

As Consequências das Interrupções na Produção no Setor de Cortes de uma Indústria de Móveis

Lucas Yuji Kaneko, José Ângelo Ferreira

Resumo: Implementar os modelos de curva de aprendizado e curva de esquecimento, permite a empresa prever tanto a necessidades de mão-de-obra, bem como a diminuição do desempenho do trabalho, após uma interrupção, programada ou não da produção. Para avaliar os efeitos da aprendizagem e do esquecimento em um processo produtivo, um estudo de caso foi conduzido no setor de costura de assento de cadeiras em uma fábrica de moveis pertencente ao arranjo produtivo da cidade de Arapongas no Paraná. Para a construção da curva de aprendizagem das operadoras deste centro produtivo, esta pesquisa analisou alguns modelos e através do coeficiente de determinação R², definiu pelo modelo de Wright como referência para definição e análise do fator aprendizado das operadoras. Para análise do impacto e consequências do esquecimento na performance das operadoras, optou-se pelo modelo LFCM (Learn-Forget Curve Model) de Jaber & Bonney, por apresentar segundo a literatura revisada, eficácia comprovada, por resultados consistentes. O estudo mostrou através dos seus resultados que considerar em seu planejamento da produção os efeitos da aprendizagem e do esquecimento permite uma programação mais acurada e consistente, por possibilitar quantificar os ganhos da aprendizagem e as perdas consequentes do esquecimento provocado pela interrupção da produção.

Palavras chave: Curva de Aprendizagem (LC), Curva de Esquecimento (FC), Programação da Produção

The Consequences of Production Interruptions in the Cutting Sector of a Furniture Industry

Abstract: Implementing the learning curve and forgetting curve models enables the company to predict labor requirements as well as decrease work performance after scheduled or unplanned production disruption. To evaluate the effects of learning and to execute a productive process, a case study was conducted in the office chair sewing sector in a furniture factory that belongs to the productive arrangement of Arapongas city in Paraná. For the construction of the learning curve of the operators of this production center, this research analyzes some models and coefficient of determination R², defines the Wright model as a reference for the definition and analysis of the learning factor of the operators. For impact analysis and operator performance consequences, opt for Jaber & Bonney's Learning-Forgetting Curve Model (LFCM) model, as it presents consistent, proven, revised literature. The study shown through its results that consider in its production planning the effects of learning and forgetting allows a more accurate and consistent programming, because it allows quantifying the learning gains and the consequences of forgetting caused by the interruption of production.

Key-words: Learning Curve (LC), Forgetting Curve (FC), Production Schedule.

1. Introdução

Estudos apontam que indivíduos aprendem por experiência melhorando seus desempenhos a cada repetição de uma tarefa. Para medir a progressão deste desempenho, Wright (1936) desenvolveu um modelo analítico denominado Curva de Aprendizagem, que representa uma relação entre tempo e unidades produzidas em um processo produtivo, onde o desempenho de uma tarefa, é representado por uma função de potência do número acumulativo das

repetições. A Teoria da Curva de Aprendizagem, demonstra que a eficiência da mão de obra aumenta, à medida que os indivíduos envolvidos aprendem ou ganham experiência em uma atividade (ROSENBERG, 1982).

Pesquisadores ao longo dos anos, vem desenvolvendo outros modelos de curva de aprendizagem, de forma a se adequarem aos mais variados contextos industriais, produzindo bases para orientação e direcionamento gestores, na definição de estratégias industriais (ANZANELLO et al., 2012).

Contudo, diversos fatores podem perturbar um ambiente estável de trabalho, sendo um destes fatores, o esquecimento provocado pelas interrupções programadas ou não da produção. Faz-se importante assim, discutir os efeitos da aprendizagem e do esquecimento na produtividade e no planejamento da produção, visto que, como o aprendizado aumenta com a experiência, o esquecimento parece aumentar em função das eventuais interrupções de uma tarefa, tendo como consequência, eventuais atrasos na programação (HULSE et al., 1982).

Pesquisadores tem se debruçado no fenômeno do esquecimento na produção, Carlson e Rowe (1976) desenvolveram um modelo no qual o esquecimento é modelado por uma curva semelhante à curva de aprendizado, onde o esquecimento é uma função da duração da parada e do desempenho anterior deste intervalo. Globerson & Levin (1987) apresentaram um modelo no qual o processo de esquecimento é uma função de vários fatores, incluindo rotatividade. Ash & Smith-Daniels (2004) em sua investigação, confirmaram que as pausas com interrupções causam esquecimento significativo, afetando o processo de aprendizado/esquecimento.

Neste estudo, aplica-se o modelo LFCM (*learn-forget curve model*) proposto por Jaber & Bonney (1997), para a discussão sobre as consequências das pausas em 4 operadoras do centro de trabalho de costura de assento de cadeira, de uma Indústria de Moveis da cidade de Arapongas no Paraná. A contribuição deste estudo, está em demonstrar o impacto do esquecimento provocado por interrupções, na produtividade das operadoras, fornecendo aos gerentes e planejadores, informações que auxiliarão da definição de estratégias para alavancar e sustentar as metas da produção.

2. Referencial Teórico

2.1 Curva de Aprendizagem

Indivíduos quando submetidos a trabalhos cíclicos e repetitivos passam por um processo de adaptação, em que, o tempo de execução dos processos produtivos tendem a cair até atingir um limiar padrão. A aprendizagem é advinda do processo repetição, desta forma, a curva de aprendizagem é uma descrição matemática do desempenho de um funcionário ao executar tarefas repetitivas (BADIRU, 1992). A curva de aprendizagem é a relação entre o tempo de produção e o número de unidade produzidas por meio do trabalho repetitivo dos colaboradores (BADRI et al., 2016). Tendo isso em vista, existem modelos matemáticos que possibilitam determinar a curva de aprendizagem dos colaboradores de uma empresa.

2.1.1 Wright Model

O primeiro modelo de curva de aprendizagem foi introduzido por Wright (1936) com base em experiências empíricas de fabricação de aviões relacionando a quantidade produzida com o custo de produção.

$$T_n = T_1 n^b \quad (1)$$

T_n representa o tempo gasto para a produção de n unidades, T_1 é o tempo gasto para a produção da primeira unidade, b é o declive da curva de aprendizagem dado pela razão entre o logaritmo natural do percentual de aprendizagem e o logaritmo natural de 2 (JABER & BONNEY, 1997).

Para o cálculo do tempo total para fabricação de n unidades, utiliza-se o modelo manipulado de Wright (ANZANELLO & FOGLIATTO, 2007):

$$T_{1 \rightarrow n} = T_1 n^{b+1} \quad (2)$$

O tempo médio unitário de fabricação pode ser obtido pela seguinte equação (PEINADO & GRAEML, 2007, p.126):

$$\bar{T}_n = \frac{T_1}{n} \quad (3)$$

Onde T_1 é o tempo para fazer n unidades e n o número de unidades consideradas.

2.1.2 Stanford B Model

O modelo *Stanford-B* relaciona a experiência prévia que o colaborador possui em relação a seus empregos anteriores para incorporar no cálculo do desempenho (TEPLITZ, 1991, BADIRU, 1992; NEMBHARD & UZUMERI, 2000 *apud* ANZANELLO et al., 2012). Este modelo, também, foi utilizado pela empresa Boeing na fabricação de seus aviões (BADIRU, 1992).

$$T_n = T_1(n + B)^b \quad (4)$$

Onde B é uma constante que representa as unidades equivalentes da experiência do funcionário no início da produção. Geralmente, B varia entre 1 até 10, na grande maioria seu valor adotado é 4 (FERIYANTO et al., 2015).

2.1.3 De Jong Model

O modelo *De Jong* incorpora a influência do maquinário no processo de aprendizagem.

$$T_n = T_1[M + (1 - M)]n^b \quad (5)$$

M é a razão entre o tempo de ciclo após uma quantidade ilimitada de repetições e o ciclo da primeira vez. Para os valores que M pode assumir são $0 \leq M \leq 1$ Quando $M = 0$, significa que nenhuma ferramenta de assistência foi utilizada na execução de tarefas, logo, o trabalho foi totalmente manual. Quando $M = 1$, indica que o trabalho foi completamente feito por máquinas, logo, não ocorreu nenhum aprendizado (BADIRU, 1992).

2.1.4 S Model

A curva do modelo *S* é usada para descrever a aprendizagem quando ocorre a combinação com a máquina e o primeiro ciclo de solicitação de operação. O modelo *S* é o resultado de uma integração do modelo *De Jong* e *Stanford-B* (BADRI et al., 2016), descrito na equação:

$$T_n = T_1[M + (1 - M)(n + B)^b] \quad (6)$$

Do mesmo modo que o indivíduo é suscetível ao aprendizado é, também, suscetível ao esquecimento. Em função disso, esses dois fenômenos são presentes e desempenham um papel importante no momento de análise da produtividade.

A seguir será feita uma revisão literária acerca dos conceitos e modelos que envolvem o

fenômeno do esquecimento.

2.1 Curva do Esquecimento

Todo o conhecimento adquirido durante o trabalho pode desvanecer por causa da alta rotatividade de trabalhos dos colaboradores e, também, pode depreciar devido as mudanças nos produtos ou processos que tornam o conhecimento anterior obsoleto (ARGOTE et al., 1990). Psicólogos relatam que o esquecimento ocorre nas seguintes situações: (1) quando não existe nenhuma semelhança entre as condições de codificação e de retenção de material aprendido, (2) quando o antigo conhecimento interfere no novo aprendido, e (3) quando ocorre uma interrupção no processo de aprendizagem por um período de tempo (JABER, 2006). A rotatividade de trabalhadores, o nível de comunicação e o tempo de intervenção entre um ciclo e outro são variáveis de impacto para o esquecimento (GLOBERSON, 1987). Vale ressaltar que na maioria dos modelos de curva do esquecimento, o tempo de interrupção é o fator principal de deterioração do conhecimento. O esquecimento é uma função que relaciona a quantidade de unidades produzidas com o tempo decorrido (BAILEY, 1989).

Por mais que os estudos acerca do fenômeno esquecimento não seja tão vasto, Jaber (2006) identificou algumas características do processo de esquecimento por meio de estudos empíricos e laboratório, sendo:

- a) A quantidade de experiência adquirida antes da interrupção influencia o nível de esquecimento;
- b) O comprimento do intervalo de interrupção influencia o nível de esquecimento
- c) A taxa de reaprendizagem é a mesma que a taxa de aprendizado original, onde a reaprendizagem é mais rápida após um intervalo;
- d) A função de potência é apropriada para capturar o esquecimento;
- e) Aprendizado e esquecimento são imagens espelhadas um do outro; isto é, a curva de aprendizado pode ser resumida por uma função de potência que aumenta com a aprendizagem, e o esquecimento pode ser resumido com uma função de potência que decai com o tempo;
- f) O nível de esquecimento está positivamente relacionado com a taxa que o trabalhador aprende; isto é, os trabalhadores que aprendem rapidamente também tendem a esquecer rapidamente;
- g) A natureza da tarefa que está sendo executada, isto é, se a tarefa é cognitiva ou manual;

Em sua pesquisa, Nembhard & Uzumeri (2000) concluíram que trabalhadores que aprendem mais rapidamente acerca dos processos produtivos são mais suscetíveis ao esquecimento. Por outro lado, os trabalhadores que aprendem gradualmente tendem a uma taxa de produtividade de estado estacionário mais alta e menor esquecimento.

Para melhor descrever o fenômeno do esquecimento, foram desenvolvidos ao longo dos anos modelos matemáticos, destacando-se o VRIF (*variable regression to invariant forgetting*) Model, VRVF (*variable regression to variable forgetting*) Model e LFCM (*learn-forget curve model*).

2.2.1 S VRIF Model

O modelo VRIF desenvolvido por Elmaghraby (1990) assume que existe uma função única de

esquecimento com um único ponto de interceptação. Isto se dá, pois \hat{T}_1 e f (inclinação da curva de esquecimento) são parâmetros dependentes do sistema, assim como, T_1 (tempo de produção da primeira unidade) e l (inclinação da curva de esquecimento) são da função de aprendizagem. Dessa forma, no modelo VRIF, \hat{T}_1 e f são considerados constantes para o ciclo de produção i .

A equação que representa o ponto de convergência entre a curva de aprendizagem e a curva de esquecimento, ou seja, o tempo para o esquecimento da produção de q_i é dado por:

$$\hat{T}_1 = T_1 q_i^{-(l+f)} \quad (7)$$

Para determinar o tempo necessário de produção de $q_i + s_i$ caso não houvesse a interrupção, é dado pela equação:

$$\hat{T}_{q_i+s_i} = T_1 (q_i + s_i)^f \quad (8)$$

O tempo de produção para a primeira unidade após a interrupção é dado pela equação:

$$\hat{T}_{1,i+1} = T_1 (u_{i+1} + 1)^{-l} \quad (9)$$

Em que u_{i+1} é dado por:

$$u_{i+1} = \left[\frac{\hat{T}_1}{T_1} (q_i + s_i)^f \right]^{-1/l} \quad (10)$$

2.2.2 S VRVF Model

No modelo proposto por Carlson & Rowe (1976) a curva do esquecimento varia de acordo com a interrupção na função em relação ao número de unidades produzidas de cada ciclo. Dessa forma, no modelo VRVF, \hat{T}_1 é um parâmetro calculado a cada ciclo, enquanto f é constante para todo o ciclo de produção i . Portanto, utilizando as mesmas equações do modelo VRIF e calculando \hat{T}_1 a cada ciclo, tem-se:

$$\hat{T}_{1i} = T_1 q_i^{-(l+f)} \quad (11)$$

$$\hat{T}_{q_i+s_i} = T_{1i} (q_i + s_i)^f \quad (12)$$

$$u_{i+1} = \left[\frac{\hat{T}_{1i}}{T_1} (q_i + s_i)^f \right]^{-1/l} \quad (13)$$

2.2.3 LFCM

O modelo LFCM proposto por Jaber & Bonney (1997) \hat{T}_1 e f são variáveis calculadas a cada ciclo de produção i .

O cálculo da inclinação da curva do esquecimento é dado pela equação:

$$f_i = \frac{l(1-l) \log q_i}{\log(C_i + 1)} \quad (14)$$

Em que C_i é:

$$C_i = t_B \left[\frac{T_1}{1-l} q_i^{1-l} \right]^{-1} \quad (15)$$

Dessa forma, se torna possível calcular o tempo para o esquecimento q_i variando f_i a cada ciclo, é dado por:

$$\hat{T}_{1i} = T_1 q_i^{-(l+f_i)} \quad (16)$$

Por fim a unidades lembradas no início do ciclo $i + 1$ é dado pela equação:

$$u_{i+1} = q_i^{\frac{l+f_i}{l}} (q_i + s_i)^{-f_i/l} \quad (17)$$

2.3 Escolha do Modelo

O modelo escolhido para a análise dos dados é o LFCM, visto que dentre os três modelos abordados, possui maior precisão, tendo sua eficácia comprovada por meio de resultados consistentes determinados experimentalmente por Globerson *et. al.* (1989) apresentando um pequeno desvio para determinar o tempo da curva de esquecimento (JABER & BONNEY, 1997).

Todos os três modelos hipotetizam duas relações importantes entre aprendizagem e esquecimento. A primeira é que quando ocorre o esquecimento total, o tempo de processamento reverte para o tempo necessário para processar a primeira unidade sem experiência anterior. A segunda relação é que o tempo de desempenho na curva de aprendizado é igual ao da curva de esquecimento no ponto de interrupção. JABER & BONNEY (1997) mostram que o VRIF satisfaz o primeiro relacionamento, mas não o segundo, e que o VRVF satisfaz o segundo relacionamento, mas não o primeiro. O LFCM satisfaz os dois relacionamentos (JABER & BONNEY, p. 8, 1997, tradução nossa).

3. Metodologia

Este estudo foi aplicado no setor de costura de assento de cadeiras de uma indústria de moveis, que produz jogos de sala de jantar, compostos de 1 mesa e 6 cadeiras. A produção programada para o período estudado de 8 meses, é de 168.324 assentos de cadeira. O centro de trabalho estudado, é formado por 3 operadoras, que trabalham na empresa há mais de 4 anos, com experiência em costura de encosto de cadeira, porém de outros modelos, e o modelo estudado não havia sido fabricado anteriormente.

O tempo unitário de costura de um modelo de encosto de cadeira, semelhante ao estudado, levantado pela empresa pelo método de cronoanálise é 1,42 minutos, que foi utilizado pelo setor de planejamento da produção para projetar a quantidade de unidades que cada operadora deveria fabricar para atingir a meta de produção estabelecida no período, programando para cada operadora, 56.108 unidades, equivalentes a 338 unidade/dia.

Os dados deste estudo foram apontados através de observações, utilizando a técnica de cronometragem, por um período de 105 dias trabalhados, com uma jornada diária de 480 minutos, entre setembro e janeiro e registrados diariamente em formulário próprio, onde constavam o nome da operadora, o tempo unitário de fabricação a quantidade de peças produzidas. No período analisado, ocorreu uma interrupção na produção de 10 dias, devido a férias coletivas da empresa.

Para a compreensão do fenômeno da aprendizagem das operadoras, foi aplicado nesta pesquisa, o modelo exponencial de Wright ((Eq.1); (Eq.2) e (Eq.3)), selecionado através do Coeficiente de Determinação R^2 (Tabela 1), cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Calculou-se a taxa e o *slope* de aprendizagem (b) para a obtenção da Curva de Aprendizagem. Os dados encontrados, permitiram analisar o comportamento da aprendizagem das operadoras.

A definição do número de ciclos necessários, para o cálculo do tempo médio, foi realizada pelo

método da cronoanálise, com um grau de confiabilidade de 95%, com erro de 5% e significância estatística de 3%.

Aplicou-se o Modelo LFCM proposto por Jaber & Boney (1997), para o cálculo da inclinação da curva do esquecimento, foram aplicadas as Eq.14 e Eq.15; para o calcular o tempo para o esquecimento aplicou-se a Eq. 16 e para o cálculo das unidades lembradas foi utilizada a Eq.17.

4. Discussão e Análise dos Dados

A Tabela 1 mostra a curva de aprendizado e o *slope* de aprendizagem (*b*) das operadoras. A aderência ao modelo de Wright (eq.1), foi selecionado através do coeficiente de determinação R^2 , que aponta um fator de regressão significativo, superior a 0,98.

Operadora	Curva de Aprendizagem	<i>Slope</i> de Aprendizagem (<i>b</i>)	Coefficiente de Determinação (R^2)
Operadora 1	95,8%	-0,06138	0,9842
Operadora 2	94,9%	-0,07597	0,9866
Operadora 3	94,1%	-0,04237	0,9942

Fonte: Autores

Tabela 1 – Curva de Aprendizagem das Operadoras

A Tabela 2 traz o efeito do Esquecimento decorrente dos 10 dias parados da produção. Aplicando o modelo da Curva do Esquecimento de Jaber & Boney (1997), conclui-se que a parada da produção provocou uma perda em unidades produzidas de 2899 unidades sendo: 996 unidades da Operadora 1, 1017 unidades da Operadora 2 e 916 unidades da Operadora 3.

Operadora	Tempo da 1ª peça (min) (*)	<i>Slope</i> do Esquecimento	Efeito do esquec. (nº unidades)
Operadora 1	2,50	0,559325	966
Operadora 2	2,40	0,678420	1017
Operadora 3	2,71	0,716898	916

Fonte: Autores

Tabela 2 - Efeito do Esquecimento

A Tabela 3 apresenta o impacto da aprendizagem e do esquecimento no tempo unitário de fabricação das operadoras. O tempo unitário da 1ª peça produzida pela Operadora 1 no início do processo, foi de 2,50 min/unidade, considerando sua curva de aprendizagem de 95,8% e *slope* de aprendizagem de 0,6354 (*b*), no momento da interrupção da parada de 10 dias na produção, seu tempo unitário foi de 1,79 min/unidade, representando um ganho de 28,2% sobre o tempo inicial, denotando o efeito da aprendizagem na operadora, o que pode ser observado também um relação as outras 2 operadoras, tenho a Operadora 2 um ganho de 33,5% e a Operadora 3 um ganho de 37,2%. A Tabela 3 apresenta também, o efeito do esquecimento, que pode ser observado na redução da performance entre o tempo unitário das operadoras, no momento da interrupção de 10 dias e o tempo unitário na retomada da produção. O tempo unitário da fabricação do item da Operadora 1 no momento da interrupção foi de 1,79 min/unidade e o tempo no dia da retomada da produção foi de 1,82 min/unidade, apontando uma queda na performance de 1,4%; da Operadora 2, de 1,8% e da

Operadora 3, de 2,0%.

Operadora	Tempo da 1ª peça (min) (*)	Slope de aprend.	Tempo da peça no ponto de interrup. (min/un)	Ganho de aprend. (%)	Slope do esq.	Tempo da 1ª peça após interrup.	Perda esq. (%)
Operadora 1	2,50	0,6354	1,79	28,2%	0,5593	1,82	1,4%
Operadora 2	2,40	0,5963	1,59	33,5%	0,6576	1,62	1,8%
Operadora 3	2,71	0,6354	1,70	37,2%	0,7189	1,74	2,0%

Fonte: Autores

Tabela 3: - Efeito Aprendizagem x Esquecimento

4. Conclusão

Este trabalho considerou o problema de dimensionamento de lote de produção considerando o aprendizado e esquecimento nos tempos unitários de fabricação, provocado pelas interrupções no processo de fabricação e nas perdas refletidas no aumento do tempo unitário de fabricação do item e conseqüente redução na quantidade a ser produzida.

