhoria das tomadas de decisão, exige um pouco mais que a simples troca de sua plataforma de *hardware* como vem ocorrendo na maioria dos processos de *downsizing* em andamento.

Na sequência deste tópico se definirá como será considerada a relação entre a informação e a tomada de decisão.

3.1.1. A compreensão da informação.

A informação será analisada a partir da identificação de alguns parâmetros que a caracterizam, e que interessam ser ressaltados para formar a base da argumentação pretendida. A tupla a seguir identifica algumas destas características:

- *Informação = (qualidade, disponibilidade, utilidade).*

Com o objetivo de simplificação sem prejuízo para a avaliação pretendida, dois dos parâmetros acima não serão considerados nesta dissertação, a saber: a qualidade e a utilidade da informação.

A qualidade da informação não será considerada tendo em vista que, mantendo este parâmetro uma relação direta com a qualidade dos processos que produzem a informação, servem mais a um modelo de avaliação destes processos que aos objetivos deste trabalho. Em outras palavras, a tomada de decisão poderá ser tão mais correta quanto melhor for a qualidade da informação disponível, o que é uma consequência direta da qualidade do processo que produz a informação, seja este um processo manual ou um contexto com tecnologia de informação.

No tocante à utilidade da informação, não considerar esta característica também não invalida o modelo a ser construído. Estabelece-se para este trabalho que, no processo de tomada de decisão ocorre intrinsecamente uma seleção entre a informação útil e aquela que deve ser descartada. Assim sendo, o parâmetro de utilidade da informação não será tratado de forma explícita.

Isto posto, resta bem estabelecer o conceito de disponibilidade da informação. Entender-se-á no contexto deste trabalho, que a informação está disponível quando o usuário pode a ela ter acesso. Embora à primeira vista, esta definição (até certo ponto recursiva) possa parecer óbvia demais para ser adotada, procura-se com sua adoção, diferenciar a existência da informação de sua

disponibilidade, visto que, a existência da informação não implica em sua disponibilidade - sendo o inverso verdadeiro. Como exemplo pode-se citar o caso da disponibilidade de um microcomputador na mesa de um empregado sem que este tenha acesso aos dados corporativos normalmente localizados no *mainframe*.

Convém observar que a confirmação da disponibilidade da informação, não explicita intrinsecamente os tipos de operações que podem ser aplicados à informação disponível. Como princípio estabelece-se a total disponibilidade da informação, ou seja, não se considerará limites a seu uso.

O conceito de disponibilidade referido no tópico anterior somente estará completo e será útil, se forem examinados os parâmetros relativos à disponibilidade da informação que interessam a este estudo. Considera-se, para efeito de estabelecimento dos limites preliminares deste trabalho, que o sistema de informação será analisado a partir da avaliação do comportamento de duas variáveis:

1. Quantidade de informação disponível nos pontos de tomada de decisão,
2. Atrasos ocorridos no sistema de informação ao dispor a informação.

Uma avaliação destas variáveis encontra-se a seguir neste documento.

3.1.2. A informação, a gerência e a tomada de decisão.

Considerar-se-á inicialmente neste trabalho que a qualidade da tomada de decisão é basicamente função da quantidade de informação disponível para o tomador de decisão. A gerência pode ser entendida como um processo contínuo de conversão da informação em ação. O processo de conversão é o que se convencionou definir como o processo de tomada de decisão.

O sucesso da gerência depende fundamentalmente da disponibilidade da informação e da forma como se processa a conversão da informação em ação. O gerente pode ser visto como um conversor ou um processador de informações, sendo a tomada de decisão uma atividade pontual na estrutura das organizações.

A informação flui através da estrutura das organizações, e do meio ambiente para as organizações, em direção aos gerentes que geram um fluxo de decisões que controlam as atividades dentro das organizações. Os gerentes não convertem diretamente em ações as informações disponíveis, gerando entretanto um fluxo de instruções e decisões que direcionam os esforços dos recursos de uma organização.

Entre os pontos da estrutura organizacional de uma empresa estabelece-se então uma rede de informação com a qual interagem os gerentes, no seu papel de tomador de decisões, e o pessoal operacional, como executores das decisões. Estabelece-se neste trabalho uma diferenciação entre os pontos de tomada de decisão e os pontos de ação dentro da estrutura das organizações. A figura 4 mostra a sequência que interliga a informação à decisão e à ação.

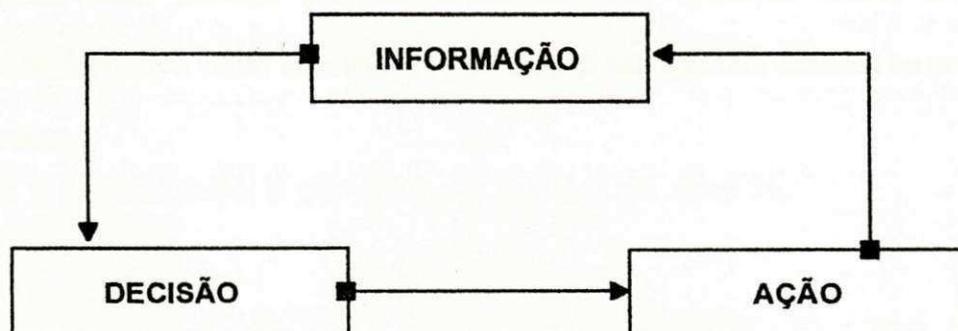


Figura 4.

Informação, Decisão e Ação.

3.1.3. A compreensão do sistema de informação.

A figura anterior ilustra uma importante característica da rede de informação dentro de uma organização. A decisão que leva ao controle sobre um processo é baseada em informações sobre o estado anterior do processo. A informação sobre o estado do sistema flui através da rede de informação até o ponto de decisão, da mesma forma que fluem as instruções decorrentes da tomada de decisão até os pontos de ação. Executadas as ações, a informação sobre o novo estado do sistema realimenta os pontos de decisão e que se processa através da rede de informação.

Define-se desta forma um *Information Feedback System*¹.

Este tipo de sistema, de acordo com Claude McMillan em [McMillan.73], possui propriedades que resultam em um comportamento do sistema que nem sempre é previsível e satisfatório. Dentre estas propriedades destacam-se: a estrutura e os atrasos.

A estrutura provém da maneira como as partes do sistema se interrelacionam. Os atrasos existem principalmente em função da necessidade da informação ser processada e transmitida através da rede de informação. Outros atrasos ocorrem no processo de tomada de decisão. O modelo proposto neste trabalho pretende estabelecer uma avaliação formal do sistema de informação considerando-o como uma rede de informação, tal como foi definida na proposta citada de J. W. Forrester.

¹ Como foi estabelecido no início deste documento usar-se-ão as expressões em sua língua de origem quando não forem conhecidas do autor expressões em português de ampla e reconhecida aceitação.

3.2. Caracterização do Sistema de Informação.

3.2.1. As questões que se apresentam na tomada de decisão.

Para caracterizar o sistema de informação deve-se considerar:

1. Que quantidade de informação o sistema de informação consegue dispor nos pontos de tomada de decisão?

Responder a esta questão supõe dar resposta à questão básica referente ao quanto de informação o sistema de informação dispõe para a tomada de decisão.

2. Com que atraso o sistema de informação dispõe a informação para a tomada de decisão?

Responde-se assim à questão referente a quando se encontra disponível a informação.

3. De que forma se dispõe a informação para a tomada de decisão?

A adoção da existência de uma rede de informação, como foi estabelecido no trabalho de J. W. Forrester, através da qual fluem as informações na estrutura das organizações, e a caracterização dos elementos que compõem a referida rede, responderão ao como se dispõe a informação.

4. Finalmente apresenta-se a questão referente ao custo da disponibilização da informação, ou seja, quanto custa dispor de informação para a tomada de decisão?

5. As questões complementares referentes ao que e ao porquê já foram respondidas na identificação da necessidade da informação para a tomada de decisão. O sistema de informação é o quem na disponibilização da informação.

Para responder a estas questões, deve-se formalizar o comportamento da informação que o sistema de informação dispõe em função da tecnologia da informação.

3.2.2. Características do sistema de informação.

Considera-se que a construção de modelos não pode prescindir da caracterização do sistema de informação e de seus elementos constituintes. Esta caracterização somente estará completa com o estabelecimento preliminar do relacionamento das organizações com o meio ambiente como mostra a figura 5.

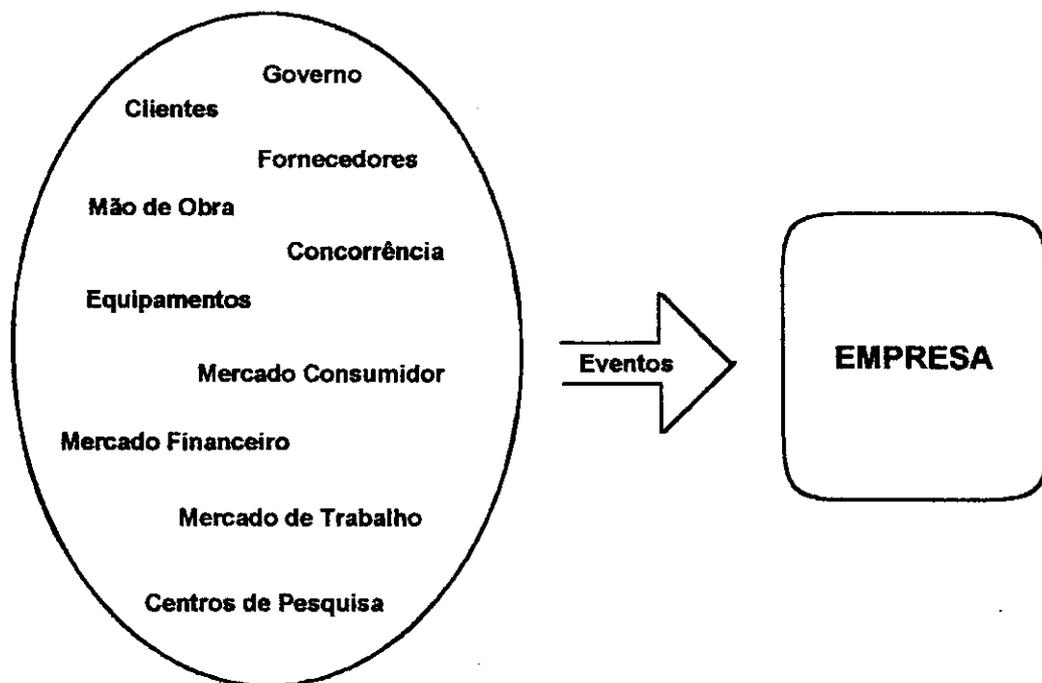


Figura 5.

A Organização e o Meio Ambiente.

Os agentes encontrados no meio ambiente (governo, clientes, etc), interagem com as organizações, e são as principais fontes dos eventos que afetam o andamento de suas atividades. Os eventos provocam a necessidade de tomadas de decisão, que direcionam as atividades das organizações de forma a estabelecer uma reação aos eventos perturbadores, e adaptam a organização a cada novo estado do meio ambiente.

A relação entre a ocorrência dos eventos perturbadores, as tomadas de decisão e de ações que se passam no interior das organizações, pode ser melhor visualizada na figura 6.

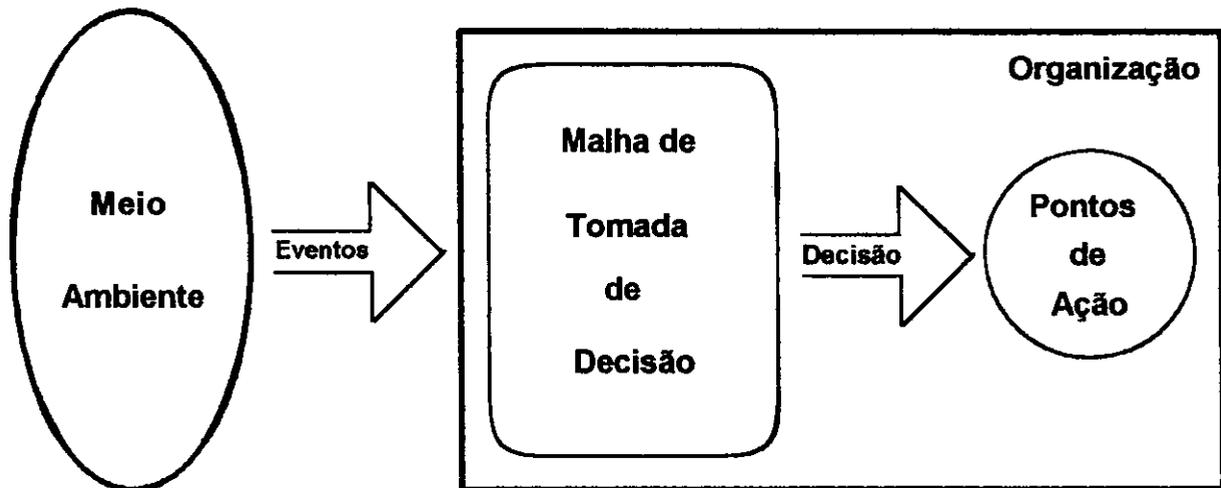


Figura 6.

A Fonte de Perturbação, a Tomada de Decisão e a Ação

Nesta figura, identifica-se uma malha de pontos da estrutura da organização, denominada aqui de Malha de Tomada de Decisão, formada pelos pontos de tomada de decisão da estrutura organizacional, e através da qual fluem as informações no interior das organizações.

As informações provenientes do meio ambiente devem percorrer a malha, sofrendo transformações em seu caminho, com o objetivo de apoiar as necessárias tomadas de decisão, e permitir a efetivação das ações que ajustam a organização ao novo estado do meio ambiente. Sem perder de vista o objetivo deste trabalho, convém estabelecer que é nesta malha que se concentrará todo o esforço deste trabalho.

Muito embora os eventos tenham sido mostrados como ocorrendo sempre a partir do meio ambiente para a empresa, estes podem ter o seu nascedouro em pontos internos da estrutura da organização. A figura 7, explicita os detalhes de uma malha hipotética de tomada de decisão.

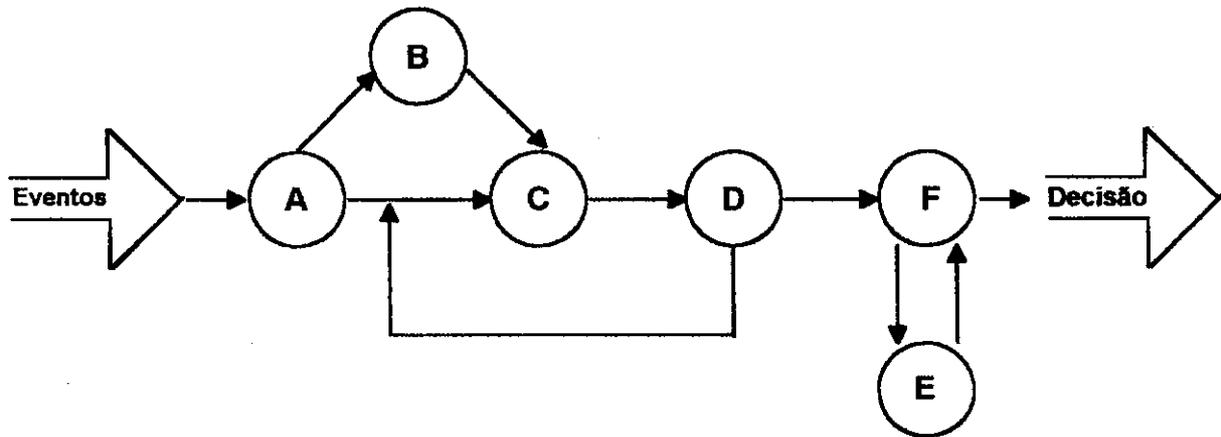


Figura 7.

