

PROJECTO ACADÉMICO INDIVIDUAL

Artigos 11º e 14º do Regulamento de Prestação de Serviço Docente do ISCAL

Componente de investigação

CURVAS DE EXPERIÊNCIA, ALTERAÇÕES TECNOLÓGICAS E VANTAGENS COMPETITIVAS

Luís Manuel Botelho Oliveira

Professor Adjunto do ISCAL

Outubro de 2012

CURVAS DE EXPERIÊNCIA, ALTERAÇÕES TECNOLÓGICAS E VANTAGENS COMPETITIVAS

Luís Manuel Oliveira – Professor adjunto do Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa (ISCAL).

Outubro de 2012

ABSTRACT

The purpose of this essay is not only to clarify, with the help of some basic mathematical tools, the concept and meaning of learning/experience curves (an analytical instrument, which allows us to estimate the learning rate of the individual and organizational levels), but also to analyze the different types of learning inside industrial organizations and the ways they can interact, and to show the effects that learning by doing and learning by searching can have on the experience curves. The essay also approaches the limitations of the experience curves and puts some emphasis on the strategic impact those curves can have on the competitive advantages of first movers.

RESUMO

O objectivo deste trabalho é o de clarificar, com a ajuda de algumas ferramentas matemáticas básicas, o conceito de curva de aprendizagem/experiência (um instrumento analítico que permite a estimação da taxa de aprendizagem quer ao nível estritamente individual, quer ao nível das organizações), analisar os diferentes tipos de aprendizagem no seio das organizações industriais e o modo como eles podem interagir, e mostrar os efeitos que o “aprender fazendo” e o “aprender investigando” podem ter sobre as curvas de experiência. O trabalho debruça-se também sobre as limitações das curvas de experiência e destaca o impacte estratégico que essas curvas podem na aquisição de vantagens competitivas pelas empresas pioneiras.

«A aprendizagem engloba o aumento da eficiência em todos os aspectos que se relacionam com o factor produtivo trabalho, como consequência da prática, do exercício do engenho, da habilidade e da crescente destreza em actividades diversas».

Day, George (1982). "Diagnosing the experience curve", *Journal of Marketing* 47, 1983.

«A relação entre as acções dos indivíduos no seio das organizações e as prestações globais das organizações confundem-se pelo facto de existirem diversos actores a aprender ao mesmo tempo».

Levinthal, Daniel; March, James. (1993). «The Myopia of Learning».

«A aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento de capacidades melhoram as prestações no curto prazo mas, ao mesmo tempo, reduzem os incentivos e as competências para a utilização de novas tecnologias e paradigmas. A aprendizagem cria as suas próprias armadilhas. (...). Qualquer alteração no processo produtivo, no produto ou no pessoal envolvido na produção, ou nos incentivos, interrompe a curva de aprendizagem».

Levinthal, Daniel; March, James. (1993). «The Myopia of Learning».

Introdução

O objectivo principal deste trabalho é o de esclarecer o modo como os diferentes tipos de aprendizagem ao nível das organizações industriais se reflectem e são explicados pelas curvas de experiência e de que maneira estas podem ser utilizadas como um instrumento estratégico por parte das empresas.

No capítulo 1 faz-se uma referência à importância dos estudos levados a cabo, no século XIX, por Hermann Ebbinghaus (1850-1909), um psicólogo alemão e um dos precursores da investigação sobre as relações entre memória e aprendizagem. Atribui-se a Ebbinghaus, entre outras, a descoberta das curvas de esquecimento e de aprendizagem.

No capítulo 2 refere-se a contribuição do engenheiro americano Theodore Paul Wright (1915-1970) na elaboração de curvas de experiência baseadas na estimação do efeito aprendizagem sobre os custos de produção na indústria aeronáutica dos EUA., explica-se com apoio matemático e gráficos adequados o conceito e o significado de curva de experiência, referem-se algumas das suas aplicações e incluem-se diversos exercícios práticos.

No capítulo 3 aborda-se a forma como algumas das mais importantes formas de aprendizagem ao nível das organizações podem interagir entre si.

No capítulo 4 explica-se o papel desempenhado pelas economias de escala, associadas ao «aprender investigando» (*learning by searching*), e a função que cabe ao «aprender fazendo» (*learning by doing*), na construção das curvas de experiência. