O custo total de propriedade para auxílio à decisão de compra de molde de injeção plástica

Andre Luiz Rocha (UFAM) - andrerocha_5@yahoo.com.br

Silvana Dacol (UFAM) - sdacol@ufam.edu.br

Resumo:

A constatação de que os pólos produtores de moldes de injeção plástica no Brasil conseguem fornecer produtos de qualidade com preço equivalente aos coreanos, leva ao questionamento de quão abrangente tem sido a análise financeira para as aquisições de moldes. Neste sentido, esta pesquisa identifica o custo total de propriedade (TCO) de um molde de injeção plástica, e sintetiza os elementos mais significativos equacionando-os em um modelo básico, para auxílio à decisão de compra nas indústrias. Para tal desenvolveu-se uma pesquisa aplicada e descritiva, a partir de fontes bibliográficas para entendimento de custos, caracterização do TCO e de moldes de injeção plástica e identificação dos custos de um molde. A estrutura em que a pesquisa foi desenvolvida por si só tornou-se um roteiro que guia passo a passo a implantação do TCO de moldes em uma indústria, partindo dos conceitos para definirem-se quais tipos de gastos devem ser considerados e como apurá-los; em seguida uma avaliação do molde na indústria, nas atividades envolvidas em sua aquisição, e sua relação com as produtivas e de manutenção; concluindo-se com o processo de classificação, seleção e síntese dos elementos que comporão o TCO. Como conclusão, este trabalho apresenta quais os custos mais significativos a serem considerados no TCO de um molde.

Palavras-chave: *Moldes, Custo Total de Propriedade*

Área temática: *Gestão de Custos Logísticos e nas Cadeias Produtivas*

O custo total de propriedade para auxílio à decisão de compra de molde de injeção plástica

Resumo

A constatação de que os pólos produtores de moldes de injeção plástica no Brasil conseguem fornecer produtos de qualidade com preço equivalente aos coreanos, leva ao questionamento de quão abrangente tem sido a análise financeira para as aquisições de moldes. Neste sentido, esta pesquisa identifica o custo total de propriedade (TCO) de um molde de injeção plástica, e sintetiza os elementos mais significativos equacionando-os em um modelo básico, para auxílio à decisão de compra nas indústrias. Para tal desenvolveu-se uma pesquisa aplicada e descritiva, a partir de fontes bibliográficas para entendimento de custos, caracterização do TCO e de moldes de injeção plástica e identificação dos custos de um molde. A estrutura em que a pesquisa foi desenvolvida por si só tornou-se um roteiro que guia passo a passo a implantação do TCO de moldes em uma indústria, partindo dos conceitos para definirem-se quais tipos de gastos devem ser considerados e como apurá-los; em seguida uma avaliação do molde na indústria, nas atividades envolvidas em sua aquisição, e sua relação com as produtivas e de manutenção; concluindo-se com o processo de classificação, seleção e síntese dos elementos que comporão o TCO. Como conclusão, este trabalho apresenta quais os custos mais significativos a serem considerados no TCO de um molde.

Palavras chave: Moldes, Custo Total de Propriedade.

Área temática: Gestão de Custos Logísticos e nas Cadeias Produtivas.

1 Introdução

A busca por uma avaliação econômica adequada para auxiliar a decisão de compra de equipamentos produtivos tem motivado pesquisas e gerado publicações. Nestas os autores concluem ser financeiramente vantajoso para a decisão de compra considerarem-se os custos estimados resultantes da aquisição de bens de capital, além do preço e da logística de recebimento (ASK e LASETTER, 2000; CASAROTTO e KOPITTKE, 2000; ROCHA e DACOL, 2006; SALIBA, 2006).

Desses estudos surgiu o custo total de propriedade (TCO, *total ownership costs*), que apura o impacto financeiro, em curto, médio e longo prazo, de se adquirir determinado material de um fornecedor específico (ASK e LASETTER, 2000; SALIBA, 2006).

Entretanto, ainda predomina a prática da decisão baseada no preço, conforme constatado por Ask e Lasetter (2000), em pesquisa na qual os executivos declararam não utilizar o custo total de propriedade, mesmo considerando-o um dos métodos mais valiosos para compras.

O estudo de Ferro (2001) indica que esta prática também é a predominante na aquisição de moldes de injeção plástica. O autor, assim como Rocha e Dacol (2006), questionam o fato de empresas no Brasil importarem a maioria de seus moldes, havendo produtores nacionais que conseguem fornecer moldes de qualidade com preços próximos aos dos coreanos, conforme constatado pela Radiografia nacional da indústria de moldes e ferramentas para a transformação de plástico.

O preço é um dos elementos do custo total de propriedade, conhecer os demais custos significativos de cada opção de molde disponível em uma cotação contribui para que a tomada de decisão de compra proporcione o melhor retorno sobre o investimento (ASK e LASETTER, 2000; SALIBA, 2006).

Neste contexto, este trabalho busca identificar os elementos que compõem o custo total de propriedade de um molde de injeção plástica, e sintetizar os mais significativos de forma a proporcionar informação adequada para auxiliar decisões de compra em indústrias.

2 Terminologias contábeis

A apresentação da terminologia da contabilidade de custos é importante devido à comum utilização equivocada de seus termos (PEREZ *et al*, 2005).

Custo é um tipo de gasto, e gastos são o consumo genérico de bens ou serviços, e dependendo de sua aplicação podem ser classificados em custos, despesas, perdas, desperdícios ou investimentos (PADOVEZE, 2005; PEREZ *et al*, 2005).

Terminologia	Definição	Comentário / características
Gastos	Consumo genérico de bens ou serviços	Podem ser custos, despesas, perdas, desperdícios ou investimentos
Custos	Gastos relativos aos recursos que agregam valor diretamente aos produtos e serviços vendidos pela empresa	Não diminuem o patrimônio da empresa, pois ao ocorrerem transformam-se em valor em estoque
Despesas	Gastos relativos às atividades administrativas e comerciais de geração de receitas e manutenção dos negócios da empresa	Diminuem imediatamente a riqueza da empresa, por serem lançadas contabilmente no mesmo período que ocorrem e por não serem estocadas
Perdas	Gastos anormais ou involuntários, ocorridos em situações excepcionais, que não agregam valor aos produtos ou serviços, nem geram receitas	Diminuem imediatamente a riqueza da empresa, por serem lançadas contabilmente no mesmo período em que ocorrem e por não serem estocadas
Desperdícios	Gastos que podem ser eliminados sem prejuízo da qualidade ou quantidade dos produtos, serviços ou receitas	Sua eliminação aumenta imediatamente a lucratividade da empresa, sendo fator determinante para o sucesso ou fracasso do negócio
Investimentos	Gastos efetuados em ativos ou que serão imobilizados ou diferidos	São ativados em função de sua vida útil ou de benefícios futuros
Insumo	Recursos necessários para consumo no processo de produção de determinada quantidade de bem ou serviço	Termo típico do setor industrial. São essenciais ao processo produtivo. A falta de um insumo impede a produção do bem ou serviço ou reduz a vida útil de ativo produtivo. Exemplo: matéria-prima, mão-de-obra, água, energia, depreciação (equipamento), gastos gerais

FONTE: Casarotto e Kopittke (2000); Dacol (2005); Perez *et al* (2005); Padoveze (2005).

Quadro 1 – Terminologias contábeis e sua definição.

3 Custo total de propriedade

O custo total de propriedade é definido como uma abordagem complexa que quantifica todos os gastos relevantes das atividades de aquisição, posse e uso de um bem comprado, assim como todos os gastos relacionados a cada fornecedor (ASK e LASETER, 2000; SALIBA, 2006).

Segundo Degraeve, Labro e Roodhooft (2000) *apud* Saliba (2006), é através da implementação do custo total de propriedade que o verdadeiro custo de aquisição de um item ou serviço pode ser determinado.

No método do TCO, o termo custos é aplicado como sinônimo de gastos, englobando custos e despesas (PADOVEZE, 2005; PEREZ *et al*, 2005).

Para viabilizar sua aplicação prática, Ellram, Degraeve e Roodhooft *apud* Saliba (2006), afirmam que devem ser analisados no TCO apenas os custos relevantes.

Como processo de identificação dos custos mais importantes, sugerem discussões internas à empresa, bem como a utilização de técnicas tais como o diagrama de Pareto.

Os autores apresentam três modelos de categorização dos custos, que são: por atividades-chave da função compras, por lógica temporal e por níveis hierárquicos de custos.

No modelo de categorização por atividades-chave, os custos que compõem o TCO são classificados em seis categorias principais de atividades relacionadas ao processo de compras, que são: preço de compra, qualidade, entrega, comunicação, serviço e administração.

Na categorização por lógica temporal os custos que compõem o TCO são segmentados conforme o momento em que ocorrem na empresa compradora, de acordo com as três categorias básicas de atividades: pré-transação, transação e pós-transação.

Os custos pré-transação ocorrem antes do recebimento dos itens comprados e da colocação do pedido. Inclui todos os custos incorridos pela empresa desde o momento em que algum funcionário tem a idéia ou inicia o processo para verificação da possibilidade de compra de determinado item até, de forma exclusiva, a colocação do pedido para sua compra (ASK e LASETER, 2000; SALIBA, 2006).

Os custos de transação englobam todos aqueles incorridos desde o pedido até o recebimento, incluindo o preço do item.

Os custos pós-transação são os incorridos após o item comprado estar em propriedade da empresa. A ocorrência real destes custos pode se dar logo após o recebimento do pedido de compra ou anos depois, com o item em uso, conserto ou sucateamento.

Os custos desta categoria são os mais freqüentemente ignorados pelas equipes de compra. Quanto mais tempo decorre até sua ocorrência, menor é a probabilidade do custo ser relacionado com a compra ou o fornecedor específicos (ASK e LASETER, 2000; SALIBA, 2006).

No caso específico de componentes do produto, as empresas tendem a associar à aquisição os custos de parada de linha, falha do componente no produto e problemas pós venda, quando estes ocorrem pouco tempo após a compra.

No caso de bens de capital, os custos de parada de equipamento, manutenções e baixo índice de qualidade são comumente associados à aquisição, porém raramente são contabilizados e analisados em função do bem adquirido ou do fornecedor, a menos que a empresa utilize a abordagem do custo total de propriedade (SALIBA, 2006).

Na categorização por níveis hierárquicos, os custos são ordenados conforme sua freqüência de ocorrência. Degraeve e Roodhooft (1996, 1999) *apud* Saliba (2006).