A Informação na Malha de Tomada de Decisão.

A malha hipotética explicita um caminho que merece particular atenção: o que explicita uma situação de retro-alimentação de informação (do ponto "D" para o ponto "C") e caracteriza o modelo como sendo um *Information Feedback System*.

Examinados os caminhos seguidos pela informação na malha hipotética - do ponto de ocorrência de um evento até o ponto de tomada de decisão final - continua-se na formalização do sistema de informação, com a visualização do que ocorre nos nodos da malha de tomada de decisão.

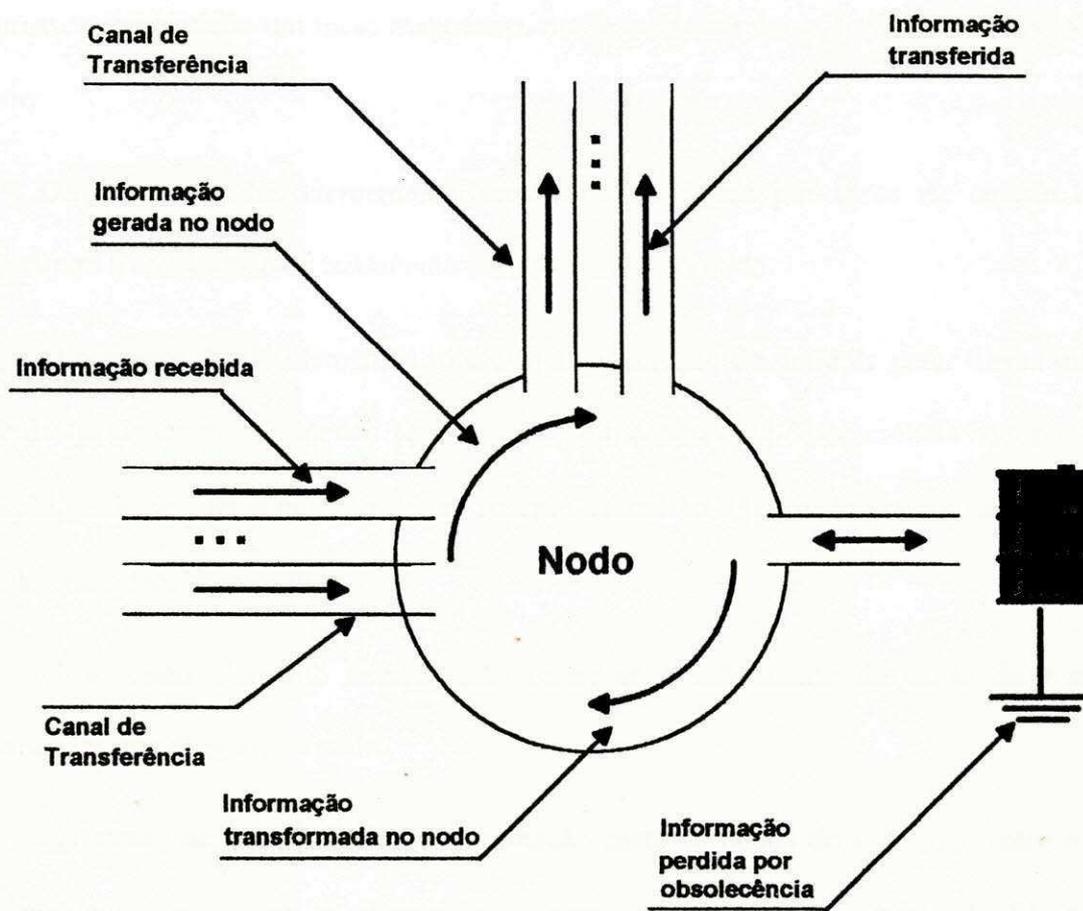


Figura 8.

A Informação no Nodo da Malha de Tomada de Decisão

A figura 8 mostra os detalhes de um nó padrão da malha de tomada de decisão onde encontram-se explicitados alguns dos elementos que formarão a base para o estudo pretendido.

O primeiro destes elementos é o depósito (representado na figura por um tambor) que dispõe o nodo para a armazenagem de informação. Nesta abstração, é no depósito que se encontram armazenadas as informações coletadas, transformadas e geradas pelos agentes no desenvolvimento de suas atividades. Deve-se anotar que o termo depósito foi cunhado e empregado com o objetivo

de destacar que o meio utilizado para a armazenagem da informação não é estabelecido de forma apriorística como sendo um meio magnético, o que, se assim fosse, limitaria o modelo que se quer definir.

Os dois segundos elementos (mostrados na figura por arcos de círculo orientados) representam a capacidade de tratamento da informação do nodo.

O primeiro destes elementos refere-se à capacidade do nodo de gerar novas informações a partir das já disponíveis; podendo ser esta geração independente da ocorrência de um evento. Como exemplo, pode-se citar a geração de um resumo executivo a partir de um conjunto de informações contido em outros documentos.

O segundo elemento estabelecido refere-se à capacidade do nodo de transformar as informações que chegam ao nodo.

Os canais de transferência de informação entre os nodos do sistema e entre o sistema e o meio ambiente, apresentam-se como os mais importantes para o que se pretende. São nestes canais, e em função de suas distribuições na malha de tomada de decisão, que se espera ocorrer os maiores atrasos na disponibilização da informação.

3.3. As medidas de interesse.

Neste ponto do desenvolvimento deste trabalho, convém resumir os tópicos anteriores com o objetivo de bem definir o interesse principal desta dissertação.

Pretende-se com este trabalho iniciar o desenvolvimento de modelos que permitam a avaliação do sistema de informação, considerando-o como o conjunto de recursos que dispõe a informação para a tomada de decisão. Para tanto apresentou-se inicialmente o entendimento de

algumas questões que se apresentam na tomada de decisão e caracterizou-se o sistema de informação e seus elementos constituintes.

A modelagem pretendida do sistema de informação deverá ser estabelecida de tal forma que considere as métricas que permitam correlacionar o sistema de informação e a tecnologia da informação. Objetiva-se com isto formalizar a contribuição do sistema de informação para a disponibilização da informação e estabelecer a relação entre a necessidade de disponibilização da informação e a tecnologia da informação.

Na sequência deste documento, estabelece-se inicialmente as premissas básicas para a modelagem do problema e identificam-se as características das métricas de interesse deste trabalho.

3.3.1. As premissas da modelagem.

Esta dissertação se fundamenta na compreensão do sistema de informação como um *Information Feedback System*. Assim sendo, como deverá ser considerado o sistema de informação de uma organização? Ou seja, que distância do observador deve ser adotada para a elaboração dos modelos?

Considerar-se-à, parte das definições de J. W. Forrester, principalmente no tocante à existência de uma rede de informação, conforme descrição que se encontra no capítulo anterior. Descarta-se desde já a visão do sistema de informação enquanto um gerador de informação correta, válida, ou quaisquer outros adjetivos que estabeleçam uma avaliação do parâmetro da qualidade da informação. Assim sendo, pressupõe-se como corretos os processos de geração das informações que atendam às necessidades dos processos de tomada de decisão.

A abstração da realidade que será o ponto de partida para a modelagem será o entendimento do sistema de informação como uma rede de comunicação com M canais (que representam os

canais de comunicação entre os pontos da estrutura de uma organização) e N nodos representando os pontos da estrutura da organização onde se processam as tomadas de decisão. Em outras palavras, o sistema de informação será modelado a partir de uma abstração que mantém as características essenciais da realidade encontrada nas organizações.

Deve-se ressaltar que neste ponto da modelagem não há interesse na avaliação de medidas que especifiquem a configuração da tecnologia que suportará o sistema de informação. Como exemplo, não interessa ao estudo as questões relativas às capacidades de processamento nos nodos, nem as relativas às capacidades de transferência de informação através dos canais da malha.

Convém lembrar que o objetivo do modelo é a identificação de uma métrica que caracterize o sistema de informação e que permita correlacionar a métrica de interesse e a tecnologia da informação. Na sequência da investigação, deve-se determinar qual tecnologia deve ser empregada em cada ponto do sistema de informação na estrutura de uma organização. Especificamente, o objetivo desta dissertação é o desenvolvimento de um modelo do sistema de informação que permita caracterizar e medir o comportamento da quantidade de informação nos nodos da malha de tomada de decisão. O modelo deve ser sensível às mudanças na tecnologia da informação aplicada nos nodos da malha de tomada de decisão e deve refletir esta sensibilidade através da variação da quantidade de informação.

3.3.2. A quantidade de informação.

A primeira medida de interesse identificada e que será a medida de interesse a ser considerada nesta dissertação é a quantidade de informação disposta nos nodos da malha de tomada de decisão que estrutura o sistema de informação.

Por que a quantidade de informação?

Responder a esta questão nos remete à indagação sobre o que deve ser considerado como o principal objetivo do sistema de informação. Evidentemente este deve ser o de tratar e carrear a informação através da estrutura das organizações tendo como objetivo a melhoria e aceleração dos processos de tomada de decisão. Para tanto o suporte da tecnologia da informação é fundamental e deve significar uma melhoria nas condições de funcionamento do sistema de informação.

A definição da quantidade de informação disposta pelo sistema de informação como a primeira medida de interesse tem sua origem na consideração de que, quanto mais informação o sistema de informação consegue dispor, melhores e mais rápidas podem ser as conseqüentes tomadas de decisão nas organizações. Esta simplificação evidentemente não contempla toda a complexidade da realidade, pois nem sempre a disponibilidade de uma grande quantidade de informação significa que se possa até mesmo tomar uma decisão. Porém, como convém a um processo de modelagem, a consideração da quantidade de informação é válida na medida em que esta representa muitos casos da realidade.

Assim sendo, determina-se preliminarmente neste tópico as características da medida considerada, ou seja, a composição da quantidade de informação disponível em um nodo genérico i da malha de tomada de decisão.

O primeiro grupo de informações que compõem esta quantidade é representado pela quantidade de informação recebida do meio ambiente.

Um segundo grupo de informações a ser considerado será o composto pela quantidade de informação gerada nos nodos da malha de tomada de decisão.

O terceiro grupo de informações que o sistema de informação dispõe nos nodos será o formado pela quantidade de informação recebida de outros nodos.

O quarto e último grupo de informações constitui-se numa perda em função da obsolescência da informação. Seja com relação à informação armazenada, seja com relação à informação

transferida de outros nodos, assume-se como base para a modelagem pretendida, que haverá uma perda no valor da informação em função do tempo, e que esta perda de valor será modelada em quantidade de informação perdida. Define-se assim a existência de uma quantidade de informação perdida por obsolescência.

3.3.3. O atraso na disseminação da informação.

O sistema de informação pode ser considerado tão mais eficiente quanto mais informação for colocada, no menor tempo possível, à disposição dos tomadores de decisão. Identifica-se assim o atraso na disseminação da informação como a segunda medida de interesse a ser considerada na modelagem do sistema de informação. A eficiência do sistema de informação pode ser medida pela avaliação do atraso sob dois pontos de vista:

- a. considerando o atraso com que as informações se disseminam pela estrutura das organizações. Ou seja, em quanto tempo uma informação que chega à empresa se dissemina por sua estrutura e chega até o ponto onde devem ser tomadas as decisões que respondam a um evento extraordinário?
- b. considerando a perda no valor da informação em função do atraso com que ela se dissemina na estrutura das organizações. Ou seja, as perdas de informação por obsolescência em decorrência dos atrasos em sua disseminação pela estrutura da organização.

Nesta dissertação somente se considerará o atraso do ponto de vista das consequências que as suas ocorrências causam sobre o valor da informação.

Ao se considerar a possibilidade de ocorrência de perdas no valor da informação deve-se então caracterizar estas perdas e define-se então que: a velocidade com que a informação perde o seu

valor será considerada inicialmente como uma característica da informação propriamente dita. Pode-se assim definir que a ocorrência de atrasos na disseminação da informação implica na perda de valor da informação por obsolescência.

Ainda que simplificada se represente a realidade destas perdas, vai-se considerar que: a perda de valor da informação será medida em quantidade de informação perdida por obsolescência.

Desta forma, a medida de interesse representada pelos atrasos nas transferências da informação, será indiretamente avaliada no modelo através das consequentes perdas na quantidade de informação que se disponibiliza nos nodos da malha de tomada de decisão.

Assim sendo, analisa-se a seguir as consequências da ocorrência de atrasos sobre a quantidade de informação, quando uma informação percorre a malha de tomada de decisão.

A primeira consequência da ocorrência de atrasos nas transferências de informação é a perda de valor da informação. Tendo em vista que o interesse maior deste trabalho é a identificação e caracterização de métricas que permitam definir qual tecnologia da informação deve ser selecionada para um determinado ponto da estrutura da empresa problema, não se considerará para a medida do atraso nas transferências de informação, as questões que dizem respeito à capacidade dos canais de transferência da informação.

No caso, somente se considerará que, em função do tipo de tecnologia dos canais de comunicação, ou melhor, em função do que se entenderá neste trabalho como sendo a tecnologia de interação possível entre os nodos, haverá uma perda no valor da informação e que esta perda será representada por uma perda na quantidade da informação transferida.

Entende-se que os tipos de tecnologia de interação possíveis entre os nodos envolvem a tecnologia do canal de comunicação e a tecnologia de suporte a esta comunicação. Exemplificando: se considerará como tecnologia de interação entre dois nodos, por exemplo, a Video-Conferência.

Esta tecnologia, que talvez signifique a forma mais eficiente de troca de informações entre dois nodos, exige evidentemente que o tipo e a capacidade do canal de comunicação, assim como os recursos de *software* sejam compatíveis com as exigências da tecnologia. Como o interesse maior deste trabalho é caminhar no sentido da definição de qual tecnologia deve ser empregada em determinado ponto da estrutura da empresa, o conceito de tecnologia de interação serve mais apropriadamente a este objetivo.

A outra consequência da ocorrência de atrasos na transferência de informação diz respeito à disponibilidade da informação. Deve-se observar neste caso que a informação recebida por um nodo refere-se a uma informação que foi gerada e colocada como disponível no nodo de origem um intervalo de tempo antes.

Em resumo, a ocorrência de atrasos somente será considerada do ponto de vista das perdas na quantidade de informação e do atraso na sua disponibilização.

3.4. O modelo de interesse do sistema de informação.

Para que se possa bem definir o modelo de interesse a resposta a uma questão apresenta-se como fundamental: o que se pretende com o modelo?

O objetivo do modelo é representar o comportamento da métrica do sistema de informação, permitindo que se observe sua sensibilidade à tecnologia da informação adotada na malha de tomada de decisão.

Inicialmente deve-se considerar que para este modelo a medida de interesse foi definida como sendo a quantidade de informação nos nodos da malha de tomada de decisão e o modelo deve refletir o seu comportamento face às mudanças na tecnologia da malha. O atraso na disseminação

da informação somente será considerado do ponto de vista das conseqüentes perdas que sua ocorrência provoca na quantidade de informação disponível.

A informação disponível nos nodos é composta da quantidade de informação:

- a. recebida do meio ambiente,
- b. gerada no nodo,
- c. recebida de outros nodos,

e que deve ser subtraída da quantidade de informação perdida por obsolescência.

A formalização de alguns conceitos e notações precedem a definição do modelo de interesse e estabelecem o entendimento mais completo da quantidade de informação que se disponibiliza nos nodos.

3.4.1. Definição dos parâmetros do modelo.

Como se pode extrair da realidade que se pretende modelar, toda informação tem uma vida útil, e este é um parâmetro intrínseco da informação que pode caracterizar a obsolescência da informação. Entretanto, esta característica da informação pode ser incluída em um conceito mais abrangente que se define como sendo a volatilidade intrínseca da informação, termo que foi cunhado com o objetivo de explicitar o caráter de não permanência da informação.

Muito embora o conceito de vida útil de uma informação seja de entendimento mais intuitivo, optou-se pela utilização do conceito mais abrangente de volatilidade intrínseca da informação. Esta opção foi adotada a partir da consideração que a vida útil de uma informação não pode ser estabelecida de forma independente do contexto. A utilidade da informação pode, para uma mesma informação, assumir valores diferentes em função do contexto considerado.

Um exemplo que justifica esta argumentação pode ser encontrado na análise da informação de uma nota promissória que tem uma vida útil quando se considera a informação do ponto de vista contábil, e tem uma vida útil diferente quando se considera os processos financeiros. Em contrapartida, a volatilidade da informação contida em uma nota promissória pode ser considerada a mesma em qualquer contexto de tomada de decisão pois o conceito de volatilidade da informação enquanto explicita que a informação sofre um processo de obsolescência não considera o conceito de utilidade da informação que não pode ser desvinculado de um contexto.

Assim sendo considerar-se-á a existência de uma característica da informação que representará a perda no valor da informação de forma independente do contexto, e que será representada por um parâmetro que se denominará de **Volatilidade Intrínseca da Informação** (λ_i). Este parâmetro deverá representar no modelo as perdas de informação em função da característica de não permanência da informação e estas perdas devem ser tão maiores quanto maior for a sua volatilidade.

Deve-se também considerar que o conjunto das informações armazenadas nos nodos também perdem o seu valor com o decorrer do tempo. Para a determinação deste parâmetro de obsolescência deve-se considerar a diversidade de informações nos diversos setores das empresas mas, tendo em vista a simplificação do modelo, a volatilidade do conjunto de informações mantidas em um nodo será considerada igual à volatilidade intrínseca da informação mais importante que é gerada ou recebida pelo nodo. O parâmetro de volatilidade relativo à informação armazenada poderá portanto assumir os valores que serão estabelecidos na sequência para a volatilidade intrínseca da informação.

Ainda considerando a realidade que se quer modelar pode-se extrair que as perdas de informação podem variar em função do nível de organização da empresa. Pode-se imaginar que a desorganização administrativa dos recursos, a não existência de sistemas organizados para a manutenção e a recuperação de informação, a falta de treinamento permanente e por consequência a

fraca capacitação técnica e a desmotivação dos recursos humanos, significará que muito provavelmente no setor da empresa considerado, se verificarão maiores perdas de informação. Assim sendo define-se um novo parâmetro que se relaciona com a obsolescência da informação e que se denominará **Organização do Nodo** (β_i). Este parâmetro deve representar a parcela de contribuição do nível de organização do nodo para a perda de valor da informação, ou seja, quanto maior for o seu valor menor deve ser a contribuição do nodo para a perda de informação.

Desta forma pode-se definir que a **Obsolescência da Informação** (ρ_i) ocorre e pode ser vinculada a dois parâmetros que foram definidos como sendo a volatilidade intrínseca da informação e a organização do nodo, ou seja:

Obsolescência da Informação =

f (Volatilidade Intrínseca da Informação, Organização do Nodo).



$$\rho_i = f_p(\lambda_i, \beta_i)$$

Em resumo, e como exemplo do que se viu até aqui, pode-se observar o caso de uma informação sobre os ativos mobiliários de uma empresa que não se torna obsoleta na mesma velocidade que uma informação sobre o vencimento de uma nota promissória. A exemplificação de forma abrangente, do peso da organização na perda de informação não é tão simples pois não é possível identificar um setor que seja sempre desorganizado em todas as empresas.

Conceituada a obsolescência da informação, analisa-se na sequência os processos de geração de informação passíveis de se completar nos nodos da malha de tomada de decisão. Tendo em vista

uma simplificação do modelo assume-se como premissa que estes processos ocorrem de forma contínua nos nodos, ou seja, permanentemente se desenvolvem atividades nos nodos que implicam na transformação de informações existentes e / ou na geração de novas informações.

Também neste caso, utilizando-se de um exemplo similar ao usado anteriormente para a análise da obsolescência da informação, pode-se concluir que a geração de uma especificação de engenharia na Divisão de Engenharia, não se processa na mesma velocidade que a geração de informações de caráter financeiro na Divisão de Finanças. Da constatação que a informação pode ser caracterizada segundo um parâmetro que estabeleça a facilidade de geração em um determinado nodo da malha, define-se um novo parâmetro que se denominará de **Facilidade de Geração da Informação** (δ_i).

Por outro lado, pode-se também considerar que a maior ou menor capacidade de geração de informações em um determinado nodo do modelo, será função do nível de recursos de tecnologia da informação que o nodo dispõe para o suporte às suas atividades. Desta forma define-se um novo parâmetro que caracterizará os nodos em função do nível de recursos de tecnologia da informação disponíveis, e que se denominará **Recursos do Nodo** (α_i).

Assim sendo, a capacidade de geração de informação em um nodo pode ser vinculada ao comportamento dos valores de dois parâmetros que foram definidos como sendo a facilidade de geração da informação e o que se denominou de recursos do nodo. Como consequência, pode-se definir uma nova variável que se denominará de **Geração da Informação** (τ_i), e que poderá ser definido pela função que se segue:

Geração da Informação =

f (Facilidade de Geração da Informação, Recursos do Nodo)



$$\tau_i = f_g(\delta_i, \alpha_i)$$

Definidos os processos que se completam nos setores das organizações e as características da informação e dos setores que interessam ao modelo, analisa-se na sequência o comportamento das informações que chegam à empresa originadas no meio ambiente.

Para o modelo que se pretende construir, estabelece-se inicialmente que a informação chega à rede e trafega na malha de tomada de decisão na forma de um fluxo de *bits*. Não se define limites para a quantidade de *bits* e, quando no modelo houver a indicação de que a informação chega à malha a uma taxa de γ *bits* por unidade de tempo, estabelece-se que tal informação tanto pode significar *bits*, quanto *Mbits*, ou *Gbits* ou o que seja mais. Esta hipótese tem sua justificativa no fato de que o principal interesse deste estudo será inicialmente a análise da sensibilidade da métrica em situações comparativas entre opções de tecnologia, o que permite que não se considere a escala utilizada para medir a quantidade de informação que chega à rede. Estabelece-se também que não é condição necessária e indispensável para o tráfego da informação, nem unidade de transferência de informação, a formação de um conjunto limitado de *bits*. Em outras palavras, não se considerará no modelo a necessidade de formação de mensagens (ou pacotes) que sirva como unidade de transferência de informação e define-se portanto que a informação simplesmente trafega na rede na forma de um fluxo de *bits*.

Para melhor caracterizar a chegada de informações a uma organização pode-se considerar dois casos bastante ilustrativos. Um primeiro caso pode ser extraído da situação em que um cliente vai à empresa e durante um certo intervalo de tempo transmite um conjunto de informações tais como, as especificações de um produto que ele deseja ver fabricado pela companhia. Os setores da empresa neste caso serão envolvidos com a geração de novas informações em decorrência daquelas recebidas do cliente e se tomarão as decisões necessárias ao atendimento do pleito. Nestes casos, em geral, as decisões não sofrem a premência do tempo e os setores da empresa devem gerar e transmitir para outros setores as informações que permitam as tomadas de decisão que se fazem necessárias para o atendimento ao cliente.

Esta relativa tranquilidade porém não ocorre num segundo caso em que, por exemplo, chega à empresa a informação sobre o desenvolvimento por um concorrente de um produto similar ao que se encontra em desenvolvimento na empresa. As características deste caso diferem do primeiro pois, em geral, a quantidade de informação recebida do meio ambiente é pequena, relativamente ao primeiro caso, e assim que esta chega à empresa deve ser, da forma mais rápida possível, disseminada nos setores da estrutura da empresa envolvida com o problema, de forma a permitir que também rapidamente se tomem as decisões que o caso requer.

Destes casos exemplo pode-se extrair que em algumas situações na atividade das empresas, os seus setores são envolvidos com tomadas de decisão cuja qualidade será muito mais uma função da quantidade de informação que o setor dispõe, do que do prazo em que estas informações se tornam disponíveis para a tomada de decisão, ou seja a quantidade de informação tem um peso maior na qualidade da tomada de decisão que o tempo de disponibilização da informação. Em contrapartida em muitos outros casos, como no exemplo do produto concorrente, o tempo em que a informação se torna disponível é fundamental para a tomada de decisão.

Pode-se concluir que as métricas identificadas, ou seja, a quantidade de informação e o atraso na disponibilização da informação têm pesos diferentes conforme o contexto de tomada de decisão.

Em resumo e de forma geral, pode-se então considerar que as informações originadas no meio ambiente chegam à malha na forma de um fluxo de *bits* e que o seu comportamento pode ser definido por uma função $g_i(t)$.

Para o modelo que se define, levando em conta que a medida de interesse deste trabalho é a quantidade de informação, se considerará que as informações chegam aos nodos na forma de um *unit step* quando, como no caso do cliente, por um período de tempo as informações chegam à empresa. No caso deste modelo se considerará que esta chega a uma taxa constante de γ_i *bits* por unidade de tempo.

O gráfico apresentado na figura 9 representa o comportamento da função $g_i(t)$.

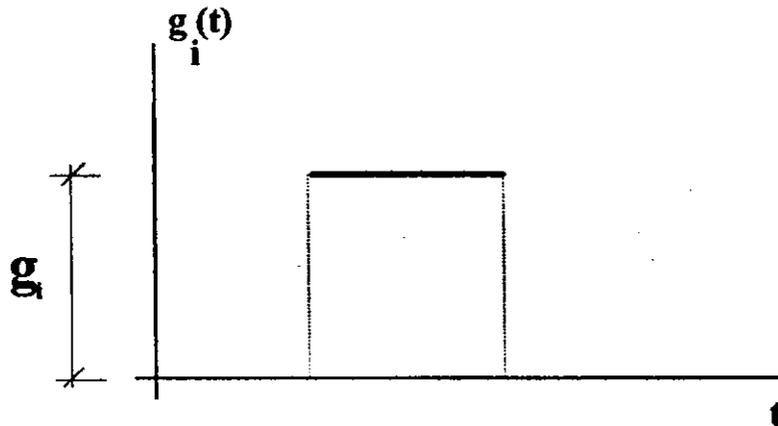


Figura 9

A informação do Meio Ambiente: Unit Step

No outro exemplo considerado, o da empresa concorrente, pode-se considerar que no limite o comportamento da função $g_i(t)$ será o de uma função de Dirac, quando se poderá representar a chegada quase instantânea de uma certa quantidade de informação em um dos nodos da malha. Entende-se que neste caso será possível avaliar o impacto do atraso na tomada de decisão o que será portanto objeto de trabalhos futuros.

Para completar a análise preliminar dos conceitos envolvidos com a definição do modelo da quantidade de informação, considera-se na sequência aqueles que dizem respeito aos processos de transferência de informação entre os setores de uma empresa.

Para explicitar a quantidade de informação que é transferida entre os setores de uma empresa, estabelece-se inicialmente que um setor transfere para os outros com os quais se comunica uma parcela ou a totalidade das informações recentemente disponíveis no setor.

Assim sendo, para que se considere a parcela da informação disponível em um setor da estrutura da empresa que é transferida para um outro setor define-se um parâmetro que se denominará **Percentual de Transferência** (r_{ji}) e que indicará a parcela da informação disponível em um setor e que é transferida para um outro setor.

Ainda nesta análise das transferências de informação entre os setores de uma empresa, define-se um intervalo de tempo que se denominará de **Atraso no Canal** (Δ_{ji}), e que representará o atraso com que as informações são transferidas entre os nodos. O seu valor será definido em função do que se definiu como sendo o tipo de tecnologia de interação incluída na conexão entre os setores.

Em resumo, a ocorrência de atrasos nas transferências de informação entre os nodos significará uma perda no valor da informação, que será medida em quantidade de informação perdida na transferência entre os nodos, e será função dos valores do parâmetro volatilidade intrínseca da informação e do parâmetro atraso no canal.

3.4.2. Definição do modelo.

Adotando que a quantidade de informação gerada em um setor da empresa será tão maior quanto maior for a quantidade de informação disponível no setor, e que o mesmo ocorre com o processo de obsolescência da informação, quando se define que a quantidade de informação que se torna obsoleta será tão maior quanto maior for a quantidade de informação disponível no setor, tem-se que o comportamento da função de geração ou obsolescência será o de uma exponencial positiva ou negativa conforme o caso. Desta forma, tem-se que a consequente perda em quantidade de informação transferida será determinada pela aplicação, sobre a quantidade de informação transferida, do fator definido a seguir:

$$e^{-\lambda_j \cdot \Delta_{ji}}$$

Definidos assim os parâmetros que caracterizam os processos de geração de informação no interior dos nodos, os que caracterizam a transferência de informação entre os nodos e os relacionados com as perdas de informação, pode-se definir o modelo que permitirá observar o comportamento da quantidade de informação nos nodos de uma malha de tomada de decisão. A quantidade de informação disponível no nodo i no instante t será representada por $I_i(t)$.

Considerando que a função $g_i(t)$, define o comportamento da chegada de informações oriundas do meio ambiente pode-se estabelecer que em um intervalo de tempo infinitesimal dt a parcela de informação recebida do meio ambiente pelo nodo i será igual a:

$$g_i(t).dt.$$

De acordo com as definições anteriores, pode-se também estabelecer que em um intervalo de tempo infinitesimal dt , a quantidade de informação gerada no nodo i pelos processos de geração de informação possíveis de ser completados no interior do nodo, será igual a:

$$\tau_i \cdot I_i(t) \cdot dt,$$

ou seja, o mesmo que:

$$f_g(\delta_i, \alpha_i) \cdot I_i(t) \cdot dt.$$

De forma similar, a informação armazenada no nodo i sofrerá uma perda por obsolescência que, em um espaço de tempo infinitesimal dt , será igual a:

$$\rho_i \cdot I_i(t) \cdot dt,$$

ou seja, o mesmo que:

$$f_p(\lambda_i, \beta_i) \cdot I_i(t) \cdot dt.$$

Até este ponto do desenvolvimento do modelo e sem considerar as transferências de informação entre os nodos, a variação da quantidade de informação disponível no nodo i $[dI_i(t)]$, será igual a:

$$dI_i(t) = g_i(t) \cdot dt + \tau_i \cdot I_i(t) \cdot dt - \rho_i \cdot I_i(t) \cdot dt, \quad \text{eq. 3.4.1.}$$

ou seja o mesmo que:

$$dI_i(t) = g_i(t).dt + f_g(\delta_i, \alpha_i).I_i(t).dt - f_p(\lambda_i, \beta_i).I_i(t).dt. \quad \text{eq. 3.4.2.}$$

A título de informação, registra-se que o modelo para a medição da geração e da perda de informação nos nodos segue o modelo estabelecido para a perda de matéria pelo Rádio, elemento radioativo que perde matéria com o decorrer do tempo.

Para que se possa completar o modelo parcial desenvolvido até aqui falta estabelecer de que forma serão atribuídos os valores de alguns parâmetros do modelo. Neste sentido, se utilizará do conceito de meia vida estendido para o domínio da informação. No Novo Dicionário da Língua Portuguesa [Ferr.75] encontra-se:

Meia Vida. [Do fem. de meio + vida]. S. f. Fís. Núcl. Tempo necessário para que se reduza à metade, por desintegração, a massa de uma amostra de um nuclídeo radioativo; período. [Pl.: meias vidas].

Assim sendo, considera-se a extensão do conceito de meia vida e a definição da **Meia Vida da Informação** (M_i) no nodo i , ou seja, a meia vida da informação será o tempo necessário para que a quantidade de informação disponível em um nodo se reduza à metade em decorrência dos processos de obsolescência da informação. A definição do valor da meia vida da informação pode ser estabelecida tendo em vista que esta representa, de acordo com as hipóteses para a construção do modelo, a meia vida do valor da informação que, por sua vez, pode ser facilmente definida por ser mais intuitiva.

Desta forma, pode-se determinar o valor do parâmetro obsolescência da informação a partir da meia vida da informação. Resolvendo a equação 3.4.1 para um nodo em que não se verifique nenhuma geração de informação e nem chegada de informação oriundas do meio ambiente obtém-se:

$$I_i(t) = I_i(0).e^{-\rho_i.t}.$$

Do conceito estendido de meia vida da quantidade de informação obtém-se:

$$I_i(M_i) = I_i(0)/2,$$

ou seja:

$$I_i(0)/2 = I_i(0).e^{-\rho_i.M_i},$$

donde,

$$\rho_i = (\ln 2)/M_i.$$

Assim sendo, para estabelecer o valor da obsolescência da informação, bastará que se defina a meia vida da informação armazenada.

Para um nodo perfeito, isto é, para um nodo com total organização onde não se observa nenhum decréscimo na quantidade de informação em função da desorganização do nodo, encontra-se que o valor da obsolescência da informação será igual ao valor da volatilidade intrínseca da informação.

Ou seja, para um nodo perfeito $\rho_i = \lambda_i$ e então:

$$\lambda_i = (\ln 2)/M_i. \quad \text{eq. 3.4.3.}$$

Para a determinação do valor do parâmetro geração da informação se tomará como referência o conceito de meia vida da informação para definir um conceito que se denominará de **Dupla Vida da Informação** (D_i).

Entende-se a dupla vida da informação como sendo o tempo necessário para que os processos de geração de informação passíveis de se completar no interior de um nodo dupliquem a quantidade de informação armazenada no nodo, observadas as condições:

- a. não ocorram chegadas de informação provenientes do meio ambiente,
- b. não ocorram transferências de informação a partir dos nodos com os quais o nodo em referência se comunica e
- c. se desconsidere as perdas por obsolescência da informação.

De forma semelhante à anterior, resolvendo a equação 3.4.1 para um nodo que atenda as condições acima obtém-se que o parâmetro geração de informação no nodo i será determinado a partir da dupla vida da informação por:

$$\tau_i = (\ln 2)/D_i \quad \text{eq. 3.4.4.}$$

A facilidade de geração da informação pode ser obtida considerando-se que esta será igual à geração de informação no caso de um nodo perfeito, que é um nodo que dispõe de recursos

perfeitos para o desenvolvimento de suas atividades. Desta forma a facilidade de geração da informação será determinada a partir da dupla vida da informação por:

$$\delta_i = (\ln 2)/D_i \quad \text{eq. 3.4.5.}$$

Estabelecidos os conceitos de meia vida da informação e de dupla vida da informação, que permitirão determinar os valores das constantes volatilidade intrínseca da informação, obsolescência da informação, facilidade de geração da informação e geração da informação, falta para completar a definição destes conceitos, responder a pergunta: que relação guardam entre si a meia vida da informação e a dupla vida da informação?

Para responder esta questão deve-se considerar o comportamento da informação do ponto de vista de sua geração e de sua obsolescência. Assume-se que seja razoável supor que a obsolescência da informação é um processo extremamente mais rápido que o processo de geração de novas informações. Desta forma, considerando as constantes que caracterizam a informação no modelo de interesse, pode-se assumir que o valor da obsolescência intrínseca da informação deve ser extremamente maior que o da facilidade de geração da informação, ou seja:

$$\lambda_i \gg \delta_i.$$

O que, de acordo com as equações 3.4.4 e 3.4.5 significará que a dupla vida da informação será muito maior que a meia vida da informação, ou seja:

$$D_i \gg M_i.$$

Até este ponto da construção do modelo pretendido, não se considerou ainda as transferências de informação entre os setores da empresa, nem os efeitos da existência da malha de tomada de decisão sobre a medida de interesse. Os termos já definidos no modelo independem da malha pois representam processos que se relacionam com as características dos nodos ou com as características das informações - como os parâmetros referentes à obsolescência e à geração de informação.

Para tanto, deve-se observar inicialmente que a informação transferida para um setor na empresa corresponde à informação que foi gerada em um instante de tempo antes no setor que transfere a informação. Em outras palavras, deve-se considerar que as informações recentemente disponíveis em um setor são, em parte ou em sua totalidade transferidas para os setores com os quais este se comunica, devendo-se observar que esta transferência se dará com um atraso determinado pelo tipo de tecnologia de interação existente entre os setores considerados.

No modelo a parcela da quantidade de informação disponível que será transferida para o outro nodo será determinada pelo valor do parâmetro percentual de transferência (r_{ji}).

O valor da constante atraso no canal (Δ_{ji}) que será definido em função da tecnologia de interação entre os nodos será o atraso com que é realizada a transferência de informação entre os nodos.

Desta forma pode-se considerar que um nodo transfere para os outros com os quais se comunica, uma parcela da quantidade de informação recentemente disponível no nodo, quantidade esta que é igual a quantidade de informação recentemente :

- a. recebida do meio ambiente,
- b. gerada no nodo,
- c. recebida de outros nodos.

Deve-se, entretanto, ressaltar que no modelo, em um intervalo infinitesimal de tempo (dt), a quantidade de informação recentemente disponível no nodo $[dI_j(t)]$, sofreu um processo de obsolescência que não deve ser considerado quando da determinação da quantidade de informação recentemente disponível no nodo, e que deve ser, em parte ou no todo, transferida para o outro nodo.

Por consequência, esta quantidade de informação que foi perdida por obsolescência deve, no modelo, ser somada à quantidade de informação recentemente disponível e que será, em parte ou no todo, transferida para outro nodo.

Assim sendo, em um intervalo infinitesimal de tempo dt , cada nodo i recebe dos nodos j com os quais se comunica, uma quantidade de informação que será igual a:

$$\sum_{j \neq i} r_{ji} \cdot [dI_j(t - \Delta_{ji}) + \rho_j \cdot I_j(t - \Delta_{ji}) \cdot dt],$$

o que, considerando a perda na quantidade de informação devido ao processo de transferência da informação, será igual a:

$$\sum_{j \neq i} r_{ji} \cdot [dI_j(t - \Delta_{ji}) + \rho_j \cdot I_j(t - \Delta_{ji}) \cdot dt] \cdot e^{-\lambda_j \cdot \Delta_{ji}}$$

Temos finalmente que, em um intervalo de tempo infinitesimal dt , a variação da quantidade de informação disponível no nodo i que será representada por $dI_i(t)$ será igual a:

$$dI_i(t) = g_i(t) \cdot dt + \tau_i \cdot I_i(t) \cdot dt - \rho_i \cdot I_i(t) \cdot dt +$$

$$\sum_{j \neq i} r_{ji} \cdot [dI_j(t - \Delta_{ji}) + \rho_j \cdot I_j(t - \Delta_{ji}) \cdot dt] \cdot e^{-\lambda_j \cdot \Delta_{ji}},$$

ou seja:

$$\frac{d}{dt}I_i(t) = g_i(t) + \tau_i \cdot I_i(t) - \rho_i \cdot I_i(t) + \sum_{j \neq i} r_{ji} \cdot \left[\frac{d}{dt}I_j(t - \Delta_{ji}) + \rho_j \cdot I_j(t - \Delta_{ji}) \right] \cdot e^{-\lambda_j \cdot \Delta_{ji}},$$

ou ainda:

$$\frac{d}{dt}I_i(t) = g_i(t) + f_g(\delta_i, \alpha_i) \cdot I_i(t) - f_p(\lambda_i, \beta_i) \cdot I_i(t) +$$

$$\sum_{j \neq i} r_{ji} \left[\frac{d}{dt}I_j(t - \Delta_{ji}) + f_p(\lambda_j, \beta_j) \cdot I_j(t - \Delta_{ji}) \right] \cdot e^{-\lambda_j \cdot \Delta_{ji}},$$

que será o modelo de interesse a ser considerado nesta dissertação.

Para avaliar o comportamento da quantidade de informação o sistema de equações será resolvido para $I_i(t)$ e se obterá o gráfico desta função. Também se considerará a área sob a curva representativa da função quantidade de informação, que corresponde à integral da função solução.

4. Um estudo de caso.

O objetivo da inclusão de um estudo de caso nesta dissertação, é determinar a sensibilidade do modelo e da medida de interesse às variações na tecnologia aplicada nos nodos e canais da malha de tomada de decisão que estrutura o sistema de informação nesta modelagem.

Ou seja, analisando este objetivo por uma outra perspectiva: se uma alteração na tecnologia da informação dos nodos ou dos canais da malha de tomada de decisão, provocar uma alteração na quantidade de informação nos nodos da referida malha, será possível confirmar a sensibilidade do modelo às mudanças na tecnologia da malha e por consequência a correlação entre a quantidade de informação e a tecnologia da informação.

O estágio atual de desenvolvimento do modelo, considerando as correções já identificadas e que devem ser incluídas no seu desenvolvimento futuro, não justifica que se faça neste trabalho de dissertação um estudo de validação desta versão do modelo.

A consideração de um caso hipotético em detrimento de uma situação real se justifica na medida em que, neste ponto do desenvolvimento do modelo, estabelecer uma avaliação do modelo tomando por base uma situação real significaria incluir toda a complexidade da realidade na avaliação de um modelo ainda bastante simplificado desta realidade.

Para a avaliação será criada uma história ficcional de uma empresa hipotética (Cult Metais Ltda); uma indústria mecânica, cuja estrutura organizacional e sistema de informação simplificados estão definidos a seguir. Define-se também um cenário que reproduzindo as características de uma situação encontrada com frequência na realidade, permitirá a avaliação pretendida.

4.1. O Modelo para a Avaliação.

Para a avaliação do modelo estabelecido, um sistema de equações diferenciais com atraso ¹ procurou-se, sem sucesso, utilizar os pacotes de *software* matemáticos *Maple* da *University of Waterloo* e *Mathematica* da *Wolfram Research Inc.*. Após serem consultados diretamente pelo autor desta dissertação, a Universidade e a empresa referidas informaram que os seus pacotes não resolvem este tipo de equação diferencial.

Desta forma, e considerando que a solução do modelo sem o suporte de um pacote de *software* matemático ultrapassa os limites deste trabalho de dissertação, se procederá, para efeito de sua avaliação, a uma simplificação do modelo que permita a sua solução através do pacote de *software*.

Na simplificação do modelo se considerará que as informações disponíveis em um nodo são instantaneamente transferidas para os outros nodos. Considera-se que esta simplificação do modelo não invalida a avaliação pretendida posto que, somente se eliminará o atraso com que um nodo recebe as informações de outro nodo, mantendo-se no modelo as perdas em quantidade de informação (que representa as perdas de valor da informação). É possível supor que com este procedimento não sejam alteradas de forma substancial as curvas representativas do comportamento da quantidade de informação disposta nos nodos. A adoção desta simplificação deve tão somente significar que as curvas apresentar-se-ão deslocadas no eixo do tempo, de um valor proporcional ao intervalo de tempo Δ_{ji} correspondente ao atraso não considerado. A expectativa de que esta simplificação não invalida o modelo também tem fundamento no fato que, tratando-se de uma avaliação comparativa entre várias situações de adoção de tecnologia da informação, um eventual deslocamento das curvas no tempo, ocorrendo para todas as situações simuladas não prejudica análise pretendida.

¹ Do inglês: Delay Differential Equation ou Retarded Differential Equation.

O modelo para efeito desta avaliação será então:

$$\frac{d}{dt}I_i(t) = g_i(t) + \tau_i \cdot I_i(t) - \rho_i \cdot I_i(t) + \sum_{j \neq i} r_{ji} \cdot \left[\frac{d}{dt}I_j(t) + \rho_j \cdot I_j(t) \right] \cdot \varepsilon^{-\lambda_j \cdot \Delta_{ji}}$$

Simplificação

↓ ↓

ou seja:

$$\frac{d}{dt}I_i(t) = g_i(t) + f_g(\delta_i, \alpha_i) \cdot I_i(t) - f_p(\lambda_i, \beta_i) \cdot I_i(t) + \sum_{j \neq i} r_{ji} \cdot \left[\frac{d}{dt}I_j(t) + f_p(\lambda_j, \beta_j) \cdot I_j(t) \right] \cdot e^{-\lambda_j \cdot \Delta_{ji}}$$

↑ ↑

Simplificação

Assim sendo, o atraso no canal somente será considerado do ponto de vista das consequentes perdas na quantidade de informação nos nodos e que representam perdas no valor da informação.

Também se considerará que a geração de informação é diretamente proporcional à facilidade de geração da informação e aos recursos do nodo. Desta forma tem-se que:

$$\tau_i = f_g(\delta_i, \alpha_i) = \delta_i \cdot \alpha_i.$$

A obsolescência da informação será considerada como sendo diretamente proporcional à volatilidade da informação e inversamente proporcional à organização do nodo e se considerará que:

$$\rho_i = f_p(\lambda_i, \beta_i) = \frac{\lambda_i}{\beta_i}.$$

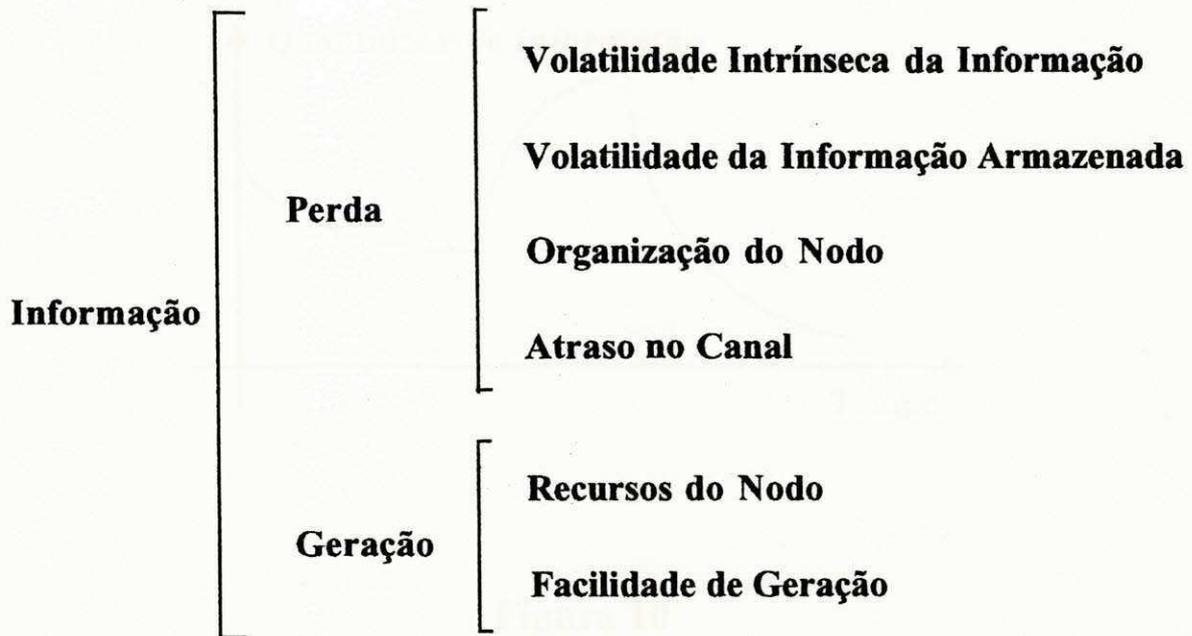
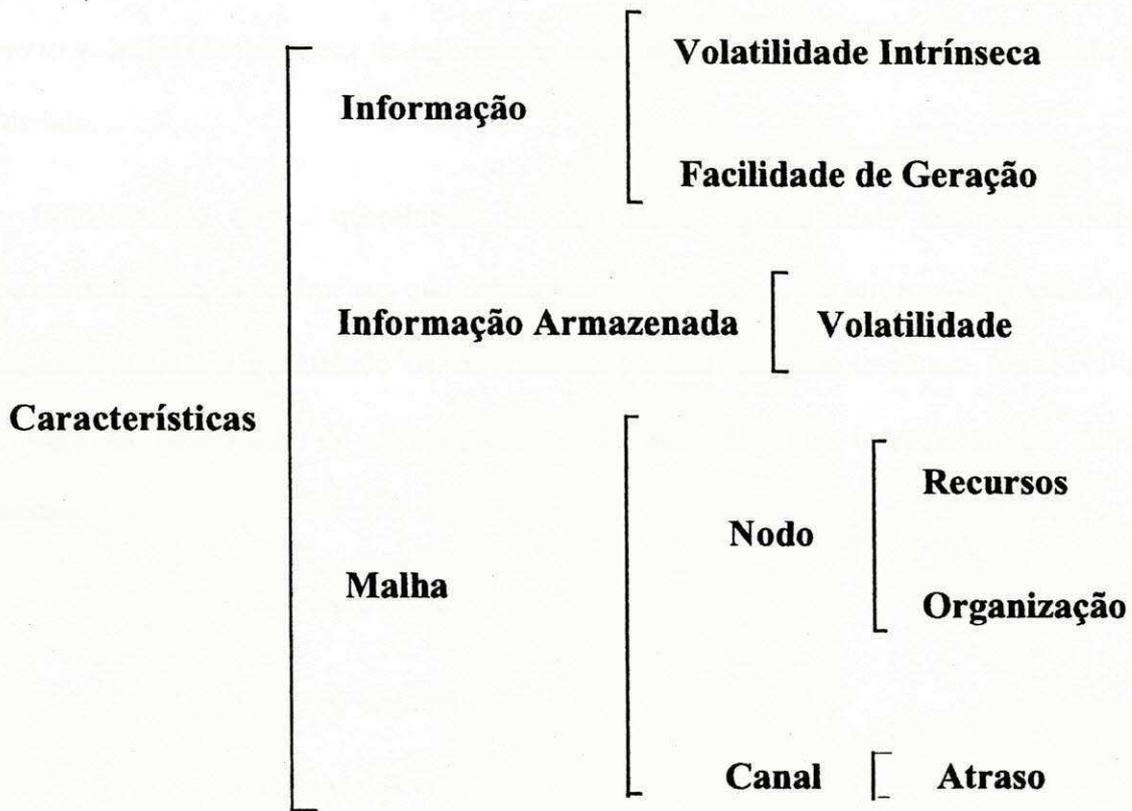
Assim sendo o modelo de interesse a ser considerado nesta avaliação será :

$$\frac{d}{dt}I_i(t) = g_i(t) + \delta_i \cdot \alpha_i \cdot I_i(t) - \frac{\lambda_i}{\beta_i} \cdot I_i(t) +$$

$$\sum_{j \neq i} r_{ji} \cdot \left[\frac{d}{dt}I_j(t) + \frac{\lambda_j}{\beta_j} \cdot I_j(t) \right] \cdot e^{-\lambda_j \cdot \Delta_{jt}}.$$

Analisando o significado e o interrelacionamento entre os parâmetros do modelo, pode-se observar que no modelo encontram-se explicitados alguns parâmetros cuja variação diz respeito às características da informação, enquanto outros dizem respeito às características da malha de tomada de decisão. Dentre estes, alguns referem-se às características dos canais enquanto outros referem-se às características dos nodos, conforme se mostra no primeiro esquema a seguir.

Tendo em vista que o modelo representa a quantidade de informação nos nodos da malha de tomada de decisão convém classificar os parâmetros do modelo segundo a sua relação com a geração de informação e com a perda de informação. O segundo esquema a seguir mostra estas relações:



O valor do parâmetro volatilidade da informação armazenada, será corespondente ao parâmetro volatilidade intrínseca da informação mais importante que é gerada ou recebida no nodo considerado.

Considerando que a quantidade de informação em um nodo será determinada pelo balanceamento entre os parâmetros que determinam a quantidade de informação gerada no nodo e os que determinam a quantidade de informação perdida por obsolescência, esta avaliação se concentrará na observação do comportamento da quantidade de informação em função dos parâmetros:

- a. Recursos do Nodo,
- b. Atraso no Canal,
- c. Organização do Nodo,

que dependem da tecnologia da informação empregada na malha.

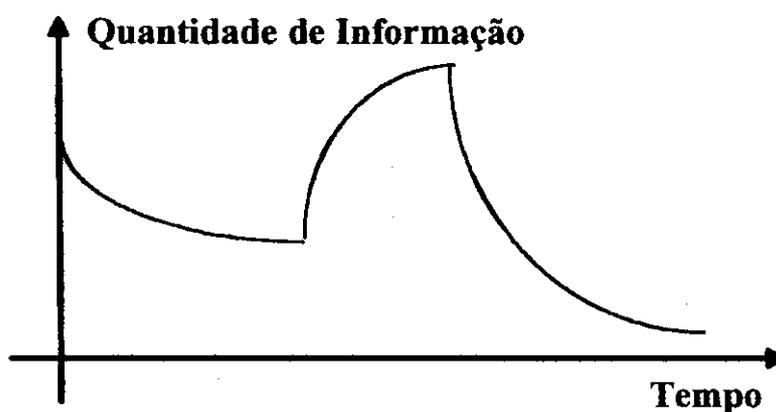


Figura 10

O Comportamento da Quantidade de Informação

Inicialmente o modelo será resolvido numericamente. As funções solução serão representadas graficamente e espera-se obter gráficos que tenham a forma representada na figura 10, onde se mostra figurativamente o comportamento da quantidade de informação no nodo.

O modelo também fornecerá o valor da área A representada na figura 11. Embora o valor desta área, correspondente à integral da função solução do sistema, não tenha significado do ponto de vista da quantidade de informação disponível em um nodo, ela permite que se determine a quantidade média de informação disponível nos nodos. Em avaliações comparativas, o seu valor será tanto maior quanto melhor for a disponibilidade média de informação em um nodo. O valor desta área será denominado **Acumulado da Informação Disponível**.



Figura 11

A área sob a curva da quantidade de informação

4.2.A Estrutura Organizacional, o Sistema de Informação e o Cenário de Avaliação Considerados.

A figura 12 a seguir mostra a simplificação de parte da estrutura organizacional da Cult Metais Ltda, que é bastante comum nos ambientes industriais, e que será utilizada como base para a avaliação pretendida. Deve-se observar na representação da estrutura organizacional simplificada a inclusão dos agentes do meio ambiente que interagem com a empresa e de setores da empresa com diferentes características como as Divisões de Marketing e de Engenharia.

Na figura 13 representou-se o fluxo de informações que se tomará como uma simplificação do sistema de informação que será considerado para esta avaliação. Deve-se observar a diversidade das informações que trafegam entre os setores desta pequena estrutura organizacional hipotética, onde pode-se encontrar informações de caráter fiscal / administrativo, tais como as faturas, e informações de caráter gerencial / estratégico como as informações de mercado.

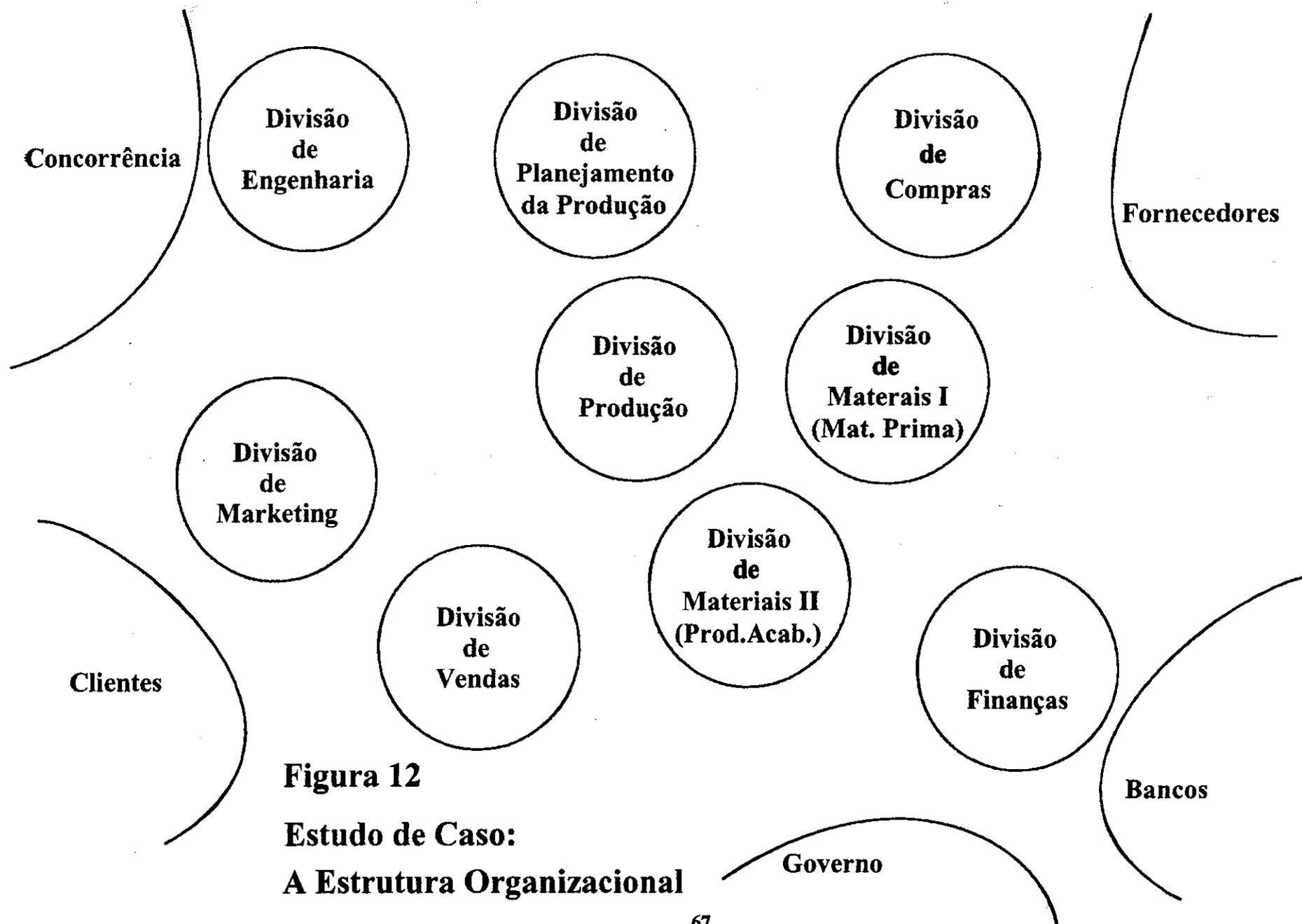
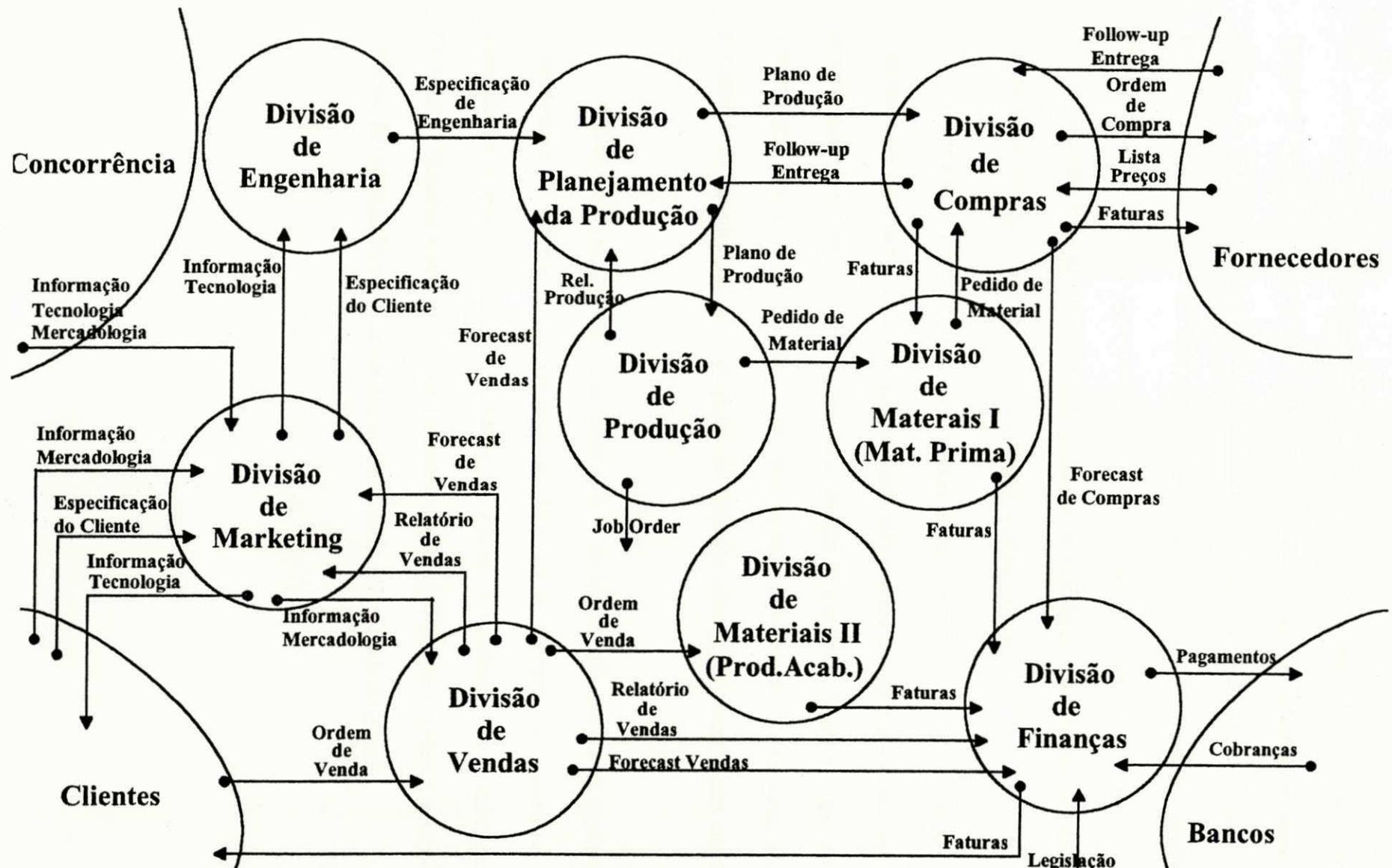


Figura 12
Estudo de Caso:
A Estrutura Organizacional



**Figura 13. Estudo de Caso:
O Sistema de Informação Simplificado**

Dado o interesse desta dissertação na avaliação do sistema de informação para o apoio à tomada de decisão, eliminou-se na definição do cenário, o fluxo de informações administrativas do sistema de informação simplificado. A consideração exclusiva de eventos que não se caracterizam como rotineiros do ponto de vista administrativo, mas que exigem a produção imediata de novas informações na estrutura organizacional envolvida para permitir as consequentes tomadas de decisão, mantém o cenário simplificado próximo da realidade e dos objetivos deste trabalho, ao mesmo tempo em que também atende aos objetivos desta avaliação.

O cenário considerado, e que se encontra esquematizado na figura 14 a seguir, apresenta as consequências no sistema de informação simplificado quando um cliente solicita uma alteração na especificação de um pedido que já se encontra em fase de produção. Destaca-se que a figura mostra somente uma parcela das transferências de informação entre os setores da empresa, não se tratando portanto de um quadro exaustivo do ponto de vista das informações transferidas em uma situação real.

Assim sendo, somente se considerará o fluxo de informação que ocorre desde a chegada da Especificação do Cliente até a expedição do *Forecast* de Compras. Considera-se as possíveis alterações nas Especificações de Engenharia, nos Planos de Produção, nos Pedidos de Material no *Forecast* de Material e no *Forecast* de Compras, o que significa que ocorrerá a geração de um tipo diferente de informação em cada um dos nodos da malha de tomada de decisão.

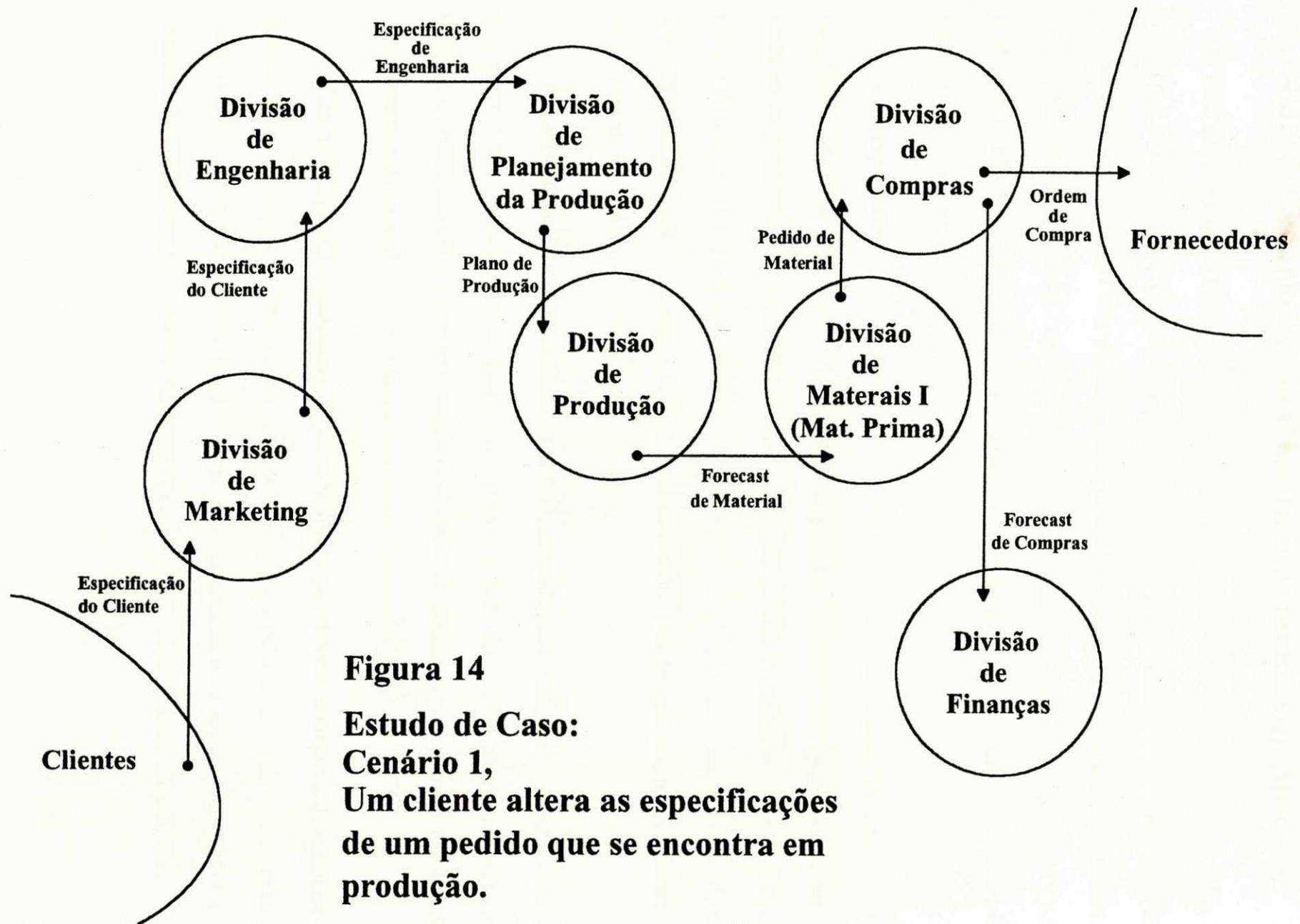


Figura 14
Estudo de Caso:
Cenário 1,
Um cliente altera as especificações
de um pedido que se encontra em
produção.

4.3. O Cenário Ficcional para a Avaliação do Modelo.

A **Cult Metais Ltda** planeja investir em tecnologia da informação tendo por objetivo a melhoria dos processos de tomada de decisão. O mercado da empresa tornou-se intensamente competitivo e a aceitação dos seus processos de tomada de decisão apresenta-se como fundamental para o futuro da companhia. As opiniões dividem aqueles com poder de influir na decisão sobre qual solução adotar, e neste contexto dois grupos defendem posições que diferem no nível de automação que deve ser adotado.

Um grupo defende uma solução simples, com a distribuição de recursos de tecnologia da informação nos setores da empresa e justifica sua posição, argumentando que desta forma, a melhoria na geração de novas informações é suficiente para permitir a aceleração dos processos de tomada de decisão. O segundo grupo argumenta que nenhuma solução será eficaz sem a melhoria das comunicações entre os setores e defende uma sofisticada solução que interliga os setores e utiliza os mais modernos *softwares* de apoio à decisão.

A **XPTO Consultores Associados Ltda** foi contratada para elaborar um estudo sobre as opções em pauta e incluiu entre as justificativas para a tomada de decisão sobre a aquisição de recursos, os resultados obtidos com um modelo de sistemas de informação que permita a análise do comportamento da quantidade de informação nos pontos de tomada de decisão.

Para a obtenção dos resultados que foram incluídos no relatório, a empresa de consultoria aplicou o seu modelo em um cenário que envolve alguns setores da Cult. Na sequência encontram-se os valores possíveis para os parâmetros encontrados no modelo da XPTO e a descrição da situação atual do conjunto de setores tomado como cenário para a análise da Cult.

Características dos Parâmetros do Sistema de Informação da Cult Metais.

Inicialmente na definição dos parâmetros adota-se a unidade de tempo que será adotada para o modelo. Considerando que o interesse maior deste trabalho envolve os processos de tomada de decisão, que por sua vez consideram fatores como os *time to market* extremamente curtos que as empresas devem monitorar, estima-se que a semana possa ser uma unidade de tempo razoável para ser adotada para esta modelagem.

Na Tabela 2 encontra-se o resumo das características das informações que fluem no cenário escolhido. Nesta tabela encontram-se definidos os valores dos parâmetros volatilidade intrínseca da informação (λ_i) e facilidade de geração da informação (δ_i) que interessam ao modelo da XPTO.

A Tabela 3 resume os valores do parâmetro que mede a volatilidade das informações armazenadas (λ_i) em cada um dos nodos do cenário. Adotou-se que a volatilidade das informações armazenadas será igual à volatilidade intrínseca da informação mais importante no nodo

Na Tabela 4 encontra-se o resumo dos tipos de tecnologia utilizadas na interação entre os nodos e que foram consideradas na avaliação para caracterizar o parâmetro atraso no canal (Δ_{ji}) do modelo de interesse. Para a atribuição dos valores a cada uma das tecnologias de interação considerou-se um padrão de valoração comparativa entre as tecnologias. Sendo este parâmetro um intervalo de tempo, os valores da tabela correspondem à unidade de tempo adotada para a avaliação que é a semana.

Para caracterizar a organização do nodo (β_i) foram considerados os tipos de organização relacionados na Tabela 5. Os valores possíveis representam uma estimativa do percentual de perda na quantidade de informação em função da desorganização do nodo.

Finalmente, para a caracterização do parâmetro recursos do nodo (α_i) foram utilizados os níveis de recursos incluídos na Tabela 6. Também neste caso a atribuição dos valores seguiu o padrão de atribuição comparativa de valores adotado anteriormente.

Resumo das Características das Informações				
Descrição das Informações	Meia Vida da Informação (M)	Volatilidade Intrínseca da Informação $l = (\ln 2) / M$	Dupla Vida da Informação (D)	Facilidade de Geração da Informação $d = (\ln 2) / D$
Especificação do Cliente	8	0,0866	80	0,0087
Especificação de Engenharia	12	0,0578	120	0,0058
Plano de Produção	4	0,1733	40	0,0173
<i>Forecast</i> de Material	2	0,3466	20	0,0347
Pedido de Material	2	0,3466	20	0,0347
<i>Forecast</i> de Compras	2	0,3466	20	0,0347

Tabela 2.

Resumo das Características das Informações

Volatilidade das Informações Armazenadas nos Nodos		
Nodo	Informação mais importante	Volatilidade (1)
Marketing	Especificação do Cliente	0,0087
Engenharia	Especificação de Engenharia	0,0058
Planejamento de Produção	Plano de Produção	0,0173
Produção	<i>Forecast</i> de Material	0,0347
Materiais I	Pedido de Material	0,0347
Compras	<i>Forecast</i> de Compras	0,0347
Finanças	<i>Forecast</i> de Compras	0,0347

Tabela 3

Volatilidade das Informações Armazenadas nos Nodos

Caracterização do Atraso no Canal	
Descrição da Tecnologia de Interação entre os Nodos	D
Correio / Malote / Telefone	0,09
<i>Fax</i>	0,03
<i>E-Mail</i>	0,02
<i>Workgroup Software</i> sem Video-Conferência	0,01
<i>Workgroup Software</i> com Video-Conferência entre nodos	0,001

Tabela 4

Caracterização do Atraso no Canal

Caracterização da Organização do Nodo	
Descrição dos Tipos de Organização do Nodo	b
Desorganização total	0,2
Organização individual e manual da informação	0,3
Boa organização individual e manual da informação	0,5
Organização individual da informação com apoio de tecnologia da informação	0,7
Organização da informação com apoio de tecnologia da informação de forma integrada no nodo e com outros nodos	0,9

Tabela 5

Caracterização da Organização do Nodo

Caracterização dos Recursos do Nodo	
Descrição dos Níveis de Recursos do Nodo	a
Processos Manuais (sem Tecnologia da Informação)	0,2
Uso individual de recursos de Tecnologia da Informação	0,3
Recursos de Tecnologia da Informação interligados nos nodos	0,5
Sistemas de Apoio à Decisão baseados em relatórios	0,7
Sistemas de Apoio à Decisão com Interface Gráfica	0,9

Tabela 6

Caracterização dos Recursos do Nodo

Situação Inicial e Alterações para Análise da Cult Metais Ltda.

A Tabela 7 descreve a situação inicial encontrada no cenário considerado. Nesta tabela encontram-se alguns dados relativos à tecnologia encontrada na Cult, quais sejam: tecnologia de interação existente entre os nodos da malha de tomada de decisão composta pelos setores envolvidos, o nível de recursos de tecnologia da informação disponível nos setores e o nível de organização dos setores. Estas informações definem os parâmetros atraso no canal, recursos do nodo e organização do nodo do modelo de avaliação da XPTO.

A Tabela 8 descreve a primeira alteração na situação inicial. Nesta simulação são alterados os parâmetros Recursos do Nodo e Organização do Nodo, mantendo-se a mesma tecnologia de interação entre os nodos. Esta alteração corresponde aos planos do grupo da Cult que defende uma solução simples para a questão da tecnologia da informação.

A Tabela 9 descreve a segunda alteração na situação onde uma nova tecnologia de interação é adotada e são previstos os melhores recursos para os nodos. Esta solução é defendida pelo outro grupo da Cult.

Caracterização da Situação Inicial do Cenário de Análise da Cult Metais Ltda

Cenário: Um cliente altera a especificação de um produto que se encontra em produção

Canais			Nodos				
Descrição	Tecnologia de Interação	D	Descrição do Nodo	Recursos		Organização	
				Descrição	a	Descrição	b
Marketing / Engenharia	Correio /Malote/Telefone	0,09	Marketing		0,2		0,5
Engenharia / Plan. Produção		0,09	Engenharia	Processos	0,2	Boa	0,5
Plan. Produção / Produção		0,09	Plan. da Produção	Manuais	0,2	Organização	0,5
Produção / Materiais I		0,09	Produção	sem	0,2	Individual	0,5
Materiais I / Compras		0,09	Materiais I	Tecnologia	0,2	e Manual	0,5
Compras / Finanças		0,09	Compras	da	0,2	da	0,5
-		-	-	Finanças	Informação	0,2	Informação

Tabela 7.

Caracterização da Situação Inicial do Cenário de Análise da Cult Metais Ltda

Caracterização da Primeira Alteração do Cenário de Análise da Cult Metais Ltda

Cenário: Um cliente altera a especificação de um produto que se encontra em produção

Canais			Nodos				
Descrição	Tecnologia de Interação	D	Descrição do Nodo	Recursos		Organização	
				Descrição	a	Descrição	b
Marketing / Engenharia	Correio /Malote/Telefone	0,09	Marketing	Recursos	0,5	Organização	0,7
Engenharia / Plan. Produção		0,09	Engenharia	de	0,5	Individual	0,7
Plan. Produção / Produção		0,09	Plan. da Produção	Tecnologia	0,5	da	0,7
Produção / Materiais I		0,09	Produção	da	0,5	Informação	0,7
Materiais I / Compras		0,09	Materiais I	Informação	0,5	com	0,7
Compras / Finanças		0,09	Compras	Interligados	0,5	Tecnologia	0,7
-		-	-	Finanças	no	0,5	da
-	-	-	-	Nodo	0,5	Informação	0,7

Tabela 8.

Caracterização da Primeira Alteração do Cenário de Avaliação da Cult Metais Ltda

Caracterização da Segunda Alteração do Cenário de Análise da Cult Metais Ltda

Cenário: Um cliente altera a especificação de um produto que se encontra em produção

Canais			Nodos				
Descrição	Tecnologia de Interação	D	Descrição do Nodo	Recursos		Organização	
				Descrição	a	Descrição	b
Marketing / Engenharia	Workgroup Software com Video Conferência	0,001	Marketing	Sistemas	0,9	Organização	0,9
Engenharia / Plan. Produção		0,001	Engenharia	de	0,9	da	0,9
Plan. Produção / Produção		0,001	Plan. da Produção	Apoio	0,9	Informação	0,9
Produção / Materiais I		0,001	Produção	à Decisão	0,9	Integrado	0,9
Materiais I / Compras		0,001	Materiais I	com	0,9	com	0,9
Compras / Finanças		0,001	Compras	Interface	0,9	outros	0,9
-		-	0,001	Finanças	Gráfica	0,9	Nodos

Tabela 9.

Caracterização da Segunda Alteração do Cenário de Análise da Cult Metais Ltda

4.4. Os Resultados Obtidos com o Modelo.

Os resultados obtidos foram de dois tipos:

- a. Gráficos que representam o comportamento da função representativa da quantidade disponível no nodo.
- b. Os valores aproximados das áreas sob a curva da função da quantidade de informação e que se denominou de Acumulado da Quantidade de Informação.

A análise de alguns resultados significativos obtidos com o modelo.

