

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE INVESTIMENTO BASEADA EM SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO

Pedro da Silva Hack

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Osvaldo Aranha, 99, Porto Alegre - RS, Brasil
pedrohack@producao.ufrgs.br

Gabriel Vidor

gvidor@producao.ufrgs.br

Juliano Zimmer

zimmer@producao.ufrgs.br

Flávio Sanson Fogliatto

ffogliatto@producao.ufrgs.br

RESUMO

Neste artigo, realiza-se a análise da viabilidade de investimento de uma nova máquina no setor de estamparia de uma empresa de manufatura, com base na análise econômico-financeira de investimentos utilizando dados obtidos a partir de ferramentas de simulação de eventos discretos. Para tanto, dois cenários foram simulados: o primeiro estudou o desempenho do layout atual; o segundo avaliou o desempenho do layout após a inclusão da nova máquina. Os resultados da simulação e da análise econômico-financeira recomendam o investimento em uma nova máquina e dão suficiente respaldo para uma justificativa técnica. A principal contribuição do artigo é ilustrar uma aplicação combinada de técnicas de análise de investimentos e simulação, analisando suas vantagens e desvantagens.

PALAVRAS CHAVE: Simulação, Análise de Investimento, Layout.

Área principal: Simulação.

ABSTRACT

In this paper one such application is reported. We present a investment viability study in which the acquisition of a new machine to be used in the stamping sector of a manufacturing company is analyzed. The study uses financial investment analysis methods based on the results of discrete events simulation tools. Two scenarios were simulated: in the first scenario performance figures of the current layout were assessed; in the second scenario, the same figures were updated to the case in which the new machine was added to the layout. Simulation results and economic and financial viability analyses pointed to the purchase of the new machine, giving sufficient information for a technical justification. The main contribution of this paper is to present a case in which the combined use of investment analysis techniques and simulation tools is reported, along with advantages and drawbacks.

KEYWORDS. Simulation, Investment Analysis, Layout.

Main area: Simulation.

1. Introdução

As organizações necessitam de algum tipo de estratégia para competir no mercado (GAITHER e FRAZIER, 2002), sendo que essa estratégia caracteriza a organização em termos de sistemas e processos adotados (PAIVA et al., 2004). De acordo com Zhang e Xing (2010), tão importante quanto a estratégia de uma companhia é a forma como ela se organiza para medir o seu desempenho.

A partir dos indicadores de desempenho, a organização verifica pontos de melhoria e decide as formas de mudar. Normalmente a mudança implica na realização de investimentos (AVOLIO et al., 2010). Ferramentas de análise de investimento permitem a comparação entre opções e a identificação do investimento mais rentável. Em alguns contextos, ferramentas de simulação aplicadas em ambientes de produção podem ter ampla utilidade (KUMAR e PHROMMATHED, 2006). Exemplos estão nos estudos de Cicirelli et al. (2011), Levytsky et al. (2009) e Chtourou et al. (2008), nos quais a execução de melhorias foi percebida como viável posteriormente à simulação, desencadeando, por consequência, a realização de investimentos.

A simulação não permite o cálculo da rentabilidade de um investimento propriamente dito, mas trabalha com cenários e permite uma tomada de decisão comparando a situação desejada com os cenários simulados (PERCIVAL e COZZARIN, 2010). Dessa forma, a interdisciplinaridade da simulação, com aplicações nas áreas de logística, serviços, manufatura, tecnologia da informação, entre outras, é ressaltada na literatura (CHWIF e MEDINA, 2010). Assim, a combinação de estudos de simulação a ferramentas de análise de viabilidade econômico-financeira pode auxiliar na análise de investimentos.

O objetivo do presente estudo é analisar a viabilidade do investimento em uma nova prensa para o setor de estamperia de uma empresa, utilizando o suporte de ferramentas de simulação. Para tanto, são simulados cenários onde a nova prensa é ou não incluída no setor e derivados resultados de produtividade, os quais são utilizados no cálculo da viabilidade econômico-financeira do investimento. Os resultados obtidos apontam que a adição de uma nova máquina pode trazer benefícios significativos para a empresa.

Além da presente introdução, o trabalho é composto de uma discussão da literatura dos temas que cercam o trabalho, das seções de método e resultados do estudo, e finalizado com uma conclusão.

2. Análise de investimentos

Entre as técnicas de avaliação econômica de investimentos destacam-se os métodos que consideram o dinheiro no tempo, fundamentados em fluxos de caixa descontados, como o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Contudo, observa-se uma ampla utilização no meio empresarial de métodos mais simples, como o Período de Retorno do Capital, popularmente conhecido como *payback* (GRANT et al., 1976; GALESNE et al., 1999; SMART et al., 2004; COPELAND et al., 2005; SOUZA, 2008; MAUER, 2008).

No método VPL todos os valores previstos para o fluxo de caixa do investimento são trasladados para o período inicial do projeto, possibilitando a comparação das alternativas de investimento com base nesse valor, denominado Valor Presente Líquido (IGLESIAS, 1999; MAUER, 2008). Os valores do fluxo de caixa são descontados utilizando-se uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA). A TMA corresponde a uma taxa de desconto definida pela empresa, a qual mensura o custo de oportunidade dos investidores, refletindo diretamente os riscos associados a um investimento e, por conseguinte, o retorno que ele irá proporcionar (GRANT et al., 1976; GALESNE et al., 1999; SILVA et al., 2004; SOUZA, 2008; MAUER, 2008). No método VPL, projetos com VPLs positivos podem ser implementados, sendo que quanto maior o VPL, maior o retorno ao investidor (COPELAND et al., 2005; SOUZA, 2008).

No método TIR, calcula-se a taxa de desconto que aplicada ao fluxo de caixa do projeto de investimento anula o seu VPL (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2000; COPELAND et al., 2005; GALESNE et al., 1999; IGLESIAS, 1999; SOUZA, 2008; MAUER, 2008). O valor obtido

para a Taxa Interna de Retorno (TIR) é comparado à TMA da empresa. Se o valor da TIR superar o valor da TMA o investimento será vantajoso para a empresa, já que o retorno gerado pelo investimento é superior ao esperado pela empresa (GALESNE *et al.*, 1999; SOUZA, 2008; MAUER, 2008).

O método *payback*, por sua vez, é uma sistemática mais simplificada de avaliação de investimentos (SOUZA, 2008). O método mensura o prazo requerido para que os investimentos iniciais de um projeto sejam cobertos pelas parcelas de receita. O método pode ser calculado levando em conta o valor do dinheiro no tempo ou não (BIEGER, 2000; COPELAND *et al.*, 2005; MAUER, 2008; SOUZA, 2008). Como pré-requisito ao método, deve-se estabelecer o período máximo aceitável de *payback* a ser usado como ponto de corte nas análises; o investimento somente será aceito se o seu período de *payback* for inferior ao ponto de corte (MAUER, 2008; SOUZA, 2008).

3. Simulação

A definição de simulação pode ter um sentido técnico ou generalista (CHWIF e MEDINA, 2010), o que faz com que o termo apresente o viés de uma determinada aplicação. Para Shannon (1975), simulação é um processo de elaboração de um modelo de um sistema real (ou hipotético) e a condução de experimentos com a finalidade de entender o comportamento do sistema ou avaliar sua operação. Para Kelton *et al.* (1998), simulação é uma gama variada de métodos e aplicações que reproduzem o comportamento de sistemas reais, usualmente utilizando-se de ferramentas computacionais. Já Pidd (2000) entende que na simulação analistas constroem modelos do sistema de interesse, escrevem programas destes modelos e utilizam um computador para inicializar o comportamento do sistema e submetê-lo a diversas políticas operacionais.

