

APLICAÇÃO DA CURVA DE APRENDIZAGEM COMO INSTRUMENTO DE MELHORIA DA PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA: UM ESTUDO DE CASO

Fabiana Ponte Pedrosa

Ludmila de Almeida Pedrosa

João Agnaldo Do Nascimento

Resumo:

O presente trabalho apresenta uma aplicação do fenômeno da aprendizagem, utilizando o volume produzido de peças e o número de horas empregados na produção de moda íntima, com isso determinamos, a curva de aprendizagem e o índice de produtividade da mão-de-obra do grupo analisado. O fenômeno da aprendizagem é um aspecto típico das organizações produtivas baseadas na divisão técnica do trabalho, com destaque para os processos de produção em linhas de montagem. Este fenômeno se revela quando um trabalhador passa a executar um trabalho repetitivo, sobretudo manual. À medida que se produz mais, a repetição das tarefas mecânicas vai familiarizando-o com os movimentos, com o uso das ferramentas, com o manuseio dos materiais, portanto ele se torna mais hábil no processamento da tarefa. O resultado final é uma redução de horas de mão-de-obra direta por unidade. O trabalho apresenta uma breve descrição da empresa estudada, seu sistema de produção, a fundamentação teórica do fenômeno de aprendizagem, para em seguida, fazer a aplicação desse fenômeno em uma célula de produção, determinando as curvas de aprendizagem e apresentando os índices de produtividade da mão-de-obra.

Palavras-chave:

Área temática: *Aplicação de Modelos Quantitativos na Gestão de Custos*

APLICAÇÃO DA CURVA DE APRENDIZAGEM COMO INSTRUMENTO DE MELHORIA DA PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA: UM ESTUDO DE CASO

Fabiana Ponte Pedrosa
Universidade Federal da Paraíba
fabianappedrosa@hotmail.com

Ludmila de Almeida Pedrosa
Universidade Federal da Paraíba

João Agnaldo do Nascimento
Universidade Federal da Paraíba

Resumo

O presente trabalho apresenta uma aplicação do fenômeno da aprendizagem, utilizando o volume produzido de peças e o número de horas empregados na produção de moda íntima, com isso determinamos, a curva de aprendizagem e o índice de produtividade da mão-de-obra do grupo analisado. O fenômeno da aprendizagem é um aspecto típico das organizações produtivas baseadas na divisão técnica do trabalho, com destaque para os processos de produção em linhas de montagem. Este fenômeno se revela quando um trabalhador passa a executar um trabalho repetitivo, sobretudo manual. À medida que se produz mais, a repetição das tarefas mecânicas vai familiarizando-o com os movimentos, com o uso das ferramentas, com o manuseio dos materiais, portanto ele se torna mais hábil no processamento da tarefa. O resultado final é uma redução de horas de mão-de-obra direta por unidade. O trabalho apresenta uma breve descrição da empresa estudada, seu sistema de produção, a fundamentação teórica do fenômeno de aprendizagem, para em seguida, fazer a aplicação desse fenômeno em uma célula de produção, determinando as curvas de aprendizagem e apresentando os índices de produtividade da mão-de-obra.

Área Temática: Aplicação de Modelos Quantitativos na Gestão de Custos

APLICAÇÃO DA CURVA DE APRENDIZAGEM COMO INSTRUMENTO DE MELHORIA DA PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA: UM ESTUDO DE CASO

1. Introdução

Um dos pontos mais importantes no dia a dia das empresas é o estabelecimento dos níveis de produtividade, tendo a concorrência entre as empresas cada vez mais acirrada torna-se imprescindível determinar tais níveis.

O trabalho apresentado tem como objetivo a utilização da Curva de Aprendizagem em um determinado período de tempo, tendo como objeto de estudo, uma célula de produção de uma empresa do ramo de confecção. Com os dados obtidos nessa aplicação será possível estabelecer o índice de produtividade da mão-de-obra do grupo analisado desta empresa. Ao longo do artigo, discorreremos sobre a história do efeito da aprendizagem, a teoria da Curva de Aprendizagem e suas características. Será feito um breve comentário a respeito da empresa e as características da célula analisada, e utilizando a Curva de Aprendizagem, evidenciaremos a sua aplicabilidade.

2. Fundamentação teórica

2.1 Conceitos sobre Produtividade e Repetição

Quando se aborda produtividade, refere-se ao número de produtos produzidos em um determinado tempo por um operário ou equipe. Um exemplo de obtenção de índices de produtividade na indústria têxtil é a medição do número de camisas costuradas por um operário ou equipe em um determinado período:

Diversos são os aspectos abordados quando falamos sobre fatores que afetam a produtividade ou o que causa a baixa ou alta produtividade. Dentre os fatores pode-se destacar: (1) fatores gerenciais; (2) fatores de trabalho e ambiente; (3) fatores de projeto; (4) fatores relacionados aos recursos (PICCHI, 1993).

No caso de estudos de trabalhos tipicamente repetitivos, verifica-se também que afetam significativamente os índices de produtividade, o efeito aprendizagem e repetição.

2.2. Histórico

De acordo com a leitura utilizada registramos que o reconhecimento da Curva de Aprendizagem na produção industrial se iniciou na década de vinte, logo após a Primeira Guerra Mundial, onde inicialmente, foi utilizada na indústria bélica que necessitava tornar mais eficiente sua produção.

Mas, podemos observar que no início do século, durante os estudos de Frederick Taylor, ele utilizou o conceito do fenômeno de aprendizagem, onde o operário na

repetição de uma tarefa tornava-se, gradativamente, mais eficiente. Embora Taylor tenha partido da divisão da tarefa, esta conseqüentemente, recai na sua repetição.

O efeito aprendizagem também foi objeto de estudo de Adam Smith em 1776 no livro *A Riqueza das Nações*, o autor menciona em sua obra o exemplo de um operário em uma fábrica de alfinetes e que sua produtividade aumenta na medida em que se especializa em uma etapa do processo produtivo.

Em 1903, Taylor publicou os resultados de seus estudos e das experiências realizadas objetivando a Organização Racional do Trabalho. A Organização Racional do Trabalho fundamentava-se na análise do trabalho operário, no estudo de tempos e movimentos, na fragmentação das tarefas e especialização do trabalhador, buscando a eliminação do desperdício, da ociosidade do operário e na redução de custos de produção. Estes aspectos constituem-se nos princípios e objetivo, respectivamente, da Teoria da Curva de Aprendizagem.

Com isso, fica evidente que o conceito da Curva de Aprendizagem tem sua origem em tempos remotos e que a preocupação com a aprendizagem na produção é muito mais antiga do que consta da própria história da Curva de Aprendizagem.

Como já foi dito, foi na indústria aeronáutica militar americana que se registrou a curva de aprendizagem, por ocasião da Primeira Guerra Mundial. Justificamos este fato pela principal característica da fabricação que, além de ser minuciosa, demandava uma grande quantidade de horas de mão-de-obra direta para a sua consecução. Logo, qualquer melhoria na produção, de preferência que reduzisse o tempo de montagem, era reconhecida. De acordo com LEONE nos estudos iniciais, encontrou-se uma melhoria de 20% no tempo de mão-de-obra à medida que a produção de aeronaves dobrava.

Segundo a NASA, o conceito da curva de aprendizagem foi apresentado à indústria de aeronaves, quando a T. P. Wright publicou um artigo no Diário da Ciência Aeronáutica em fevereiro de 1936. Foi descrita uma teoria básica para se obter uma estimativa de custo baseada na produção repetitiva da montagem de aviões.

Desde então, as curvas de aprendizagem foram aplicadas para todos os tipos de trabalho, das tarefas simples à trabalhos complexos, necessários à fabricação de produtos.

