

### **3. Análise de Investimento em AMT**

A problemática relacionada ao processo de justificação da adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura converge para a dificuldade de se avaliar os benefícios tangíveis e intangíveis proporcionados por tais tecnologias. Nesse capítulo, será sumarizado os benefícios proporcionados pelas AMTs, assim como as ferramentas atualmente utilizadas para avaliar o investimento nessas tecnologias. Finalizando, será apresentada a metodologia escolhida pelo autor para apoiar o processo de decisão quanto ao investimento de tecnologias de manufatura.

#### **3.1 Benefícios tangíveis e intangíveis proporcionados pela AMT**

O foco desse tópico é a coleta e contextualização do papel dos benefícios tangíveis e intangíveis dentro de uma empresa e, posteriormente, identificar os benefícios proporcionados pelas AMTs.

Tradicionalmente, as empresas elaboram estudos de viabilidade técnica e econômica para avaliarem alternativas e decidirem pelos seus investimentos. Entretanto, em certos casos, existem critérios de natureza intangível que não são levados em consideração devido às dificuldades em quantificá-los.

É no gerenciamento desses ativos intangíveis, como flexibilidade, conhecimento e inovação, que se sustenta a vantagem competitiva no atual cenário industrial (SELLITO e RIBEIRO, 2004).

Perez e Famá (2004) chamam a atenção para o papel dos ativos tangíveis. Para os autores, atualmente, na chamada “sociedade do conhecimento”, os ativos tangíveis podem se tornar *commodities*, propiciando aos seus investidores retornos normais. Os retornos ditos “anormais”, como posições competitivas, se originariam de ativos de natureza intelectual. Os autores afirmam que apenas os ativos intangíveis poderiam permitir a diferenciação entre empresas e a obtenção de vantagens competitivas e que eles têm afetado dramaticamente a estrutura e a estratégia das empresas, onde os intangíveis são elevados à categoria de maior direcionador de valor das empresas nos países desenvolvidos.

Uma característica dos ativos intangíveis é a singularidade, a qual proporciona às empresas diferenciação competitiva. Por exemplo, a título de elucidar a afirmação, ativos tangíveis, como equipamentos, não seriam responsáveis pela maior parte da geração de valor em uma empresa, pois eles poderiam ser reproduzidos com muita facilidade pelos concorrentes. Já o conhecimento tecnológico e os processos de fabricação, são ativos intangíveis responsáveis por grande parte da geração de valor, e são ativos únicos, difíceis de se desenvolver e copiar, daí o destaque à singularidade dos ativos intangíveis (PEREZ e FAMÁ, 2004).

Agregar valor às organizações está relacionado à aplicação do conhecimento junto às tecnologias disponíveis, combinando os ativos tangíveis e intangíveis. (PEREZ e FAMÁ, 2004; ANTUNES, 2000).

Para mensurar os benefícios intangíveis das AMTs, Ordoobadi e Mulvaney (2001) sugerem atrelar ao benefício um indicador. Pode-se dizer que, existe a tentativa de segmentar o benefício intangível em benefícios mensuráveis, por exemplo, o aumento da flexibilidade que é um benefício intangível, tem como sub-benefício flexibilidade de produto, onde um dos indicadores é a redução do *setup*, que é um benefício tangível mensurável. Mas, não é possível pormenorizar o benefício intangível por completo, pois não se pode medir por completo todo o progresso futuro proporcionado por tal tecnologia que objetive aumentar a flexibilidade, e nem se de fato a flexibilidade esperada será efetiva no momento que for requerida.

Outra classificação para ordenar os benefícios tangíveis e intangíveis foi proposta por Irani e Love *apud* Murphy e Simon (2002), em um estudo de caso para investimento em MRP II. Eles separaram os benefícios proporcionados pela tecnologia como estratégicos, táticos e operacionais (Figura 5). Nessa categorização, os benefícios estratégicos e táticos, seriam geralmente intangíveis, de natureza não quantificáveis, e os benefícios operacionais, seriam geralmente tangíveis e de natureza quantificáveis.

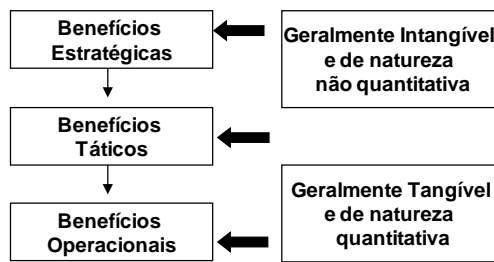


Figura 5 – Natureza dos benefícios estratégicos, táticos e operacionais

Fonte: Murphy e Simon (2002)

Murphy e Simon (2002) descrevem que os benefícios intangíveis estão relacionados com o fator tempo, sendo que a dificuldade de mensuração repousa sobre o fato que os resultados advindos de tais benefícios são geralmente futuros, apresentando dificuldade de mensuração de eventos que ainda estão em progresso.

Trazendo a discussão para mais próximo do objeto de análise dessa pesquisa, Udo e Ehie (1996), estudiosos das tecnologias de manufatura, trazem um conceito de tangibilidade e intangibilidade, conceito esse compartilhado por outros pesquisadores do mesmo tema. Os benefícios tangíveis são aqueles facilmente quantificáveis como a redução de estoques, redução do espaço recinto e a redução do custo de produção. Já os benefícios intangíveis são aqueles de difíceis para quantificar, como aumento da competitividade, aumento da flexibilidade do produto e do processo, e agilidade na resposta ao cliente.

Para finalizar esse tópico, com base na revisão de literatura, foi elaborada uma lista dos benefícios tangíveis e intangíveis proporcionados pelas AMTs (quadro 7). No entanto, esclarece-se que a lista apresentada não se exaure em si mesma, mas compreende uma linha de raciocínio fundamental para o alcance do objetivo da dissertação e para a construção do modelo multicriterial.

Quadro 7 – Benefícios tangíveis e intangíveis proporcionados pelas AMTs

Benefícios		Autores							
		Ordoobadi e Mulvaney (2001)	Small e Yasin (2000 e 2003) Small (1998)	Mechling et al (1995)	Saleh et al(2001)	Sohal (1994) Sohal e Maguire (1996)	Udo e Ehie (1996)	Raymond(2005)	Hofmann e Or (2005)
Intangíveis	Aumento da flexibilidade do produto e processo								
	Aumento da competitividade								
	Aumento da satisfação do cliente								
	Aumento das oportunidades de mercado								
	Aumento da facilidade de operação								
	Ajuste à redução do ciclo de desenvolvimento do produto								
	Aumento do potencial para inovação dos produtos e processos								
	Aumento do potencial para alcançar metas estratégicas								
	Imagem da empresa aprimorada								
	Aumento da habilidade de integração das operações								
	Melhoria no gerenciamento das operações								
	Agilidade na resolução dos problemas								
	Melhoria no gerenciamento da informação								
	Melhoria da qualidade de vida do trabalhador								
Tangíveis	Redução do setup								
	Redução do lead time								
	Redução do estoque								
	Redução de espaço recinto								
	Redução de defeitos								
	Redução do custo de produção								
	Redução de retrabalho								
	Diminuição de custos de mão-de-obra								
	Aumento de unidade produzidas								
	Aumento na participação de mercado								
	Redução no tempo de entrega								
	Aumento na produtividade do trabalhador								
	Redução do tempo de processamento								
	Redução de sobras								
	Redução de custos com ferramenta								
	Aumento da qualidade no produto e processo								
	Aumento da produtividade								

### 3.2 Metodologias Clássicas para Análise de Investimentos em AMTs

Em função das características peculiares e das variáveis que envolvem a adoção de uma tecnologia de manufatura, encontrou-se na revisão de literatura vários modelos para justificação dos investimentos em AMT. A seguir, no quadro 8 são demonstradas as técnicas mais representativas, citadas pelos principais autores sobre o assunto.

Quadro 8 – Abordagens para justificação de investimentos em AMT

<b>Estratégica</b>	<b>Econômica/ Financeira</b>	<b>Análítica</b>
Importância Técnica	<i>Payback</i>	Modelos Multicritérios (Ex. AHP)
Objetivos do negócio	ROI Retorno sobre o Investimento	Programação Matemática: - Programação Inteira - Programação de Metas - Programação Linear
Vantagem Competitiva	Técnicas de Fluxo de Caixa Descontado:	Métodos Estocásticos
Pesquisa e Desenvolvimento	- VPL (Valor Presente Líquido) - TIR (Taxa Interna de Retorno)	Simulação Monte Carlo

A vantagem da abordagem estratégica na análise de investimento da AMT repousa sobre o fato da decisão tomada estar ligada diretamente à estratégia do negócio, pois analisa-se a real importância e a contribuição da aquisição de determinada tecnologia, relacionando a estratégia de manufatura à estratégia global da empresa. A vantagem da análise estratégica é a de considerar a evolução da empresa em longo prazo, observando os aspectos do negócio e da tecnologia a ser empregada (CHAN *et al*, 2001).

Os mesmos autores ressaltam que a análise estratégica não deve substituir a análise econômica e a analítica, sendo ideal a utilização simultânea das técnicas, a fim de assegurar e reduzir ao mínimo o risco no resultado da avaliação.

As técnicas de análise econômica/financeira mais usualmente praticadas na avaliação de investimentos em AMT são o *Payback* (que mensura o tempo de pagamento do investimento), o ROI – *Return Over Investment* (mensura o retorno

sobre o investimento) e as técnicas de FDC – Fluxo de Caixa Descontado, representadas pelo Valor Presente Líquido (VPL) e pela Taxa Interna de Retorno (TIR). Essas técnicas são consideradas clássicas, sendo métodos determinísticos de análise de investimento (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2000), que medem o custo de recuperação do capital.

O terceiro grupo de técnicas para análise de investimentos em AMT é representado pelos métodos analíticos como abordagem de justificação das tecnologias. A implementação desses métodos é mais complexa do que a análise econômica, mas, por outro lado, são métodos mais confiáveis para análise de investimento em tecnologias avançadas de manufatura, porque ponderam os fatores intangíveis de forma mais realista, facilitando a tomada de decisão. Dentre as técnicas citadas, serão tratados particularmente, os modelos de escores, por representar a técnica “chave” discutida nessa dissertação.

Das técnicas acima categorizadas serão destacadas aquelas mais discutidas academicamente na avaliação de AMT.

### **3.2.1 Técnicas Econômicas/ Financeiras**

Uma pesquisa realizada pelos autores, Wilkes, Samuels e Greenfield (1996), em 62 empresas do Reino Unido, demonstrou que os métodos financeiros tradicionalmente utilizados na avaliação das AMTs são o *Payback* e o Fluxo de Caixa Descontado.

Em pesquisa realizada com 50 empresas na Alemanha (HOLFMAN e ORR, 2005), observou-se que 92% das empresas usam o *Payback*, 54% usam o ROI, 46% usam FCD e 21% usam análise de sensibilidade. Da amostra, 48% usam duas dessas técnicas, e somente 4% usam as quatro técnicas. Outro resultado foi encontrado em uma pesquisa realizada na Austrália e Reino Unido por Sohal (1994), demonstrando *ranking* similar no uso das técnicas financeiras.

Entretanto, muito se discute sobre a funcionalidade dessas técnicas para avaliar a adoção das tecnologias de manufatura. A partir do próximo tópico, serão descritas as técnicas, bem como as vantagens e desvantagens.

### 3.2.1.1 *Payback*

O método do *Payback* mede o tempo necessário para se ter de volta o capital investido. Seu valor fornece indicativo do risco do investimento. Quanto maior é o *payback* de um investimento, mais tempo deverá ser necessário para se obter o capital investido de volta e, portanto, maior o seu risco. Por outro lado, projetos de *payback* pequenos são menos arriscados, uma vez que se projeta um período menor de recuperação o capital investido (BRASIL, 2002).

Fórmula para cálculo do *payback*:

$$P \& B = \frac{\sum A}{\sum Q}$$

Onde:

$\sum A$  = Soma do investimento inicial, assim como de todos os fluxos negativos.

$\sum Q$  = Soma de todos os fluxos positivos originados pelo projeto de investimento.

De acordo com Motta e Calôba (2002), o *payback* é utilizado como referência para julgar a atratividade relativa das opções de investimento. Deve ser encarado com reservas, apenas como um indicador, não servindo para seleção entre alternativas de investimento.

A ressalva acima em relação ao *payback* é confirmada por autores (SALEH *et al*, 2001; CHAN *et al*, 2001; ORDOOBADI e MULVANEY, 2001; SMALL e CHEN, 1995) que estudam a técnica para avaliar investimentos em AMT. A despesa financeira para a aquisição das tecnologias de manufatura, geralmente é elevada, e o *payback*, na maioria dos casos, é mais longo do que o requerido por outros investimentos, induzindo ao tomador de decisão abortar o projeto, advindo daí a necessidade de uma análise híbrida, envolvendo outras técnicas.

### 3.2.1.2 Método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD)

A avaliação realizada pelo método do FCD se baseia na teoria de que o valor de um negócio depende dos benefícios futuros que ele irá produzir, descontados para um

valor presente, através da utilização de uma taxa de desconto apropriada (taxa de retorno requerida), a qual reflita os riscos inerentes aos fluxos estimados.

A base para o método do fluxo de caixa descontado é que o dinheiro tem mais valor hoje que no futuro, não pela desvalorização do dinheiro, mas pelas oportunidades que se tem hoje e que poderão não existir no futuro, ou ainda, pelo custo do capital para a realização do investimento. O ponto fraco nos métodos de fluxo de caixa descontado é a escolha da taxa de desconto.

Um dos livros mais importantes dos anos 80 na área de negócios foi sem dúvida, o *“Restoring our Competitive Edge”* dos professores Hayes e Wheelwright (1984), respectivamente de Harvard e Stanford. Os autores lançaram a base da chamada Manufatura Classe mundial, ajudando a mudar os rumos das empresas americanas em face a indústria japonesa. A respeito dos investimentos das empresas, os autores observaram que, entre outros fatores, as companhias tendiam a utilizar taxas muito altas, penalizando os componentes futuros mais distantes do fluxo de caixa. Ademais, as companhias direcionavam indiretamente, via taxa de desconto, os investimentos. O que parece ser atitudes inócuas teve, segundo os autores, efeitos importantes a longo prazo na competitividade das companhias. Em suas palavras:

...there is increasing evidence, for example, that since the mid-1960 U.S. firms have increased their hurdle rates for investments designed to reduced manufacturing costs. If so, it provides another explanation for the decline in the rate of productivity growth in the United states in the 1970s. (HAYES e WHEELWRIGHT,1984, p.144)

Definir a taxa de desconto é uma atividade complexa, sendo a escolha afetada principalmente pelos fatores:

- Custo de oportunidade do capital;
- Risco e taxa mínima de atratividade;
- Custo de capital e
- Inflação.

A inflação afeta a taxa de desconto de uma forma direta. De forma geral, a taxa de inflação é “embutida” na taxa de desconto, via custo de capital, uma vez que as



taxas de juros geralmente consideram uma expectativa de inflação. Isso causa um problema: se a inflação está embutida na taxa de desconto, as receitas e custos futuros deveriam ser corrigidos, também pela inflação, caso contrário, se estaria aplicando uma penalização adicional aos ganhos futuros.

O principal indicador do método de Fluxo de Caixa Descontado é o Valor Presente Líquido (VPL), discutido a seguir.

### 3.2.1.2.1 Valor Presente Líquido (VPL)

O valor presente líquido calculado para um projeto significa o somatório do valor presente das parcelas periódicas de lucro econômico gerado ao longo da vida útil de um projeto. O lucro econômico pode ser definido como a diferença entre a receita periódica e o custo operacional periódico acrescido do custo de oportunidade periódico do investimento, ou seja, o VPL é igual ao valor presente de suas entradas de caixa menos o valor presente de suas saídas de caixa, utilizando-se uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) como taxa de desconto (figura 6).

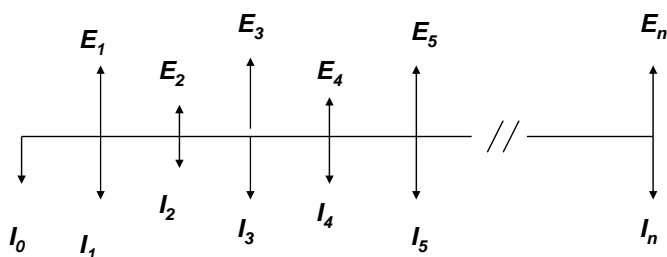


Figura 6 – Diagrama de Fluxo de Caixa Genérico

Fórmula para cálculo do Valor Presente Líquido (VPL):

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{(E - I)^t}{(1 + i)^t} - I_0$$

Sendo:

$E$  = retornos esperados ou os valores recebidos (entrada) ao longo do todo o período considerado de realização do projeto.

$I$  = Investimentos feitos ao longo de todo o período considerado do projeto ( $I_0$  refere-se ao investimento inicial, em quanto  $I_n$  refere-se aos gastos com manutenção, mão-de-obra, etc).

$i$  = taxa de desconto, ou taxa mínima de atratividade

$t$  = período considerado do retorno (1, 2, 3, ...,  $n$ )

$n$  = número de períodos (tempo ou vida útil do projeto).

O critério do VPL fornece indicação a respeito do potencial de criação de valor de um investimento. Se o valor presente líquido for maior do que zero, significa que o investimento deve fornecer um valor adicional ao investidor, após devolver o capital empregado e remunerar todos os agentes financiadores do investimento (o próprio investidor e os credores). Em suma, VPL maior do que zero significa valor extra para o investidor. Nesse sentido, o projeto deve ser aceito (BRASIL, 2002).

O processo de avaliação pelo VPL, mesmo sendo efetuado através de modelos matemáticos, envolve julgamentos subjetivos e, por conseqüência, suscetíveis a incertezas e erros (ENDLER, 2004). A fim de minimizar os riscos, os tomadores de decisão, em muitos casos, incorporam na taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade as incertezas.

O indicador VPL diminui com o aumento da taxa de desconto. Quanto mais distante no tempo a parcela do fluxo de caixa, mais ela é penalizada, o que pode tornar improvável a aprovação de alternativas de projeto envolvendo as AMTs. Para uma taxa de desconto de 20% ao ano (comum na maioria dos projetos envolvendo AMT), uma parcela de fluxo de caixa a ser recebida ao final do décimo ano é equivalente hoje a apenas  $(1+0,2)^{-10} = 0,16$  de seu valor.

Esse ponto é extremamente criticado pelos avaliadores das AMTs. Vários autores (CHAN *et al*, 2001; KARSAK e TOLGA, 2001; LEE, 1996; ORDOOBADY e MULVANEY, 2001; SAMBASIVARAO e DESHMUKH, 1995; HOFMAN e ORR, 2005) sinalizam que a grande subjetividade intrínseca nessa taxa e a falta de informações seguras constituem fatores que podem levar a erros no cálculo de avaliação de um projeto. Observa-se que os projetos para adoção de tecnologia de manufatura não

são aceitos por não apresentarem um VPL satisfatório, resultado esse influenciado pela taxa de desconto abusiva.

Karsak e Torga (2001) descrevem que as técnicas de FCD são as mais populares, porém não parecem satisfatórias para avaliação das AMTs, devido aos impactos não-monetários presentes no sistema. Os mesmos autores comprovaram em uma pesquisa realizada nos Estados Unidos e Reino Unido, que 80% dos respondentes relataram a dificuldade de se avaliar todos os benefícios da AMT considerando somente o processo de justificação financeira, principalmente os retornos a longo prazo, que são potenciais para a competitividade da empresa.

### **3.2.1.3 Técnicas Analíticas – Modelos Multicritérios**

A vertente mais recente de desenvolvimento metodológico no contexto da tomada de decisão caracteriza-se por abordar a solução de problemas decisórios à luz de vários critérios. Casarotto Filho e Kopittke (2000), por exemplo, concluem que para a análise global do investimento, é necessário considerar pelo menos três critérios:

- ✓ Critérios econômicos: rentabilidade do investimento;
- ✓ Critérios financeiros: disponibilidade de recursos;
- ✓ Critérios imponderáveis: fatores não conversíveis em dinheiro.

Os modelos de multicritérios são utilizados quando a decisão a ser encontrada busca maximizar a satisfação do decisor, considerando-se um conjunto de critérios de decisão simultaneamente, conforme descreve Costa (2002 e 2005).

Na literatura, tais metodologias têm sido denominadas de Método Multicritério de Análise de Decisão (MMAD) do inglês *Multicriteria Decision Making* (MCDM) ou *Multicriteria Decision Aid* (MCDA).

Para Costa (2002), uma das principais e das mais atraentes características das metodologias de multicritério é que as mesmas reconhecem a subjetividade como inerente aos problemas de decisão e utilizam julgamento de valor como forma de tratá-la cientificamente.

Dentre as metodologias caracterizadas na literatura como pertencentes à disciplina MMAD, as mais conhecidas são:

- ✓ Método de Análise Hierárquica (*Analytic Hierarchic Process* – AHP);
- ✓ Métodos da família ELECTRE (*ELimination Et Choise TRadusàint la rEaliti*);
- ✓ Método PROMETHEE;
- ✓ Método Macbeth.

O foco do presente trabalho é o uso da Análise Hierárquica de Processos (AHP) como ferramenta para avaliação de investimentos em AMT. Portanto, no próximo capítulo serão aprofundados os conceitos relacionados a esse método de análise multicritério, justificando o motivo da sua escolha como uma ferramenta de apoio à decisão.