Em estudo exploratório realizado com o *Institute for Supply Management* (ISM), Ferrin e Plank (2002 *apud* SALIBA, 2006) identificam componentes objetivos e subjetivos do TCO. Uma das conclusões desse estudo, e da grande diversidade de custos identificados, é que obter um modelo único e completo para determinação do TCO pode ser um objetivo utópico (SALIBA, 2006).

4 Modelagem do custo total de propriedade

Da experiência obtida pelas empresas que já o implementaram, Ellram (1993), Anderson, Wouters e Wynstra (2005) *apud* Saliba (2006), observaram que exige significativa mudança cultural no perfil da equipe de compras, para substituir a orientação por preço por uma filosofia de custo total.

Embora não se conheça ainda um procedimento sistematizado para implementação do TCO, Ask e Laseter (2000) propõem um roteiro básico, com cinco etapas, que caracteriza-se por desenvolver a capacitação do modelo a partir de uma forma simples, avançando em precisão com o tempo. Este roteiro envolve as seguintes etapas:

- Criar uma linha-base dos gastos para cada grupo de mercadoria e segmentá-los;

- Quantificar os elementos significativos dos custos, desenvolvendo-se um modelo geral do custo total de propriedade que permita quantificar o impacto de cada segmento dos gastos da família em análise sobre o item a ser adquirido;
- Usar fatores determinantes para construir o modelo de TCO no nível de item homogêneo;
- Construir um modelo de custo total no nível do fornecedor, baseado nos principais fatores determinantes. Se tiver sido bem montado, os custos de propriedade refletirão o fato de que os fornecedores não são idênticos;
- Montar tabela de custos no nível do item individual.

Por maior que seja a sofisticação conceitual do modelo, ele dependerá da qualidade das informações. Como citado por Ask e Laseter (2000, p. 82), "os melhores modelos são aprovados pelo teste que Albert Einstein aplicava a suas teorias: o mais simples possível, porém não mais simples que o possível".

5 O molde de injeção plástica e seus custos

O molde é uma complexa construção metálica, normalmente de aços especiais, com um elaborado sistema para fluxo de resina, canais internos de circulação de fluido refrigerante e dispositivos de ejeção da peça pronta.

O molde de injeção plástica é um produto tradicionalmente adquirido pronto, diretamente de um fornecedor. Na aquisição, um dos custos que primeiro se destaca é o preço, explícito e bem definido.

No processo logístico de transferência do molde para as instalações do cliente há custos que podem ser diretamente apropriados, e há custos indiretos, cuja alocação é estimada ou arbitrária.

Dentre os diretos estão custos de fretes, impostos, seguros, armazenagens e taxas, podendo haver também juros em caso de financiamento.

Dentre os indiretos há os relacionados com o prazo de entrega, os custos burocráticos internos do processo específico da compra do molde, custo das atividades exercidas pela equipe de compra e de materiais auxiliares, entre outros (ROCHA e DACOL, 2006).

A quantificação do prazo de entrega tende a ser complexa, quando há atraso no lançamento ao mercado do produto final, injetado no molde, pois é difícil estimar quanto custam as vendas perdidas e os esforços extras despendidos em função do atraso do molde.

Os autores defendem que ao se avaliar um fornecedor, é apropriado estudar qual o risco de atraso tanto na fabricação quanto na entrega, onde se inclui o prazo de liberação aduaneira, no caso dos importados.

Segundo pesquisa do Centro de Estudos em Logística da Coppead/UFRJ, o custo atual de logística no Brasil é 12,6% do PIB (LIMA, 2006).

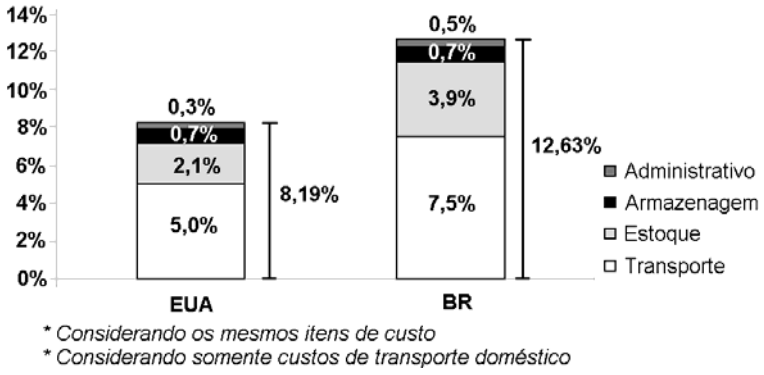

Figura 1 – Custos logísticos no Brasil e EUA.

São componentes dos custos logísticos: embalagem (C_{emb}), frete (C_{frt}), seguro (C_{seg}), impostos, custos de armazenagens (C_{arm}), custos aduaneiros (C_{adu}) e despachantes (C_{dsp}) (PADOVEZE, 2005, PEREZ *et al*, 2005; FERRIN e PLANK, 2002 *apud* SALIBA, 2006; ROCHA e DACOL, 2006).

Além dos custos de aquisição até aqui apresentados, há os custos resultantes desse processo, que podem ou não ser relevantes, dentre eles os custos de parceria com o fornecedor.

Tabela 1 - Custos na aquisição de molde de injeção plástica.

Fonte de custo	**Custo**	**Subitens**
Ferramentaria	Preço FOB	parcelas
	Embalagem	-
Serviços logísticos	Frete	-
	Seguro	-
	Armazenagens	-
	Despachantes	-
	Custos aduaneiros	-
Governo	Impostos	Municipais
		Estaduais
		Federais
Práticas da empresa compradora	Parceria com o fornecedor	

FONTE: Padoveze (2005), Perez *et al* (2005), Ferrin e Plank (2002) *apud* Saliba (2006), Rocha e Dacol (2007).

Comparados aos custos de aquisição, os resultantes do molde dentro da empresa são mais numerosos, mais complexos e menos explícitos, podendo ser decisivos no momento da compra (ASK e LASETER, 2000; ELLRAM, 1993 *apud* SALIBA, 2006).

Na produção, o molde apresenta custos diretos e indiretos, fixos e variáveis, assim como o processo de produção em si.

Os custos diretos resumem-se ao consumo de peças sobressalentes e a serviços contratados especificamente para o molde. Os custos indiretos, entretanto, são em maior número e abrangem, além dos gastos gerais de fabricação e mão-de-obra, os custos devidos a perdas operacionais e de qualidade (KARDEC e XAVIER, 2001).

Segundo o conceito da manutenção produtiva total (MPT), há seis grandes perdas em equipamentos de produção, que são: Quebras; ajustes (*set-up*); pequenas paradas; baixa velocidade; má qualidade; perdas com o ajuste da máquina no início do dia ou após um novo *set-up*. (SHINGO, 1996).

Dentre estas seis grandes perdas nota-se que há algumas que podem ser originadas pelos procedimentos operacionais da empresa, sendo então adequado o estudo de como cada uma costuma acontecer para, então, identificar aquelas originadas especificamente do molde, evitando onerar o equipamento com gastos originados por práticas da empresa.

O *set-up* é o conjunto de todas as atividades executadas para a troca de modelos na produção. Em uma injetora envolve as seguintes atividades: parar a injetora, retirar o molde, buscar o próximo molde, buscar material, buscar ferramentas, fixar o molde a produzir na injetora, limpar o molde, injetar amostras, inspecionar amostras, ajustar parâmetros, injetar amostras ... iniciar produção em série (RIBEIRO, 2007).

O processamento de amostras e ajustagens consome em média 50% do tempo, e os parâmetros são influenciados pelo molde, pela máquina, pelo material plástico e por ruídos da instalação, não havendo nenhum relacionado exclusivamente com as característica do molde (KAZMER, 1995).

As perdas por baixa velocidade e pequenas paradas representam perdas de capacidade e são resultantes de variações de velocidade em produção anormal e de ajustes rotineiros da

produção normal. Estudos de Kazmer (1995; 2000) e de Galdamez e Carpinetti (2004), indicam que essas variações no processo de injeção ocorrem ao se ajustarem os parâmetros fora da faixa apropriada, e não por características intrínsecas ao molde.

Em uma empresa com baixo nível de manufatura enxuta, as perdas por baixa velocidade resultantes dos procedimentos operacionais internos, das más condições dos equipamentos e da falta de treinamento, são muito superiores àquelas originadas pelo equipamento em si (SHINGO, 1996; KARDEC e XAVIER, 2001).

Do estudo de Galdamez e Carpinetti (2004), que aplicaram técnicas de planejamento e análise de experimentos para identificar a influência dos diversos parâmetros de ajuste do processo sobre as falhas de injeção, especificamente sobre rebarba, falha, deformação e dimensional, foi confirmado como sendo apenas a temperatura e a pressão de injeção os fatores de real influência na causa destas falhas, ambos fatores intrínsecos à máquina injetora.

A conclusão dos autores é reforçada por pesquisa do Hunkar Laboratories Inc., EUA (KAZMER, 2000), em que injetoras foram classificadas conforme sua capabilidade (capacidade de repetir o processo com precisão). Os testes indicam que quanto maior for a capabilidade da injetora, menor será a taxa de defeitos, independentemente do número de dimensões críticas especificadas, e quanto menor for o número de dimensões críticas da peça, menor será a taxa de defeitos. A figura 2 ilustra estes resultados, sendo as máquinas da 1ª classe as de maior capabilidade e as da classe 9, as de menor.

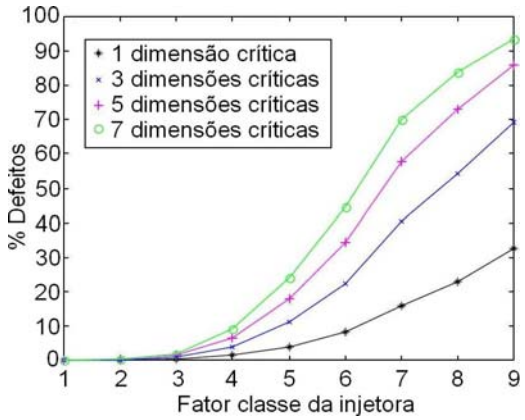

Figura 2 – Percentual de peças defeituosas em função da capabilidade da injetora

Segundo pesquisa realizada pela *Profitability Engineers* com 404 empresas, o custo de manutenção em indústrias do setor plástico é em média 5,0 % de seu faturamento. Valor 25% superior à média das empresas brasileiras em geral, que é 4% do faturamento bruto (KARDEC e XAVIER, 2001; ABRAMAN, 2005).

Da pesquisa nacional, em 2005 esses custos foram 32,53 % com pessoal, 33,13 % com material, 24,84 % com serviços contratados e 9,50 % outros (SHINGO, 1996; KARDEC e XAVIER, 2001; ABRAMAN, 2005).

Quanto às perdas por paradas não programadas da produção, a pesquisa da ABRAMAN (2005), apresenta o índice de indisponibilidade devido a manutenção, que em 2005 foi em média 5,80 %. Somando-se os custos de 5 % do faturamento com os resultantes da perda de 5,80 % da capacidade produtiva, observa-se o impacto dos custos de manutenção sobre o lucro de uma empresa.

O custo com materiais de manutenção, além de peças de reposição, ferramentas, dispositivos e outros materiais auxiliares, engloba também os custos com estoque, principalmente de peças sobressalentes.

Ao contrário da aquisição do molde e de peças de reposição programadas, quando o prazo de entrega basicamente determinará o momento de colocação do pedido de compra, na

aquisição emergencial de sobressalentes uma hora para seu recebimento pode representar uma hora de processo produtivo parado, uma hora de atraso na entrega do produto final ao cliente ou, conforme política de segurança da empresa, o *leadtime* pode determinar a criação e o tamanho de estoques de segurança, também chamados de *buffers* ou pulmões da produção, implicando em todos os custos de estoque.

Os custos financeiros do valor estocado (C_{feq}), podem ser significativos à empresa, dependendo de sua TMA (taxa de mínima atratividade), e pode ser calculado pela equação a seguir (ROCHA e DACOL, 2006; DACOL, 2005; CASAROTTO e KOPITTKE, 2000):

$$C_{feq} = \frac{E_m}{1 + TMA} \quad (1)$$

Onde:
E_m é o valor do estoque médio de peças de reposição para o molde.

As características construtivas de um molde têm grande influência sobre os serviços de manutenção.

Um molde que permita troca rápida de seus componentes, inclusive sem ser retirado da injetora, contribui para diminuição do tempo médio para reparo (TMR) e das horas-homem (HH) na ferramentaria de manutenção; as qualidades do metal utilizado em seus componentes contribui para redução dos tempos de usinagem e polimento, reduzindo HH e horas-máquina (HM), na ferramentaria.

Um metal mole reduz tempo de usinagem, reduzindo os custos e o tempo de fabricação do molde, proporcionando faturamento mais rápido da ferramentaria e aumentando sua disponibilidade para atender outros pedidos, mas também diminui a vida útil do componente, aumentando a necessidade de sobressalentes.

Embora o custo direto do material seja cerca de 20% do total dos custos de fabricação, o material tem grande influência sobre a usinagem, podendo aumentar ou reduzir tanto os custos de usinagem quanto o tempo de fabricação do molde.

6 Equacionamento do TCO de molde

Este equacionamento do TCO de um molde de injeção plástica segue o roteiro para modelagem de custos proposto por Ask e Lasetter (2000), por considerar o nível evolutivo da empresa quanto à gestão de indicadores de desempenho, seja ele qual for.

A primeira etapa do roteiro é a identificação da linha-base dos gastos para moldes de injeção plástica. Nesta etapa, ainda não são apurados os custos com moldes ou fornecedores específicos. Esta linha-base tem como objetivo apenas expor os fatores formadores de custos (tabela 2).

A próxima etapa do roteiro de elaboração do TCO, segundo Ask e Lasetter (2000), é a quantificação dos elementos significativos de custos. Nesta deve-se medir ou estimar por critérios econômicos de rateio, todos os elementos da tabela 2.

Quantificados os elementos, o próximo passo do roteiro é a construção de um modelo de TCO no nível de item homogêneo, que no caso é o molde de injeção plástica, usando apenas os fatores determinantes de custos.

Aplicando-se o conceito do diagrama de Pareto, dos 19 elementos listados, cerca de quatro (aproximadamente 20%), representam 80% do custo total de propriedade do molde (tabela 3).

Dentre os custos de manutenção, destacam-se os de material, de pessoal e os de perda por parada de produção.

Os materiais de manutenção englobam materiais auxiliares, ferramentas, dispositivos, peças sobressalentes e estoque dos materiais.

Tabela 2 – Linha base dos gastos com um molde de injeção plástica.

Etapa do gasto	Fonte do custo	Elemento de custo	Símb.	Subitem	Símb.
Aquisição	Ferramentaria	Preço FOB	C_{FOB}	parcelas	p_n
				Embalagem	C_{emb}
	Serviços logísticos	Logística	C_{log}	Frete	C_{frt}
				Seguro	C_{seg}
				Armazenagens	C_{arm}
				Despachantes	C_{dsp}
				Custos aduaneiros	C_{adu}
	Governo	Impostos	C_{imp}	Federais	
				Estaduais	
				Municipais	
	Práticas da empresa compradora	Viagens de parceria com o fornecedor	C_{trv}	Passagens aéreas	
				Hospedagem	
				Aluguéis de carro	
				outras	
Produção		*Try-out*	C_{try}	materiais	
				mão-de-obra	
				custos de utilização da injetora	
				equipe da ferramentaria	
		Set-up	C_{set}		
		Perda por baixa veloc.	C_{bv}		
		Perda por não-qualidade	C_{nQ}	Rejeitos	
				Retrabalhos	
				Perda de capacidade produtiva	
				Redução de vida útil do molde	
Manutenção		Mão-de-obra	C_{psm}	HH	C_{HHm}
				TMR	C_{TMR}
		Material	C_{mat}	Aquisição de sobressalentes	C_{sbs}
				Manutenção de estoques	
		Serviços contratados	C_{sev}		
		Perda por parada de produção	C_{ppp}		
Descarte		Descarte	C_D	Molde obsoleto	
				Sobressalentes obsoletos	

FONTE: ROCHA e DACOL, 2006.

Tabela 3 – Elementos significativos do TCO de moldes de injeção plástica

Elemento de custo	Dado de referência
Preço FOB	É o maior valor dentre os custos explícitos inerentes ao molde
Logística	Cerca de 12% do preço FOB, conforme média brasileira
Material de manutenção	Equivalem, em média, a 1,7% do faturamento das empresas brasileiras (33,13% ^{x} 5,0%)
Pessoal de manutenção	Equivalem, em média, a 1,6% do faturamento das empresas brasileiras (32,53% ^{x} 5,0%)
Perdas por parada de produção por falhas em equipamentos	Reduz em 5,80%, em média, a capacidade de produção das empresas brasileiras

FONTE: ABRAMAN, 2005; Rocha e Dacol, 2006; Lima, 2006.

O histórico de aquisição de peças sobressalentes pode ser obtido por relatórios de compra, de controle de estoques do almoxarifado de sobressalentes, de serviços de

manutenção executados, por planejamento de manutenção preventiva, ou por relatório da ferramentaria fornecedora.

Os custos de aquisição de peças sobressalentes (C_{sob}), podem ser equacionados como:

$$C_{sob} = C_{FOB} + C_{log} + C_{tax} \quad (2)$$

Onde:
C_{FOB} é o preço FOB;
C_{log} são os custos totais de logística;
C_{tax} são os custos totais com taxas, impostos e seguros.

O custeio das ferramentas consumidas no molde, assim como dos materiais auxiliares (C_{aux}), pode ser estimado por rateio das HH utilizadas no molde pelo total de HH disponíveis na ferramentaria de manutenção e, então, multiplicando-se este valor pelo custo mensal total com ferramentas da ferramentaria (C_{fer}) (PADOVEZE, 2005; PEREZ *et al*, 2005).

$$C_{aux} = \frac{HH_{utilizadas\ no\ molde}}{HH_{disponíveis}} \times C_{fer} \quad (3)$$

O custeio de dispositivos deve incluir, além do consumo ou desgaste mensal, os custos de aquisição daqueles exclusivos para utilização em determinado molde. A estimativa do custo de desgaste pode ser feita similarmente à do custo de ferramentas e materiais auxiliares, enquanto os custos de dispositivos exclusivos deve ser determinado conforme o de aquisição de sobressalentes.

Quanto ao custo dos estoques de manutenção, as empresas que possuem critérios bem determinados de dimensionamento do estoque, podem utilizar o custo médio mensal em estoque de sobressalentes de cada molde. Nas empresas ainda sem critérios bem definidos, a estimativa dos custos pode ser feita a partir do histórico de retirada de itens sobressalentes do almoxarifado para uso em cada molde.

Nestas, a utilização do valor médio em estoque pode onerar o molde com custos ocasionados pela falta de política bem definida na empresa, por isso o histórico de retiradas é mais conveniente, já que retrata a necessidade real de consumo de cada molde.

Destas equações e da equação (1) para os custos financeiros do estoque, tem-se para o custo total de materiais da manutenção, num determinado período j:

$$C_{mat\ j} = \sum C_{sob\ j} + \sum C_{aux\ j} + \sum C_{feq\ j} \quad (4)$$

Os custos do pessoal de manutenção somam os custos das intervenções na produção e das atividades na ferramentaria de manutenção.

O custo de pessoal em uma intervenção na produção (C_{ps1}), pode ser estimado multiplicando-se o TMR pelo número médio de técnicos de manutenção em cada intervenção (N_{tec}), pelo custo horário médio de cada técnico (C_{tec}).

$$C_{ps1} = TMR \times N_{tec} \times C_{tec} \quad (5)$$

O número de intervenções mensais é representado pela freqüência de falhas mensal (F.F.), então, multiplicando-se F.F. por C_{ps1} médio, obtém-se o custo mensal de pessoal destas intervenções.

A estimativa dos custos de pessoal na ferramentaria de manutenção requer conhecer quanto tempo o molde passa na ferramentaria, quantos profissionais em média atuam no molde neste período e o custo médio destes profissionais.

Há o indicador de horas-homem de manutenção (hH ou HH), que representa a multiplicação do tempo que o equipamento esteve sob manutenção pelo número médio de técnicos que realizou a atividade. Havendo disponibilidade deste indicador, o custeio da mão-de-obra nestas atividades na ferramentaria (C_{ps2}), pode ser estimado multiplicando-se HH pelo custo médio dos técnicos de manutenção.

$$C_{ps2} = HH \times C_{tec} \quad (6)$$

Então, o custo total de pessoal de manutenção (C_{psm}) num dado período é:

$$C_{psm} = \sum C_{ps1} + \sum C_{ps2} \quad (7)$$

E no caso de contratação de serviços para um molde específico, seu custeio pode ser obtido com relativa facilidade através de histórico de faturas por molde, se as informações nos sistemas de controle da empresa permitirem tal cruzamento de dados.

Concluindo os custos de manutenção há os de perdas de produção por falha no molde. Estes são compostos por uma parcela de gastos efetivos e outra classificada como custos de oportunidade, que representam perdas de receita em função das paradas de produção (KARDEC e XAVIER, 2001).