2.3. Teoria da Curva de Aprendizagem

A curva de aprendizagem pode ser definida como sendo a demonstração gráfica de um efeito de aumento na produtividade do trabalhador, de modo que o custo de produção de uma empresa pode apresentar declínio no decorrer do tempo, quando os administradores e funcionários tornam-se mais experientes e eficazes na utilização da fábrica e dos equipamentos. À medida que os administradores e a mão-de-obra ganham maior prática com a produção, o custo incremental e o custo médio, obtidos pela empresa de um determinado nível de produção, apresentam redução por quatro razões:

- a. Nas primeiras vezes em que os funcionários realizam uma determinada tarefa eles demoram mais, porém, quando se tornam mais destros, sua velocidade aumenta;
- b. Os administradores aprendem a programar o processo produtivo com maior eficácia, desde o fluxo de materiais até a organização do próprio processo e fabricação;

- c. Os engenheiros, que a princípio mantinham-se cautelosos com o desenvolvimento de seus produtos, acabam adquirindo experiência suficiente para permitir maiores tolerâncias com o projeto, possibilitando reduções nos custos sem aumento de defeitos, sendo que ferramentas e organizações fabris de melhor qualidade e mais especializadas podem também reduzir os custos; e
- d. Os fornecedores de materiais podem aprender maneiras de processar com maior eficácia os materiais exigidos pela empresa, podendo repassar parte desta vantagem para a companhia na forma de custos mais baixos.

Kaplan (apud Ludicibus), reporta os seguintes fatores que podem caracterizar o efeito-aprendizagem: eficiência do trabalho, novos processos e métodos aperfeiçoados, redesign de produtos, padronização dos produtos, e efeito escala.

Segundo Schimidt apud Santos, a aprendizagem motora é um conjunto de processos associados com a prática ou a experiência, conduzindo a mudanças relativamente permanentes na capacidade de se executar uma performance habilidosa. Esse aumento da aprendizagem é representado pela curva de aprendizagem.

2.4. Características da Curva de Aprendizagem

Teles relata que há duas configurações possíveis quanto as características da Curva de Aprendizagem. Quando ela é traçada em um gráfico aritmético, com coordenadas lineares, o resultado é uma curva, mostrando um rápido declínio inicial que se extingue aos poucos. Quando a mesma curva é traçada em um gráfico logarítmico duplo, ela será uma taxa declinante reta. Esta segunda retratação com uma linha declinante reta é geralmente preferida por razões práticas.

Ludicibus cita três formas de representar o fenômeno da curva de aprendizagem, a primeira se segue através da seguinte formula:

$$y = a \cdot x^{(-b)}, \text{ onde:}$$

y= número médio de horas de mão-de-obra direta por unidade;

a= número de horas de mão-de-obra direta para a primeira unidade;

x= número acumulado de unidades produzidas ate o momento;

b= índice da curva de aprendizagem ($0 < b < 1$)

A segunda forma é retratada da seguinte maneira:

$$T = y \cdot x = ax^{(1-b)}, \text{ onde:}$$

T= número total horas de mão-de-obra direta.

Em alguns casos, ainda, poderíamos utilizar uma terceira formula, que seria em termos de horas marginais de mão-de-obra direta, a saber:

$$d/dx T(x) = a(1-b) x^{(-b)}$$

2.4. Caracterização da empresa

A empresa analisada, que não será identificada nesse trabalho a pedido da sua direção, localiza-se na Grande João Pessoa, atuando a aproximadamente 5 anos. Possui 400 empregados, entre administração e produção. Trabalha com o

processamento de confecções para uma grande marca nacional sediada no sudeste do Brasil.