Conclui-se como apontado na literatura, que o esquecimento tem relação direta com o tempo de duração da interrupção e do aprendizado adquirido pelos trabalhadores antes da interrupção.

O estudo valida o modelo LFCM de Jaber & Boney (1997) de modo a permitir identificar, por meio das curvas de aprendizagem e de esquecimento dos trabalhadores, as perdas quantitativas decorrentes da interrupção do processo produtivo, e também, as perdas do volume diário a serem produzidos de um item. Em virtude disso, ter o aporte das curvas de aprendizagem e de esquecimento propicia a empresa a ter maior eficiência na programação da produção e, subsidia o setor de planejamento com informações para melhor utilização da capacidade instalada e dos recursos disponíveis, como também, para a organização de treinamentos e ações visando a melhoria da performance dos trabalhadores.

Referências

ANZANELLO, M. J.; FOGLIATTO, F. S. Curvas de aprendizado: estado da arte e perspectivas de pesquisa. **Gestão da Produção**, São Carlos, v. 14, n. 1, p. 109-123, 2007.

ANZANELLO, M. J.; FOGLIATTO, F. S.; STROIEKE, R. E. **The state-of-the-art of learning curve applications.** Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/262438271_The_state-of-the-art_of_learning_curve_applications > Acesso em: 13 set. 2019.

ARGOTE, L.; BECKMAN, S. L; EPPLE, D. The Persistence and Transfer of Learning in Industrial Settings. **Management Sciences**, v.36, n.2, p.140-154, 1990.

ASH, R.C.; SMITH-DANIELS, D.E. Managing the impact of customer support disruptions on new product development projects. **Project Management Journal**, v.35, n.1, p. 3-10, 2004.

BADIRU, A. B. Computational Survey of Univariate and Multivariate Learning Curve Models. **IEEE**, v.39, n.2, 1992.

BADRI, H. M. et al. **Implementation Learning and Forgetting Curve to Scheduling in Garment Industry.** Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/114/1/012068/pdf> > Acesso em: 13 set. 2019.

BAILEY, C. D. Forgetting and the Learning Curve: A Laboratory Study. **Management Sciences**, v.35, n.3, p. 340-352, 1989.

CARLSON, J. G.; ROWE, A. J., **How Much Does Forgetting Cost?** *Industrial Engineering*, v.8, p. 40-47, 1976.

ELMAGHRABY, S. E. Economic manufacturing quantities under conditions of learning and forgetting (EMQ/LaF). **Production Planning & Control: The Management of Operations**, v.1, n.4, p. 196-208, 1990.

FERIYANTO, N. et al. IMPLEMENTATION LEARNING AND FORGETTING CURVE TO PREDICT NEEDS AND DECREASES OF LABOR PERFORMANCE AFTER BREAK. **Jurnal Teknologi**, p. 135-140, 2015.

GLOBERSON, S et al. The Impact of Breaks on Forgetting When Performing A Repetitive Task. **IIE Transactions**, v.21, n.4, p. 376-381, 1989.

GLOBERSON, S.; LEVIN, N. Incorporating Forgetting into Learning Curves. **Internacional Journal of Operations & Production**, v.7, n.4, p. 80-92, 1987.

HULSE, S.H.; DEESE, J.; EGETH, H., 1982, **The Psychology of Learning.** McGraw-Hill, 5th edition.

JABER, M. Y. **Learning and Forgetting Models and Their Applications.** Toronto: Ed. Taylor & Francis Group, 2006.

JABER, M. Y.; BONNEY, M. A comparative study of learning curves with forgetting. **Elsevier**, New York, v.21, p. 523-531, 1997.

NEMBHARD, D. A; UZUMERI, M. V. Experiential learning and forgetting for manual and cognitive tasks. **International Journal of Industrial Ergonomics**, 2000. p. 315-326.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. Administração da produção: operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007

ROSENBERG N., Learning by Using, Inside the Black Box, (1982) (Cambridge Press)

WRIGHT, T. P. Factors Affecting the Cost of Airplanes. **JOURNAL OF THE AERONAUTICAL SCIENCES**, v.3, p. 122-128, 1936.