Os custos de oportunidade não ocasionam desembolso da empresa, eles indicam uma provável perda de receita como resultado de redução de vendas. Esta conseqüência é real, porém sua mensuração é puramente estimativa. Embora ofereçam grande contribuição às decisões gerenciais e estratégicas, não são aplicados no modelo inicial do TCO.

No custeio da parada de produção para manutenção, há os custos ligados às atividades da manutenção, com horas-extras fabris para compensar a perda de produção e, no caso dos custeios por absorção, o aumento do impacto dos custos indiretos e de mão-de-obra sobre o custo do produto. Este aumento pode ser calculado como a seguir:

$$C_{ppp} = \frac{TP \times N + TMR \times F.F}{TP \times N} \times CIF_{un} \quad (8)$$

Onde:
C_{ppp} = custo por perda de produção por falha no molde, por produto;
TP = tempo de ciclo padrão da peça;
N = número de peças boas produzidas no período;
TMR = tempo médio de reparo do molde no período;
F.F. = Freqüência de falhas;
CIF_{un} = custos indiretos de fabricação padrão por unidade do produto.

Para um determinado período *j* tem-se, então:

$$C_{ppp\ j} = \frac{TP \times N_j + TMR}{TP} \times CIF_{un\ j} \quad (9)$$

Onde $C_{ppp\ j}$ é o custo por perda de produção por falha, no período j.

Para sintetizar o TCO em uma informação clara, direta e simples, será utilizado o método do VPL (valor presente líquido), por fornecer um valor absoluto, representativo de todos os custos envolvidos, atualizado para a data da análise, sendo um tipo de informação semelhante ao preço do molde, o que causa menos mudanças no processo decisório de compra (figura 3).

$$TCO_{molde} = VPL_{FOB} + VPL_{log} + \sum [VPL(C_{psm\ j}) + VPL(C_{mat\ j}) + VPL(C_{ppp\ j})] \quad (10)$$

Ainda há poucas pesquisas e dados estatísticos sobre os ganhos obtidos pelas empresas que implantaram o TCO, principalmente no Brasil, o que é confirmado por pesquisa de Ask e Lasetter (2000) que identificaram que, embora seja considerada uma das mais valiosas ferramentas para auxílio à decisão de compras, é pouco utilizada pelas empresas.

Da organização do roteiro de elaboração do TCO observa-se que a análise das informações realizada pode propiciar considerável redução dos esforços iniciais necessários a uma empresa que vise a implantação do TCO de moldes, por indicar quais seus custos mais significativos e orientar sua apuração.

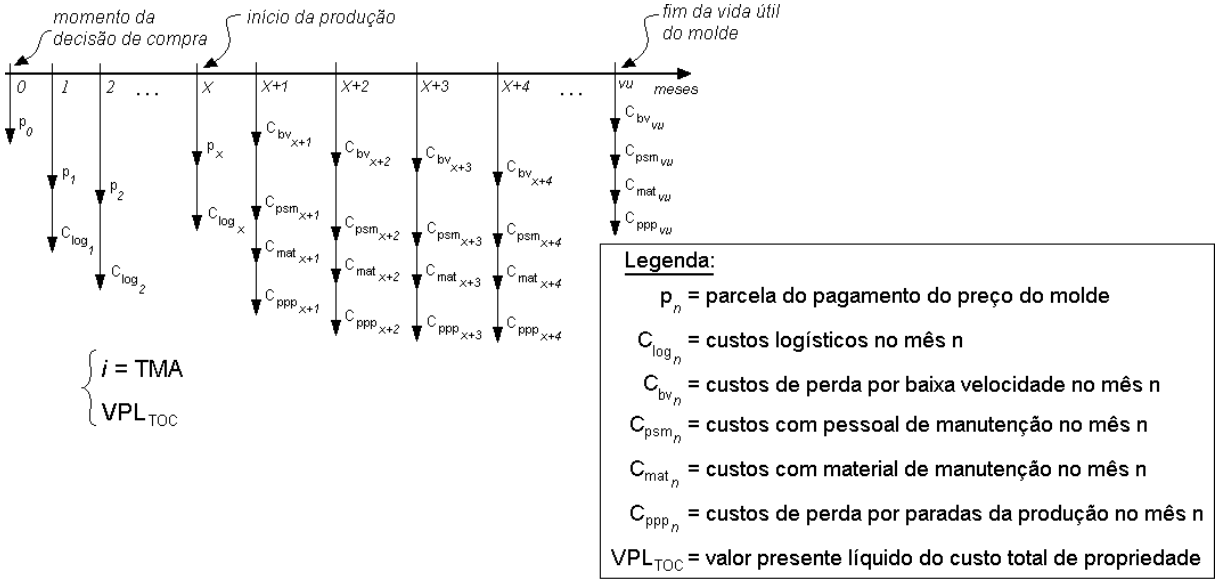

Figura 3 – Fluxo de caixa de referência para os elementos significativos do TOC de moldes

Para a identificação dos elementos de custo dentro da empresa, nota-se a importância de se utilizarem controles que indiquem o desempenho específico do molde, para permitir identificar as diferenças entre moldes e entre fornecedores.

Com os custos mais significativos identificados, uma empresa que objetive impl o TCO de moldes não precisa avaliar todos os seus custos para identificar a relevância d manutenção e logística, e pode poupar esforços para estudar, apurar e avaliar os custos de não qualidade por serem predominantemente resultantes de fatores outros que não o molde, a menos que opere com elevado nível de manufatura enxuta.

6 Conclusão

Com o foco no processo de decisão de compra, os elementos de custos apresentados na teoria pertinente permitiram a construção do conceito genérico do TCO para um molde de injeção plástica.

Através dos elementos equacionados neste estudo as informações são apresentadas de forma sintetizada, e servem de auxílio aos tomadores de decisão da área de compras.

Os critérios estatísticos de Pareto, os métodos de custeio e a atualidade das informações permitiram identificar os custos mais significativos que são: Preço do molde, logística, perdas por parada de produção por falhas no molde, material e pessoal de manutenção.

O preço representa o maior valor dentre os custos de aquisição de moldes.

Os custos logísticos no Brasil equivalem a 12,63% do PIB.

As perdas por parada de produção por falhas em equipamentos reduzem em 5,80% em média a capacidade de produção das empresas brasileiras.

Os custos com material de manutenção equivalem a 1,7% do faturamento das empresas brasileiras, enquanto com pessoal de manutenção, 1,6%.

O equacionamento elaborado a partir destes custos significativos não encerra a possibilidade de outras alternativas tanto para auxílio a decisões de compra quanto às demais necessidades administrativas e operacionais, porém atende aos princípios básicos para implantação do TCO em uma empresa.

Referências

ABRAMAN, Associação Brasileira de Manutenção. ***A situação da manutenção no Brasil***. Outubro, 2005. Disponível em

<http://www.abraman.org.br/documento_nacional/CBM2005.pdf> Acesso em 17 de novembro de 2007.

ASK, Julie A.; LASETER, Timothy M.. ***HSM Management. Dossiê: A gestão de custos na nova economia***. nº 19, ano 4, pág. 80 a 86, março-abril 2000.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITTKE, Bruno Hartmut. ***Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial***. 9ª. Edição. Atlas. São Paulo, 2000.

DACOL, Silvana. ***Análise de investimento.*** Apostila do curso de mestrado em engenharia de produção T-06. CPG/FT UFAM - Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2005.

FERRO, Simone. Moldes: Setor tem tecnologia de ponta e preço coreano. ***Revista do plástico moderno***, n. 321, Junho de 2001. Disponível em <http://www.plastico.com.br/revista/pm321/moldes/setor_tem_tecnologia.htm> Acesso em 9 de agosto de 2005.

GALDAMEZ, Edwin V. Cardosa; CARPINETTI, Luiz C. Ribeiro. ***Aplicação das técnicas de planejamento e análise de experimentos no processo de injeção plástica***. Revista Gestão e Produção, v. 11, n. 1, p. 121 a 134, jan-abr. 2004.

KARDEC PINTO, Alan; XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. ***Manutenção função estratégica***. Qualitymark Ed.. Rio de Janeiro, 2001.

KAZMER, David O.. ***Axiomatic design of the injection molding process***. First international conference on axiomatic design. Cambridge, MA, EUA. 21 a 23 de junho, 2000. Disponível em <http://www.axiomaticdesign.com/technology/icad/icad2000/icad2000/991.pdf> Acesso em 8 de agosto de 2007.

_____. ***Dynamic feed control: a new method for injection molding of high quality plastic parts***. Tese de doutorado, UML – University of Massachusetts Lowell, Department of mechanical engineering. Junho,1995. Disponível em <http://kazmer.uml.edu/Staff/Archive/1995_Kazmer_Dissertation.pdf> Acesso em 10 de agosto de 2007.

LIMA, Maurício Pimenta. ***Custos logísticos na economia brasileira***. Revista Tecnologística, p. 64 a 69. Janeiro, 2006. Disponível em <http://www.centrodelogistica.org/new/art_custos_logisticos_economia_brasileira.pdf> Acesso de 6 de dezembro de 2007.

PADOVEZE, Clóvis Luís. ***Curso básico gerencial de custos***. 1. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005, 377 p.

PEREZ Jr., José Hernandez; OLIVEIRA, Luís Martins de; COSTA, Rogério Guedes. ***Gestão estratégica de custos***. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2005, 364 p.

RIBEIRO, Yuri Chóji de Freitas. ***Aplicação da técnica de troca rápida de ferramentas em injetoras de plástico***. Dissertação de mestrado. UFAM, Manaus, 2007.

ROCHA, André Luiz; DACOL, Silvana. ***Gestão Econômica: Ferramentas de análise de custo aplicadas à aquisição de moldes de injeção plástica***. In: Silvana Dacol; Waltair Vieira

Machado; Patrícia dos Anjos Braga; Luiza Maria Bessa Rebelo. (Org.). ***Gestão da Produção: uma visão sobre as organizações da Amazônia***. Ed. 1, ABEPRO, v. 1, p. 51-70. Rio de Janeiro, 2006.

SALIBA, Fernando Miguel Pinto. ***A adoção do custo total de propriedade no processo de compras de grandes empresas brasileiras: um estudo de caso***. Dissertação de mestrado. UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2006. Disponível em <http://www.centrodelogistica.com.br/new/teses/pdf/07jul06_Fernando_Saliba.pdf> Acesso em 22 de agosto de 2007.

SHINGO, Shigeo. ***O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção***. 2ª ed. Bookman. Porto Alegre, 1996.