Dentro desse contexto, o presente trabalho adota como definição de simulação o conceito de Law (2006). Para o autor, simulação consiste em exercitar numericamente o modelo criado através de entradas e ver como elas afetam as medidas de saída e o desempenho do modelo. Conforme Law (2006) os modelos de simulação podem ser classificados em três dimensões: (i) modelos de simulação estáticos ou dinâmicos; (ii) modelos de simulação determinísticos ou estocásticos; (iii) modelos de simulação contínuos ou discretos. Modelos estáticos representam o sistema num tempo específico, enquanto que modelos dinâmicos representam o sistema em todos os tempos. Modelos determinísticos não contêm qualquer tipo componente probabilístico no sistema e são modelados por equações; modelos estocásticos, em contrapartida, são constituídos por componentes aleatórios. Modelos contínuos são usados para modelar sistemas cujos estados variam continuamente no tempo; já modelos discretos descrevem sistemas que mudam de estado conforme o tempo.

Em um modelo de simulação por eventos discretos são atribuídas distribuições de probabilidade às variáveis de entrada e o software de simulação utilizado gera valores aleatórios dentro dessas distribuições para alimentar o modelo. Devido a propriedade estocástica das variáveis de entrada, cada execução do modelo irá resultar em diferentes parâmetros de resposta, sendo necessárias diversas replicações para que possa ser obtido um intervalo de confiança aceitável para os resultados.

4. Método

A pesquisa desenvolvida nesse trabalho é do tipo quantitativa, desenvolvida através do método de modelagem de sistemas para simulação computacional. A abordagem da pesquisa combina ferramentas de análise de investimentos e de simulação.

O método de trabalho é caracterizado por seis etapas: coleta de dados, criação do modelo de simulação, verificação e validação do modelo, elaboração dos cenários, cálculo da viabilidade econômico-financeira e tomada de decisão.

A primeira etapa foi realizada diretamente pelos pesquisadores na empresa. Os dados foram coletados por observação direta e entrevistas com operadores, analistas e o coordenador do

setor analisado. Além disso, foram obtidos dados do planejamento e controle da produção (PCP), como a taxa de peças por hora, tempos-padrão das atividades, instruções de trabalho, histórico anual da demanda mensal e diária, bem como o *layout* da planta analisada.

Coletados os dados, foi possível criar um modelo computacional para representar o sistema analisado. Para tanto, foram ajustadas distribuições de probabilidade aos dados, com base em critérios estatísticos e na experiência dos pesquisadores. O modelo foi finalmente verificado pelos pesquisadores e validado com os membros da empresa.

Para a análise dos resultados foram gerados dois cenários. No primeiro cenário simulou-se o sistema em sua configuração atual, sendo coletados os valores para as variáveis que descrevem o desempenho do sistema. Tais valores foram comparados com aqueles obtidos no segundo cenário, no qual simulou-se a inclusão de uma nova máquina no *layout* do setor analisado.

Com as informações obtidas no segundo cenário simulado, foi possível realizar o cálculo do VPL, da TIR e do *payback* do investimento, usados para avaliar a sua viabilidade. O modelo escolhido para a nova prensa é similar a outras existentes, tendo sido definido em conjunto com o coordenador do setor.

Ao final do trabalho foram analisadas as opções que serviram de base para a tomada de decisão da empresa. Essas informações não foram apresentadas em sua totalidade no trabalho, já que a empresa solicitou sigilo em relação a alguns dados.

5. Resultados

5.1 Descrição dos dados

Os dados foram coletados em uma das seis unidades de negócio de uma empresa de grande porte, fabricante de peças metálicas que são componentes de pastilhas e lonas de freio. Tais peças são produzidas pelo processo de estampagem, constituído por doze estações de trabalho distintas (dez prensas e duas estações de acabamento). São produzidos quarenta produtos distintos, conforme apresentado na Tabela 1. Além das referências dos produtos, a Tabela 1 mostra também a quantidade média em unidades produzidas por mês, bem como sua participação percentual individual e acumulada. Na simulação, dezoito referências foram utilizadas, correspondendo a 80% da produção média total no mês.

Referência	Produzido (un)	%	% acumulado	Referência	Produzido (un)	%	% acumulado
1	153536	14,56%	14,56%	21	17080	1,62%	84,57%
2	95871	9,09%	23,65%	22	14615	1,39%	85,95%
3	86123	8,17%	31,81%	23	14499	1,37%	87,33%
4	46449	4,40%	36,22%	24	14116	1,34%	88,67%
5	45635	4,33%	40,54%	25	13596	1,29%	89,95%
6	45099	4,28%	44,82%	26	12703	1,20%	91,16%
7	42512	4,03%	48,85%	27	12362	1,17%	92,33%
8	39283	3,72%	52,57%	28	10135	0,96%	93,29%
9	36116	3,42%	56,00%	29	9002	0,85%	94,15%
10	35087	3,33%	59,32%	30	8501	0,81%	94,95%
11	33696	3,19%	62,52%	31	7836	0,74%	95,69%
12	32493	3,08%	65,60%	32	7470	0,71%	96,40%
13	32139	3,05%	68,65%	33	7392	0,70%	97,10%
14	30120	2,86%	71,50%	34	7075	0,67%	97,77%
15	22187	2,10%	73,61%	35	6343	0,60%	98,38%
16	20544	1,95%	75,55%	36	5533	0,52%	98,90%
17	20544	1,95%	77,50%	37	4408	0,42%	99,32%
18	20247	1,92%	79,42%	38	3363	0,32%	99,64%
19	19522	1,85%	81,27%	39	2068	0,20%	99,83%
20	17665	1,67%	82,95%	40	1765	0,17%	100,00%

Tabela 1 – Produtos produzidos no cenário estudado

O cenário atual usado na simulação vem apresentado na Figura 1. Observa-se, além dos doze postos de trabalho, a distribuição de matéria-prima e ferramentas de corte nas imediações da planta. Além disso, há apenas um local para armazenar o produto acabado. No segundo cenário simulado incluiu-se uma nova máquina – MQ 11, similar às máquinas MQ 7 a MQ 10, posicionada ao lado direito desse grupo (área em destaque na Figura 1).

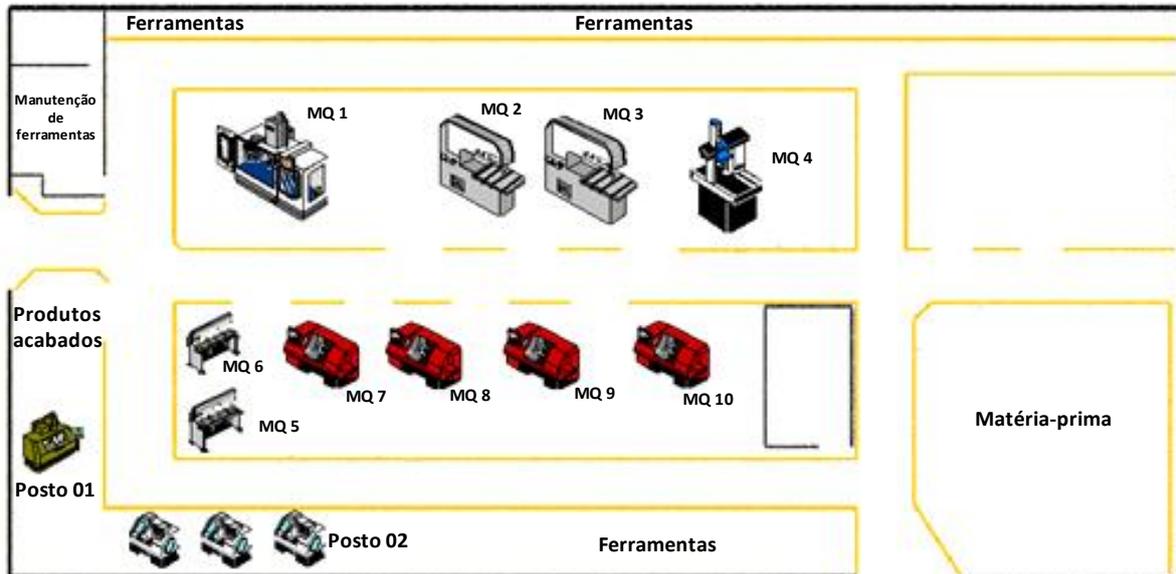


Figura 1 – Layout da planta usada na simulação

A simulação foi operacionalizada no aplicativo Promodel 4.2. As taxas de produção utilizadas foram obtidas dos dados de PCP da organização. O custo atual de operação do setor é de R\$ 550.000,00 mensais. Os componentes desse custo são mão-de-obra (direta e indireta), matéria-prima, manutenções, fornecedores e outras despesas menores.

Para o cálculo da viabilidade econômico-financeira do investimento foram obtidas as seguintes informações: (i) valor da nova máquina (R\$ 500.000,00), a ser pago à vista e depreciado em dez anos; (ii) custos de instalação da nova máquina, incluindo obras civis (R\$ 50.000,00); (iii) custo anual de manutenção da nova máquina (R\$ 252.000,00); (iv) custo mensal de mão-de-obra adicional para operar a nova máquina (24 operadores, totalizando R\$ 51.750,00); (v) regime de trabalho do setor, que ocorre em 3 turnos, totalizando 21h45min por dia, 5 dias por semana, 22 dias por mês; (vi) indicadores financeiros utilizados pela empresa (TMA de 10,28%, inflação de 8% ao ano para os próximos anos, imposto de Renda na faixa de 30%); (vii) demanda não atendida de 50.000 peças por mês, com uma margem média de contribuição estimada em R\$1,80 por item.

5.2 Análise dos dados

Para elaboração do modelo de simulação foram analisados os procedimentos operacionais da fábrica para cada produto. Todos os processos de fabricação e movimentação pertinentes foram transcritos para o modelo computacional para que fosse realizado o experimento.

Nas replicações realizadas foram simuladas ordens de produção equivalentes às peças produzidas em um dia no sistema real. Para validar o modelo, foi comparado o tempo que uma ordem de produção diária levaria para ser produzida, devendo corresponder a aproximadamente 21,75 horas, correspondente ao tempo de expediente em um dia de trabalho, considerando três turnos e intervalos.

No primeiro cenário simulado foram utilizadas as máquinas MQ 1 a MQ 10 e os postos 01 e 02, retratando a situação atual da fábrica. Nesse cenário, o tempo total de execução da ordem de produção equivalente à produção diária foi de $21,75 \pm 0,1516$ horas, utilizando um nível de

confiança de 99%. O resultado reflete a realidade da unidade e fornece uma informação da variabilidade atual do sistema.

No segundo cenário simulado foi adicionada a nova máquina (MQ 11), sendo realizadas as replicações com os mesmos parâmetros utilizados no primeiro cenário. Nessa simulação, a mesma ordem de produção foi executada em $18,02 \pm 0,1498$ horas, também com 99% de confiança.

Ambos os cenários consideraram os tempos de produção de cada peça, os deslocamentos entre as estações de trabalho e os tempos de preparação de cada máquina. Estavam disponíveis no histórico de tempos de produção apenas os valores médios e amplitudes máximas admitidas, os quais foram tratados como distribuições triangulares assimétricas com parâmetros distintos para cada referência. A assimetria à direita é característica das variáveis do tipo menor-é-melhor e a distribuição triangular foi selecionada por ser a mais robusta, considerando a escassez de dados para verificação do ajuste a alguma distribuição de probabilidade conhecida.

A partir dos resultados obtidos nos dois cenários simulados, foi necessário mensurar qual o intervalo que representaria significativamente o possível ganho de tempo de produção ao adicionar mais uma estação de trabalho. Utilizando as distribuições dos resultados de tempo de produção obtidas nos dois cenários simulados, foi realizada uma simulação de Monte Carlo com número de amostras igual a 10.000, para estimar a distribuição resultante da diferença entre os resultados obtidos nos dois cenários simulados. Utilizando um nível de confiança de 99%, a diferença de tempo entre os dois cenários ficou contemplada entre 3,526 e 3,951 horas, caracterizando-se por uma distribuição aproximadamente normal, conforme demonstra a Figura 2.

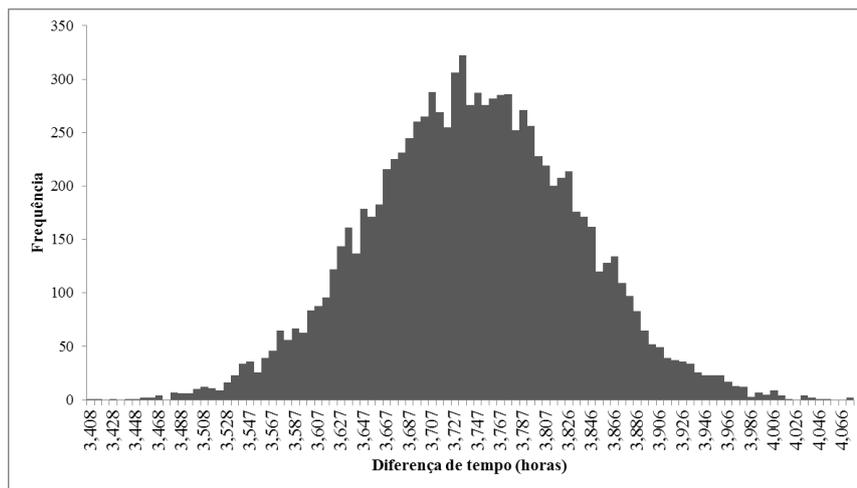


Figura 2 – Distribuição da diferença de tempo entre os cenários simulados

Utilizando o valor esperado de redução de tempo obtido pela simulação, verifica-se que a instalação de uma nova máquina permitiria um aumento da produção em até 101.454 peças por mês, o que corresponderia a um incremento mensal nas receitas de R\$ 182.617,81. Portanto, a empresa poderia atender a nova demanda de 50.000 peças por mês caso realize o investimento.

O cálculo do VPL e da TIR considerou um período de 10 anos, depreciação do equipamento e valores tributáveis pelo Imposto de Renda. O VPL obtido, considerando a TMA de 10,28% praticada pela empresa, foi de R\$ 668.730,00. Como se pode observar no gráfico da Figura 3, que apresenta o VPL do investimento como função de diferentes taxas, o investimento continuaria viável para taxas de TMA maiores do que a empresa utiliza. A TIR do projeto de investimento foi de 31,61%, muito superior ao valor da TMA. Já pelo método do *payback*, considerando o valor do dinheiro no tempo, em 3,24 anos obtém-se o retorno do capital investido, prazo aceitável pela empresa por ser inferior ao ponto de corte, definido conceitualmente em cinco anos.