2.5 Aplicação da Curva de Aprendizagem

A célula analisada é composta por 10 trabalhadores, elas fabricam um único

SEMANA	QUANTIDADE PRODUZIDA (PEÇAS)	TEMPO DE TRABALHO (MINUTOS)
1	2952	23248
2	4024	20309
3	4272	20306
4	4994	19251
5	5040	19524
6	5760	18498
7	5832	17861
8	5948	17739
9	6060	17524
10	6839	17099
11	7290	16156
12	7776	15968
13	9522	14488
14	9720	14235
15	10440	13254
16	10540	11663
17	10925	11269

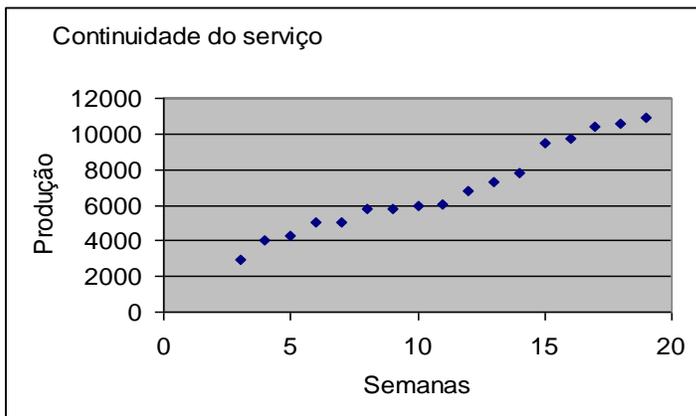
lo de
peça
intim
a.For
am
anali
sado
s o
volu
me
produ
zido
de
peça
s e o
núme
ro de
horas

necessárias na produção deste item durante 17 semanas, como podemos ver na tabela 1:

Tabela 1

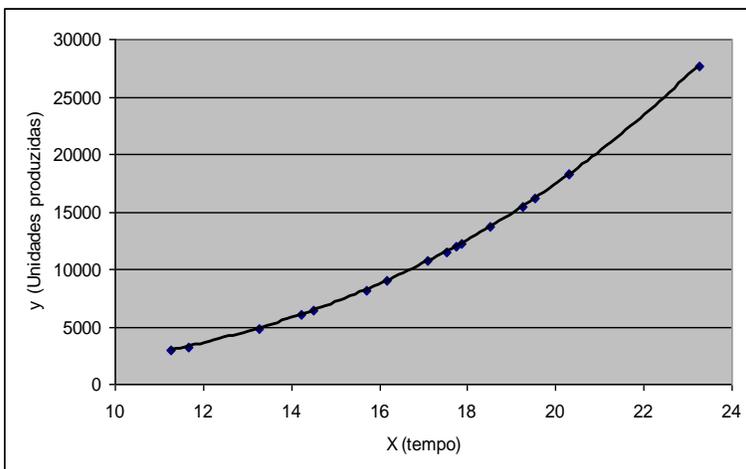
Para que o efeito aprendizagem realmente ocorra, é necessário que a execução do serviço seja contínua, sem interrupções prolongadas. A figura 01 apresenta a produção ao longo das 17 semanas, onde se pode verificar a continuidade do serviço.

Figura 1



Quando os serviços apresentam Efeito Aprendizagem, é possível identificar uma curva ajustada por regressão que representa o comportamento dos índices de produtividade durante sua execução. O gráfico com os dados está apresentado na Figura 2.

Figura 2



Para calcularmos o índice b utilizaremos a primeira equação apresentada anteriormente. Todos os cálculos foram realizados em uma planilha do Excel, apresentada a seguir. Logo temos:

Tabela 2

x	y	loga	logy	xy	x ²	x	y
23,248	2952	1,366386	3,470116	4,741517	1,86701	23,248	27704,64256
20,309	4024	1,307689	3,604658	4,71377	1,710049	20,309	18224,19433
20,306	4272	1,307624	3,630631	4,747502	1,709882	20,306	18215,8529
19,251	4994	1,284453	3,698449	4,750484	1,64982	19,251	15439,79419
19,524	5040	1,290569	3,702431	4,778241	1,665568	19,524	16128,48849
18,498	5760	1,267125	3,760422	4,764924	1,605605	18,498	13643,94081
17,861	5832	1,251906	3,765818	4,714449	1,567268	17,861	12239,83615
17,739	5948	1,248929	3,774371	4,713922	1,559824	17,739	11982,59563
17,524	6060	1,243633	3,782473	4,704009	1,546624	17,524	11538,21852
17,099	6839	1,232971	3,834993	4,728434	1,520217	17,099	10692,89256
16,156	7290	1,208334	3,862728	4,667464	1,460071	16,156	8969,013888
15,698	7776	1,195844	3,890756	4,652739	1,430044	15,698	8204,256735
14,488	9522	1,161008	3,978728	4,619337	1,347941	14,488	6398,550774
14,235	9720	1,153357	3,987666	4,599205	1,330233	14,235	6058,58231
13,254	10440	1,122347	4,0187	4,510376	1,259663	13,254	4855,884886
11,663	10540	1,06681	4,022841	4,291608	1,138084	11,663	3267,06861
11,269	10925	1,051885	4,038421	4,247956	1,106463	11,269	2937,010392
		19,70899	64,8242	78,94594	25,47436		
	Média	1,094944	3,601345				
		b =	3,099035				
		ln(a) =	0,208076				
		a =	1,614642				

A equação obtida no ajuste, bem como o coeficiente de determinação e o índice de aprendizagem da curva ajustada estão apresentados a seguir, na tabela 03.

Tabela 3

Equação	R ²	Índice de Aprendizagem
$y = 1,6146 X^{3,099035}$	0,949061	91%

A partir do gráfico e da regressão pode ser observado que a equação clássica adotada para modelar o Efeito Aprendizagem na produção de moda íntima na empresa estudada teve uma boa adequação, com coeficiente de determinação próximo a 0,9.

Conclusão

O efeito aprendizagem, de alguma forma, termina a partir de uma certa produção. No trabalho apresentado, nota-se que a partir da 17^o semana, a curva de aprendizagem torna-se constante, com isso conclui-se que o efeito aprendizagem esta se estabilizando.

Como resultado final, o projeto desenvolveu uma sistemática, apresentada neste artigo, iniciando-se com a coleta de dados, organização dos dados, análise do gráfico e tabela criadas, e por fim a utilização destes dados no processo produtivo para garantia de sua melhoria.

Através da aplicação desta metodologia, a empresa pode coletar, organizar e utilizar os dados. Deste modo, obtém-se um histórico dos índices de produtividade e do comportamento construtivo, podendo-se comparar com futuras produções, na busca de melhorias e aumento da produtividade.

Bibliografia

IUDÍCIBUS, Sérgio de. *Análise de Custos*. 1 ed. São Paulo: Atlas, 1988.

LEONE, George S. Guerra. *Curso de Contabilidade de Custos*. São Paulo: Atlas, 1997.

LEITE, Madalena Osório. *A utilização das Curvas de Aprendizagem no Planejamento da Construção Civil*. Disponível em: <http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/5199.pdf>, acesso em:17/05/2004.

WRIGHT, T. P. *Factors Affecting the Cost of Airplanes*. Journal of Aeronautical Science. February, 1936.

NASA JOHNSON SPACE CENTER. *Learning curve calculator*. Disponível em: <http://www.jsc.nasa.gov/bu2/learn.html>, 2000; acesso em:17/05/2004.

PEDROSA, Carlos, PAULO, Edílson. *O Fenômeno da Aprendizagem: Considerações Teóricas, Aplicações e Limitações*. In: Encontro Internacional de Custos, 2003, Uruguai.

PICCHI, Flávio Augusto. *Sistemas da Qualidade: uso em empresas de construção de edifícios*. Tese de Doutorado em engenharia. Escola Politécnica da USP, Vol. 2 São Paulo, 1993.

SANTOS, Emilene Coco dos. *Apontamentos de Aprendizagem Motora*. Disponível em: <http://www.ufes.br/~petcefed/emilene.htm>, acesso em:17/05/2004.

TELES, Egberto Lucena, VARTANIAN, Grigor Haig, SÁ, Maria Teresa A. Pompeu. *Aspectos da Curva de Aprendizagem como Instrumento da Contabilidade Gerencial*.