Dos resultados que mostram o comportamento da quantidade de informação nos nodos da malha de tomada de decisão escolheu-se os gráficos correspondentes às Divisões de Marketing e de Produção. As especificações e os resultados completos obtidos com o *Mathematica* encontram-se no anexo desta dissertação.

Os gráficos 1 e 2 representam o comportamento da quantidade de informação da Divisão de Marketing na situação inicial e na primeira alteração do cenário. Nesta alteração foram modificados os parâmetros correspondentes às características do nodo (recursos e organização do nodo). Observa-se um aumento na quantidade de informação disponível no nodo. Visualmente a informação disponível no nodo no tempo $t = 3$ é maior no caso do cenário alterado. Isto confirma a sensibilidade de modelo a este tipo de alteração. O aumento na quantidade de informação no nodo se justifica pelo fato desta modificação acarretar numa menor taxa de obsolescência da informação e numa maior taxa de geração de informação (os parâmetros relativos à informação não foram alterados).



Gráfico 1.

Situação Inicial: Divisão de Marketing.

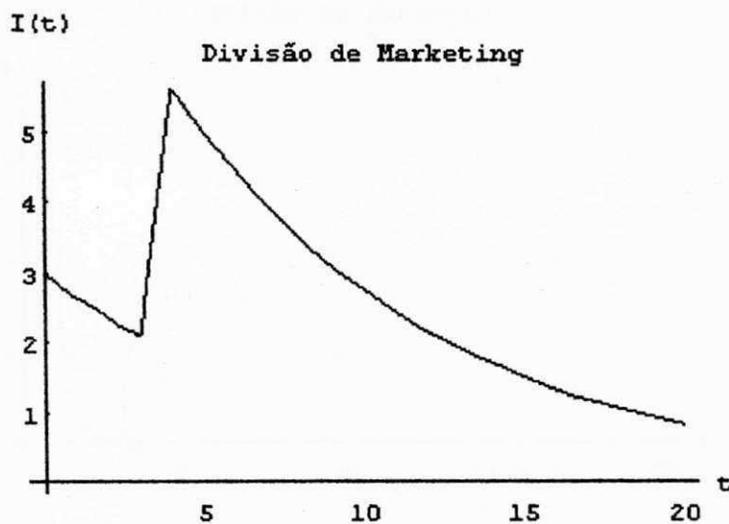


Gráfico 2.

Primeira Alteração: Divisão de Marketing.

Também pode-se observar nos gráficos 1 e 2 que no intervalo de tempo $[0, 3)$ a curva altera a sua inclinação. Como este nodo não recebe informações de outros nodos esta modificação no comportamento da quantidade de informação neste intervalo deve-se unicamente às alterações nas condições iniciais do nodo. Uma melhor organização associada a uma melhoria nos recursos do nodo implicam numa diminuição da taxa de obsolescência.

Os gráficos 3, 4 e 5 mostram uma situação semelhante no comportamento da quantidade de informação na situação inicial, na primeira e na segunda alteração das condições da Divisão de Produção. Porém, neste caso pode-se observar uma mudança mais significativa no intervalo $[0, 3)$ do gráfico correspondente à segunda alteração o que pode ser relacionado com a melhoria nas condições de interação entre os nodos, o que significa neste modelo simplificado uma diminuição na taxa de obsolescência da informação transferida de outros nodos.

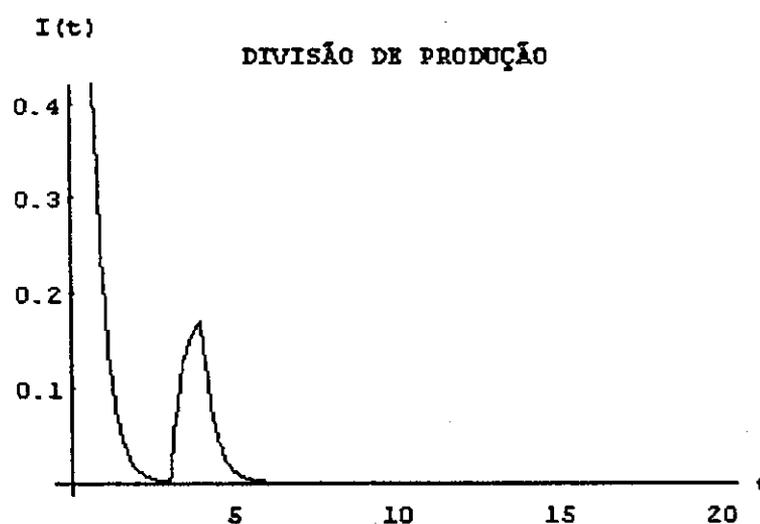


Gráfico 3.

Situação Inicial: Divisão de Produção.

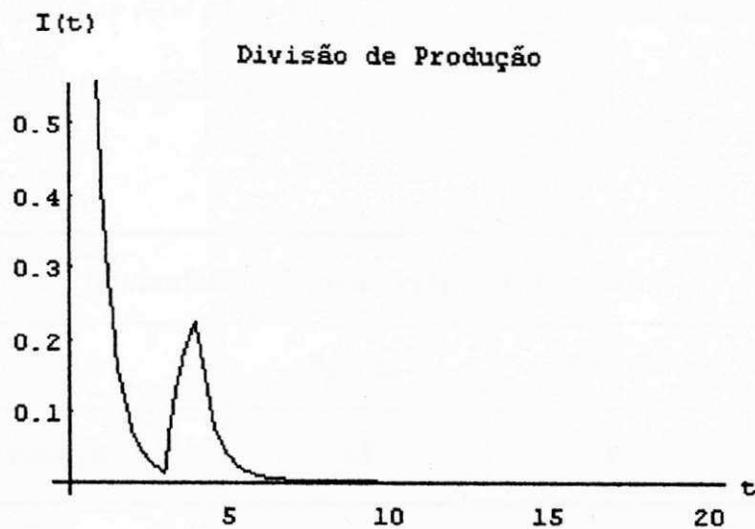


Gráfico 4.

Primeira Alteração: Divisão de Produção.

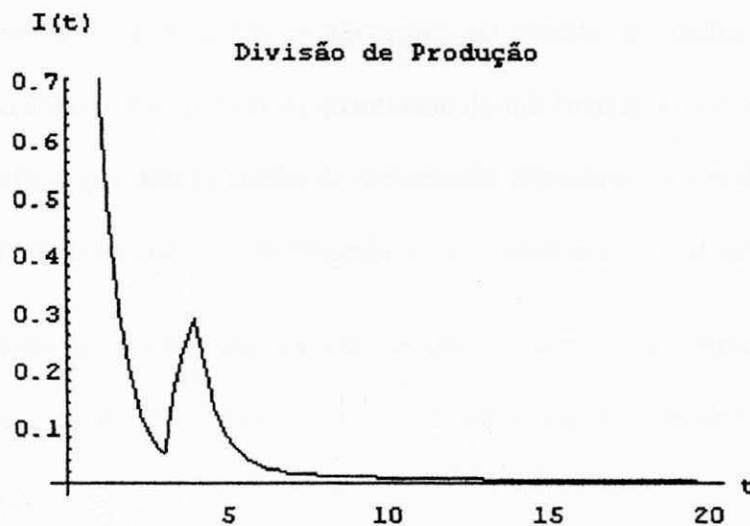


Gráfico 5.

Segunda Alteração: Divisão de Produção.

O segundo conjunto de resultados obtidos nesta avaliação (o acumulado da Quantidade de Informação) referente à Divisão de Marketing encontra-se na Tabela 10.

Acumulado da Quantidade de Informação			
Nodo	Inicial	Alteração 1	Alteração 2
Divisão de Produção	13	14	16

Tabela 10

O Acumulado da Quantidade de Informação.

Como se observa na Tabela 10, as alterações no cenário de avaliação provocaram um aumento crescente nas áreas sob as curvas da quantidade de informação no nodo exemplo (Divisão de Marketing). Ou seja: a quantidade média de informação disponível nos nodos aumentou com a melhoria da tecnologia da informação, confirmando assim a avaliação visual anterior.

Finalmente, pode-se concluir que os valores obtidos com o caso hipotético confirmam a sensibilidade do modelo às alterações nas tecnologias de informação dos nodos e nas tecnologias de interação entre os nodos.

Concluindo a história ficcional da Cult Metais Ltda: o modelo da XPTO ainda não foi suficiente para determinar a melhor opção para o processo de seleção da tecnologia da informação.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros.

5.1. Resumo do trabalho desenvolvido.

O processo de tomada de decisão sobre a adoção de tecnologia da informação apresenta-se atualmente como uma tarefa de grande complexidade em função do desenvolvimento tecnológico que se observa na área. O aparecimento constante de novas tecnologias, em intervalos de tempo cada vez menores, tem gerado, nos usuários, um quadro de incertezas quando estes são envolvidos com a tomada de decisão sobre soluções envolvendo o emprego e uso de tecnologia da informação. Os métodos tradicionais de configuração de tecnologia da informação, de acordo com a avaliação desenvolvida nesta dissertação, não atendem mais às necessidades de avaliação de opções num contexto extremamente complexo de oferta de tecnologia.

Em resposta a esta situação, e no sentido de contribuir para o desenvolvimento futuro de novas ferramentas de avaliação, estabeleceu-se uma proposta de compreensão do processo de seleção de tecnologia da informação. O molde para o processo de seleção de tecnologia, proposto neste trabalho, tem por princípio a separação entre o processo de seleção de tecnologia e o processo de dimensionamento da tecnologia da informação.

Incluído entre os objetivos gerais desta dissertação, o desenvolvimento do molde para o processo de seleção de tecnologia foi iniciado com a modelagem do sistema de informação. O sistema de informação é entendido como a fonte das métricas que permitirão o estabelecimento de um novo processo de seleção de tecnologia da informação.

Para a modelagem do sistema de informação, objetivo específico desta dissertação, exigiu-se a definição preliminar de uma estrutura para o sistema de informação, que permitisse a

identificação e análise das métricas. Desta forma, foi estabelecido uma estrutura na forma de uma malha, aqui denominada de malha de tomada de decisão. Afinal, o motivo principal para a difusão da informação na estrutura das organizações, é aceleração dos processos de tomada de decisão.

A quantidade de informação disponível nos nodos da malha de tomada de decisão foi a métrica considerada no modelo desenvolvido nesta dissertação. O que se esperava deste modelo era a comprovação da correlação entre a quantidade de informação e a tecnologia da informação que possa ser adotada na malha do sistema de informação.

Para a avaliação do modelo estabelecido procedeu-se à sua simplificação de forma a tornar possível o uso de pacotes de *software* matemáticos para a sua solução; em decorrência desta simplificação o atraso na disseminação da informação nos nodos da malha que estrutura o sistema de informação, somente foi avaliado considerando o que os atrasos nas transferências de informação entre os nodos do modelo provoca na quantidade de informação.

A avaliação do modelo comprovou o que se esperava para o nível deste trabalho de dissertação, ou seja, pode-se considerar que a métrica representada pela quantidade de informação disponível para a tomada de decisão é uma métrica sensível às mudanças de tecnologia da informação adotadas no suporte ao sistema de informação.

5.2. Uma avaliação crítica do modelo.

A avaliação desenvolvida com o modelo, confirmou a quantidade de informação como uma métrica sensível às mudanças de tecnologia da informação, mas que apresenta inicialmente um grande problema, e que diz respeito à sua medição. Este problema, que também se apresenta no caso dos parâmetros identificados e incluídos no modelo, pode ser explicado pelo fato destes parâmetros não terem uma característica predominante que possa ser utilizada para a sua medição. Como exemplo pode-se tomar o caso do parâmetro Organização do Nodo.

Sobre as simplificações da realidade, assumidas para a definição do modelo:

A informação que chega à malha que estrutura o sistema de informação foi definida como um *string* de *bits*. Evidentemente a informação é de natureza ontológica muito mais complexa, e o desenvolvimento do modelo deve começar pela consideração desta complexidade. Também deve-se considerar as noções de qualidade e utilidade da informação que, por sua vez também são de natureza bastante complexa.

Estabeleceu-se que os processos de geração de informação são contínuos, ou seja, permanentemente, são geradas novas informações a partir do conjunto de informações disponíveis no nodo. A observação da realidade entretanto não indica a confirmação desta simplificação. pois, entre outros pontos, pode-se extrair da realidade que:

1. o tempo de processamento de um conjunto de informações não é infinito;
2. e pode-se, por exemplo, imaginar a possibilidade de consideração de processos distintos de geração de novas informações. Ou seja, processos que trabalham sobre as informações de acervo e processos que, a partir de informações novas, geram outras informações "usando" as informações de acervo.

Deve ser resolvido o problema da definição do processo de obsolescência das informações armazenadas nos setores das empresas. A simplificação adotada, que considerou a obsolescência da informação mais importante que trafega nos nodos, também desconsidera a complexidade da compreensão da informação.

O modelo não permite a análise do tempo que uma se torna disponível nos nodos da malha. Este dado permitirá, por exemplo, que se determine se uma determinada estrutura do sistema de informação difunde a informação em tempo menor que aquele exigido para a tomada de decisão. Também permitirá que se defina a melhor estrutura para o sistema de informação, a partir da necessidade de disponibilização da informação em tempos pré-definidos.

Finalmente, sem que estas críticas sejam exaustivas do ponto de vista do que deve ser revisto no desenvolvimento do modelo, deve-se considerar que os canais de comunicação da estrutura adotada para o sistema de informação não são permanentes. Nas situações de emergência novos canais de comunicação são estabelecidos e esta alocação dinâmica dos canais de comunicação também deve ser considerada.

5.3. Contribuições do trabalho.

Estima-se que, no sentido do avanço do conhecimento na área, este trabalho contribuiu com:

- A definição de um novo molde para o processo de seleção de tecnologia da informação que estabelece a separação entre o processo de dimensionamento de tecnologia da informação, que a maioria dos métodos atuais considera, do processo de seleção de tecnologia propriamente dito. Desta forma pode-se assegurar a existência do processo de seleção de tecnologia que não é explícito nas metodologias atuais
- O estabelecimento de uma nova maneira de entender o processo de seleção de tecnologia da informação que considera o sistema de informação como a fonte possível de métricas.
- A formalização de uma nova estrutura para o sistema de informação.

5.4. Sugestões para trabalhos futuros.

- Continuar o desenvolvimento do modelo do sistema de informação de forma a avaliar o comportamento da quantidade de informação considerando o atraso nas transferências de informação entre os nodos.

- Investigar a existência de novas métricas que possam interessar aos objetivos da continuação deste trabalho, estabelecendo a correlação destas métricas com a tecnologia da informação.

- Desenvolver os modelos necessários à inteireza do entendimento do processo seleção de tecnologia da informação e integrar os resultados obtidos.

- Desenvolver as ferramentas de auxílio ao processo de seleção de tecnologia.

Considera-se que na continuação deste trabalho, o modelo desta dissertação deve ser prioritariamente desenvolvido para considerar o atraso nas transferências de informação entre os nodos.

5.5. Conclusão.

A principal característica dos resultados obtidos e consolidados nesta dissertação é que estes não são um fim em si mesmo. O modelo estabelecido, embora ainda bastante simples tem o mérito, na avaliação do seu autor, de estabelecer algumas idéias que permitem iniciar o desenvolvimento de um complexo modelo para a avaliação do sistema de informação com vistas ao objetivo maior que é a modelagem do processo de seleção de tecnologia.

Deve-se ressaltar que se desconhece a existência de estudos anteriores, que considerem o entendimento do sistema de informação como estabelecido neste trabalho. À exceção do trabalho de J. W. Forrester que forneceu a estrutura utilizada para o entendimento do sistema de informação, não foi encontrada, nas fontes pesquisadas, literatura técnica que considere os objetivos deste trabalho.