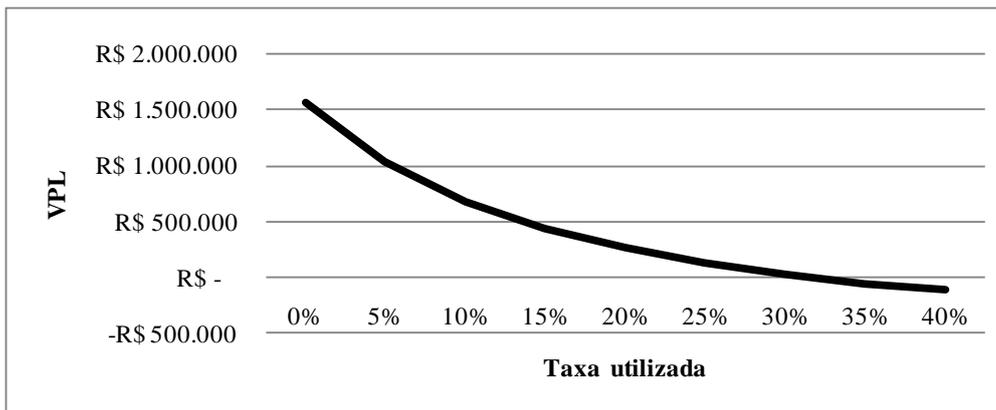


Figura 3 – VPL do investimento a diferentes taxas

Independente do método utilizado para a análise econômico-financeira do projeto, constatou-se que o investimento na nova máquina é viável. O cálculo do VPL, considerando a TMA da empresa, foi superior a zero; a TIR, por sua vez, foi superior a TMA; o *payback* resultou inferior ao ponto de corte da empresa. A observação dos valores obtidos para o VPL e para a TIR indica que mesmo aumentando a TMA até 31,61%, o investimento continuaria dando retorno aos investidores.

Tendo em vista os resultados obtidos pela simulação da produção nos dois cenários e pela análise econômico-financeira do investimento, recomenda-se que a empresa realize o investimento na nova máquina. O retorno do investimento é elevado, já que o VPL é superior a R\$ 600.000,00 e a TIR é quase 3 vezes superior à TMA praticada pela empresa. Da mesma forma, com o investimento o setor estaria apto a atender a nova demanda de 50.000 unidades e teria ainda capacidade ociosa para atender mais 51.454 unidades.

6. Conclusão

O trabalho apresenta uma combinação de ferramentas de simulação e de análise de investimento para definir uma mudança de *layout* dentro de um contexto de manufatura. Para tanto, foram realizadas simulações em dois cenários, comparados através de indicadores operacionais. A partir dessas informações foi possível definir a viabilidade econômico-financeira do investimento em uma nova máquina na empresa analisada. No final, recomendou-se a realização do investimento, balizado tanto pelos resultados da simulação quanto da análise econômico-financeira do investimento.

Pode-se constatar que o método proposto e utilizado no presente artigo, além de viável, torna a análise do investimento mais precisa, dada a utilização combinada de ferramentas de simulação e de análise de investimento. Percebe-se que a simulação provê confiança aos responsáveis pela decisão do investimento, visto que acelera o processo de tomada de decisão. Além disso, a simulação torna a análise mais aderente à realidade, ao permitir analisar o ambiente futuro através do modelo criado. Outra característica importante é o aproveitamento dos dados gerados para a análise de viabilidade econômico-financeira do investimento, conforme realizado no trabalho. A obtenção do VPL, da TIR e do prazo de *payback* de um investimento normalmente é baseada apenas nos dados da situação atual da empresa, além de estimativas empíricas sobre o que poderá ocorrer no futuro. Com a simulação, tais estimativas tornam-se mais robustas e, como consequência, a análise do investimento torna-se mais precisa.

A análise do investimento considerou tanto o método mais simples, do *payback*, quanto dois modelos que consideram fluxos de caixa descontados, VPL e TIR. Os três métodos são complementares e todos concluíram pela realização do investimento.

Enfim, a técnica de simulação pode ser utilizada como uma ferramenta para a tomada de decisão gerencial; todavia, quando combinada a outras ferramentas, tais como ferramentas de análise de investimentos, tem um poder de explicitar cenários, facilitando o controle de riscos da

decisão e, conseqüentemente, acelerando o processo de tomada de decisão.

7. Referências

AVOLIO, B. J.; AVEY, J. B.; QUISENBERRY, D. (2010), Estimating return on leadership development investment. *The Leadership Quarterly*, 21, 633-644.

BIEGER, M. (2000), *Decisão de investimentos: critérios de avaliação e a consideração de aspectos estratégicos nas empresas industriais de médio e grande porte da Região Noroeste - RS*. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal do Rio Grande Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

CASAROTTO FILHO, N. e KOPITKE, B. H. *Análise de Investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão e estratégia empresarial*. 9.ed. São Paulo: Atlas, 2000.

CHTOUROU, H.; JERBI, A.; MAALEJ, A. R. (2008), The cellular manufacturing paradox: a critical review of simulation studies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 19, 591-606.

CHWIF, L. e MEDINA, A. C. *Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações*. 3ª ed. rev. São Paulo: Edição do Autor, 2010.

CICIRELLI, F.; FURFARO, A.; NIGRO, L. (2011), Modeling and simulation of complex manufacturing systems using statechart-based actors. *Simulation modeling practice and theory*, 19, 685-70.

COPELAND, T. E.; WESTON, F. J.; SHASTRI, K. *Financial Theory and Corporate Policy*. 4. ed. Pearson Education, 2005.

GAITHER, N. e FRAZIER, G. *Administração da produção e operações*. 8.ed. São Paulo: Thomson, 2002.

GALESNE, A.; FENSTERSEIFER, J. E.; LAMB, R. *Decisões de Investimentos da Empresa*. 1 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GRANT, E. L.; IRESON GRANT, W.; LEAVENWORTH, R. S. *Principles of Engineering Economy*. 6. ed. New York: The Ronald Press Company, 1976.

IGLESIAS, D. E. T. *Proposta de uma sistemática de avaliação de investimentos utilizando o método ABC (ACTIVITY-BASED COSTING)*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 1999.

KELTON, D. W.; SADOWSKI, R. P.; SADOWSKI, D. *Simulation with Arena*. Boston: McGraw Hill, 1998.

KUMAR S. e PHROMMATHED, P. (2006) Improving a manufacturing process by mapping and simulation of critical operations. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17, 104-132.

LAW, A. M. *Simulation, modeling and analysis*. 4th ed., New York: McGraw-Hill, 2006.

LEVYTSKY, A.; VANGHELUWE, H.; ROTHKRANTZ, L. J. M.; KOPPELAAR, H. (2009) MDE and customization of modeling and simulation web applications. *Simulation modeling practice and theory*, 17, 408-429.

MAUER, C. O. *Proposta de uma sistemática de avaliação de investimentos em tecnologia da informação*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2008.

PAIVA, E. L., CARVALHO JR., J.M., FENSTERSEIFER, J. M. *Estratégia de produção e de operações: conceitos, melhores práticas, visão do futuro*. Porto Alegre, RS: Bookman, 2004. p.39-

53.

PERCIVAL, J. e COZZARIN, B. (2010), Selecting manufacturing business practices for maximum competitive advantage. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21, 100-121.

PIDD, M. *Tools for thinking: modelling in management science*. 4th ed., Chichester: John Wiley and Sons, 2000.

SHANNON, R. E. *Systems simulation: the art of the sciences*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1975.

SILVA, C. *Ponderação do Custo de Capital Próprio para o Setor Elétrico Brasileiro*. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais XXIV ENEGEP. Florianópolis, SC, novembro de 2004.

SMART, S. B.; MEGGINSON, W. L.; GITMAN, L. J. *Corporate Finance*. Mason, Ohio, USA: South-Western, 2004.

SOUZA, J. S. *Proposta de uma sistemática para análise multicriterial de investimentos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2008.

ZHANG, H. e XING, F. (2010), *Fuzzy-multi-objective particle swarm optimization for time–cost–quality tradeoff in construction*. *Automation in Construction*, 19, 1067-1075.