Os resultados obtidos com o modelo definido, e a proposta de molde estabelecido para o processo de seleção de tecnologia, completam esta dissertação.

Bibliografia.

- 1- [Deut.69] **Deutsch, Ralph.** *System Analysis Techniques*, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1969. Prentice Hall Electrical Engineering Series, Library of Congress Catalog Card Number 69-13577. 489 p.
- 2- [Emsh.70] **Emshoff, James R. & Sisson, Roger L.** *Design and Use of Computer Simulation Models*, New York, Macmillan, 1970. Library of Congress Catalog Card Number 72-96739. 320 p.
- 3- [Exam.93] Para onde vão as quatro rodas in *Exame*, São Paulo, ano 25, nº 10, 46-49, 12/05/93.
- 4- [Ferr.75] **Ferreira, Aurélio Buarque de Holanda.** *Novo Dicionário da Língua Portuguesa*, Rio de Janeiro, Editora Nova Fronteira, 1975. 1519 p.
- 5- [Furl.91] **Furlan, José Davi.** *Como elaborar e implementar o planejamento estratégico de sistemas de informação*, São Paulo, Makron, McGraw-Hill, 1991. ISBN 0-07-460679-4. 222 p.
- 6- [Gray.91] **Gray, Pamela A.** *Open Systems: a business strategy for the 1990*, Berkshire, McGraw-Hill, 1991. ISBN 0-07-707244-8. 275 p.
- 7- [Ho.87] **Ho, Y. C.** Discrete event dynamics systems - perspectives and open problems in *IEEE Transactions in Automat. Cont.* New York, vol. AC-32, 563-572. 1987.
- 8- [Klei.75] **Kleinrock, Leonard.** *Queueing Systems, theory*, New York, John Wiley & Sons, 1976, vol.1. Wiley-Interscience Publication. ISBN 0-471-49110-1. 435 p.
- 9- [Klei.76] **Kleinrock, Leonard.** *Stochastic Message Flow and Delay*, New York, Dover Publications , 1972. ISBN 0-486-61105-1. 219 p.
- 10- [Klei.76a] **Kleinrock, Leonard.** *Queueing Systems, computer applications*, New York, John Wiley & Sons, 1976. vol. 2. Wiley-Interscience Publication. ISBN 0-471-49111-X. 569 p.
- 11- [Koen.67] **Koenig, Herman E. et alli.** *Analysis of Discrete Physical Systems*, New York, McGraw-Hill, 1967. McGraw-Hill Electrical and Electronic Engineering Series. Library of Congress Catalog Card Number 66-24464. 470 p.

12. [Laka.91] **Lakatos, Eva M. & Marconi, Marina de Andrade.** *Metodologia Científica*, 2 ed, São Paulo, Atlas, 1991. ISBN 85-224-0641-3. 249 p.
13. [Laka.92] **Lakatos, Eva M. & Marconi, Marina de Andrade.** *Metodologia do Trabalho Científico*, 4.ed, São Paulo, Atlas, 1992. ISBN 85-224-0859-9. 214 p.
14. [Mage.67] **Magee, John F. & Boodman, David M.** *Production Planning and Inventory Control*, 2nd ed., New York, McGraw Hill, 1967. Library of Congress Catalog Card Number 67-17199. 407 p.
15. [Mame.87] **Mamer, John W. & McCardle, Kevin F.** Uncertainly, Competition, and the Adoption of New Technology in *Management Science*, The Institut of Management Sciences, vol. 33, nº 2, 161-177. 1987.
16. [McCa.85] **McCardle, Kevin F.** Information Acquisition and the Adoption of New Technology in *Management Science*, The Institut of Management Science, vol 31, nº 11, 1372-1389. 1985.
17. [McMi.73] **Mcmilan, Claude & Gonzalez, Richard F.** *Systems Analysis*, a computer approach to decision models, 3 ed, Homewood, Irwin, 1973. Irwin Series in Quantitative Analysis for Business. ISBN 0-256-01439-6. 624 p.
18. [Nogu.86] **Nogueira, Antonio Roberto Ramos & Garcia, Julio M. P. P. Loureiro.** *Avaliação e Seleção de Sistemas*, um enfoque de Tecnologia da Informação, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos S.A, 1986. ISBN 85-216-0466-1. 184 p.
19. [Olle.83] **Olle T. W.** *Information Systems Design Methodologies: a feature analysis*, Amsterdam, Elsevier Science Publishing Company Inc., 1983. ISBN 0-444-86705-8. 266 p.
20. [Rein.81] **Reinganum, Jennifer F.** On the Difusion of New Technology: A Game Theoretic Approach in *Review of Economics Studies*, The Society for Economic Analysis Limited, vol. XLVIII, 395-405. 1981.
21. [Rive.80] **Rivett, Patrick.** *Model Building for Decision Analysis*, Chichester, Jonh Willey, 1980. ISBN 0-471-27654-5. 183 p.
22. [Seve.91] **Severino, Antonio Joaquim.** *Metodologia do Trabalho Científico*. 17 ed. rev, São Paulo, Cortez Editores Associados, 1991. ISBN 85-249-0050-4. 252 p.

- 23- [Smit.93] **Smith, Emily T.** Artificial Intelligence Punches in at the Factory. in *Business Week*, 47, abril, 1993.

ANEXO

Especificações do Modelo no *Mathematica*

Cult Metais Ltda

Cenário:

**Cliente altera especificação de um produto
que se encontra em fase de produção**

Caracterização dos Nodos:

**Nodo 1: Divisão de Marketing
Nodo 2: Divisão de Engenharia
Nodo 3: Divisão de Planejamento Produção
Nodo 3: Divisão de Produção
Nodo 4: Divisão de Materiais I
Nodo 5: Divisão de Compras
Nodo 6: Divisão de Finanças**

Caracterização das Informações:

**Especificação do Cliente
Especificação de Engenharia
Planos de Produção
Forecast de Material
Pedido de Material
Forecast de Compras**

Definição dos Parâmetros da Situação Inicial

- Quantidade de Informação Recebida do Meio Ambiente (gama)

gama = {4, 0, 0, 0, 0, 0, 0}

- Facilidade de Geração de Informação (delta)

delta = {0.0087, 0.0058, 0.0173, 0.0347, 0.0347, 0.0347, 0.0347 }

- Recursos do Nodo (alfa)

alfa = {0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2}

- Volatilidade Intrínseca da Informação (lambda)

lambda = {0.0866, 0.0578, 0.1733, 1.3466, 1.3466, 1.3466, 1.3466}

- Volatilidade da Informação Armazenada (malambda)

malambda = {0.0866, 0.0578, 0.1733, 1.3466, 1.3466, 1.3466, 1.3466}

- Organização do Nodo (pabeta)

pabeta = {0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5}

Percentual de Transferência de Informação entre os Nodos (r)

```
r = { {0,0,0,0,0,0,0},
      {0.5,0,0,0,0,0,0},
      {0,0.5,0,0,0,0,0},
      {0,0,0.5,0,0,0,0},
      {0,0,0,0.5,0,0,0},
      {0,0,0,0,0.5,0,0},
      {0,0,0,0,0,0.5,0} };
```

Tabela do Percentual de Transferência de Informação entre os Nodos (r)

```
TableForm[r]
```

Tecnologia de Interação nos Canais de Comunicação (madelta)

```
madelta = { {0,0,0,0,0,0,0},
            {0.09,0,0,0,0,0,0},
            {0,0.09,0,0,0,0,0},
            {0,0,0.09,0,0,0,0},
            {0,0,0,0.09,0,0,0},
            {0,0,0,0,0.09,0,0},
            {0,0,0,0,0,0.09,0} };
```

Tabela da Tecnologia de Interação nos Canais de Comunicação (madelta)

```
TableForm[madelta]
```

Intervalo de Tempo de Chegada de Informação do Meio Ambiente (tma)

```
tma = {3,4}
```

Definição dos Parâmetros da Primeira Alteração do Cenário.

- Quantidade de Informação Recebida do Meio Ambiente (gama)

gama = {4, 0, 0, 0, 0, 0, 0}

- Facilidade de Geração de Informação (delta)

delta = {0.0087, 0.0058, 0.0173, 0.0347, 0.0347, 0.0347, 0.0347 }

- Recursos do Nodo (alfa)

alfa = {0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5}

- Volatilidade Intrínseca da Informação (lambda)

lambda = {0.0866, 0.0578, 0.1733, 1.3466, 1.3466, 1.3466, 1.3466}

- Volatilidade da Informação Armazenada (malambda)

malambda = {0.0866, 0.0578, 0.1733, 1.3466, 1.3466, 1.3466, 1.3466}

- Organização do Nodo (pabeta)

pabeta = {0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 0.7}

Percentual de Transferência de Informação entre os Nodos (r)

```
r = { {0,0,0,0,0,0,0},
      {0.5,0,0,0,0,0,0},
      {0,0.5,0,0,0,0,0},
      {0,0,0.5,0,0,0,0},
      {0,0,0,0.5,0,0,0},
      {0,0,0,0,0.5,0,0},
      {0,0,0,0,0,0.5,0} };
```

Tabela do Percentual de Transferência de Informação entre os Nodos (r)

```
TableForm[r]
```

Tecnologia de Interação nos Canais de Comunicação (madelta)

```
madelta = { {0,0,0,0,0,0,0},
            {0.09,0,0,0,0,0,0},
            {0,0.09,0,0,0,0,0},
            {0,0,0.09,0,0,0,0},
            {0,0,0,0.09,0,0,0},
            {0,0,0,0,0.09,0,0},
            {0,0,0,0,0,0.09,0} };
```

Tabela da Tecnologia de Interação nos Canais de Comunicação (madelta)

```
TableForm[madelta]
```

Intervalo de Tempo de Chegada de Informação do Meio Ambiente (tma)

```
tma = {3,4}
```

Definição dos Parâmetros da Segunda Alteração do Cenário.

- Quantidade de Informação Recebida do Meio Ambiente (gama)

gama = {4, 0, 0, 0, 0, 0, 0}

- Facilidade de Geração de Informação (delta)

delta = {0.0087, 0.0058, 0.0173, 0.0347, 0.0347, 0.0347, 0.0347 }

- Recursos do Nodo (alfa)

alfa = {0.9, 0.9, 0.9, 0.9, 0.9, 0.9, 0.9}

- Volatilidade Intrínseca da Informação (lambda)

lambda = {0.0866, 0.0578, 0.1733, 1.3466, 1.3466, 1.3466, 1.3466}

- Volatilidade da Informação Armazenada (malambda)

malambda = {0.0866, 0.0578, 0.1733, 1.3466, 1.3466, 1.3466, 1.3466}

- Organização do Nodo (pabeta)

pabeta = {0.9, 0.9, 0.9, 0.9, 0.9, 0.9, 0.9}

Percentual de Transferência de Informação entre os Nodos (r)

```
r = { {0,0,0,0,0,0,0},
      {0.5,0,0,0,0,0,0},
      {0,0.5,0,0,0,0,0},
      {0,0,0.5,0,0,0,0},
      {0,0,0,0.5,0,0,0},
      {0,0,0,0,0.5,0,0},
      {0,0,0,0,0,0.5,0} };
```

Tabela do Percentual de Transferência de Informação entre os Nodos (r)

```
TableForm[r]
```

Tecnologia de Interação nos Canais de Comunicação (madelta)

```
madelta = { {0,0,0,0,0,0,0},
            {0.001,0,0,0,0,0,0},
            {0,0.001,0,0,0,0,0},
            {0,0,0.001,0,0,0,0},
            {0,0,0,0.001,0,0,0},
            {0,0,0,0,0.001,0,0},
            {0,0,0,0,0,0.001,0} };
```

Tabela da Tecnologia de Interação nos Canais de Comunicação (madelta)

```
TableForm[madelta]
```

Intervalo de Tempo de Chegada de Informação do Meio Ambiente (tma)

```
tma = {3,4}
```

■ Sistema de Equações Diferenciais.

```
gi[i_][t_] := If[ t >= tma[[1]] && t < tma[[2]], gama[[i]], 0 ]
gj[j_][t_] := If[ t >= tma[[1]] && t < tma[[2]], gama[[i]], 0 ]
eqtd = Join[
  Table[ q[i]'[t] == gi[i][t]
    + delta[[i]] * alfa[[i]] * q[i][t]
    - (malambda[[i]] / pabeta[[i]]) * q[i][t]
    + Sum[ r[[i,j]]
      * ( q[j]'[t] +
        ( malambda[[j]] / pabeta[[j]] ) * q[j]
        * E ^ ( -1 * malambda [[j]] * madelta [[i,j]] )
      {j, 1, 7}
    ],
    {i, 1, 7}
  ],
  Table[ q[i][0] == 3, {i, 1, 7} ]
]
```

Solução Simbólica do Sistema de Equações Diferenciais.

```
sol = DSolve[ eqtd, Table[ q[i][t], {i, 1, 4} ], t ]
```

Solução Numérica do Sistema de Equações Diferenciais.

```
sol = NDSolve[ eqtd, Table[ q[i], {i, 1, 7} ], {t, 0, 20} ]
```

Integral da Função Solução do Sistema de Equações Diferenciais.

```
Integrate[ sol, Table[ q[i], {i, 1, 7} ], {t, 0, 10} ]
```

■ Gráficos das Funções Solução.

■ Solução do Nodo 1: Divisão de Marketing.

```
Plot[ Evaluate[ q[1][t] /. sol ], {t, 0, 20},  
      AxesLabel -> {"t", "I(t)"},  
      PlotLabel -> "DIVISÃO DE MARKETING",  
      AxesOrigin -> {0,0} ]
```

■ Solução do Nodo 2: Divisão de Engenharia.

```
Plot[ Evaluate[ q[1][t] /. sol ], {t, 0, 20},  
      AxesLabel -> {"t", "I(t)"},  
      PlotLabel -> "DIVISÃO DE ENGENHARIA",  
      AxesOrigin -> {0,0} ]
```

■ Solução do Nodo 3: Divisão de Planejamento da Produção.

```
Plot[ Evaluate[ q[3][t] /. sol ], {t, 0, 20},  
      AxesLabel -> {"t", "I(t)"},  
      PlotLabel -> "DIVISÃO DE PLAN.PRODUÇÃO",  
      AxesOrigin -> {0,0} ]
```

■ Solução do Nodo 4: Divisão de Produção.

```
Plot[ Evaluate[ q[4][t] /. sol ], {t, 0, 20},  
      AxesLabel -> {"t", "I(t)"},  
      PlotLabel -> "DIVISÃO DE PRODUÇÃO",  
      AxesOrigin -> {0,0} ]
```

■ **Solução do Nodo 5: Divisão de Materiais I.**

```
Plot[ Evaluate[ q[5][t] /. sol ], {t, 0, 20},  
      AxesLabel -> {"t", "I(t)"},  
      PlotLabel -> "DIVISÃO DE MATERIAIS I",  
      AxesOrigin -> {0,0} ]
```

■ **Solução do Nodo 6: Divisão de Compras.**

```
Plot[ Evaluate[ q[6][t] /. sol ], {t, 0, 20},  
      AxesLabel -> {"t", "I(t)"},  
      PlotLabel -> "DIVISAO DE COMPRAS",  
      AxesOrigin -> {0,0} ]
```

■ **Solução do Nodo 7: Divisão de Finanças.**

```
Plot[ Evaluate[ q[7][t] /. sol ], {t, 0, 20},  
      AxesLabel -> {"t", "I(t)"},  
      PlotLabel -> "DIVISÃO DE FINANÇAS",  
      AxesOrigin -> {0,0} ]
```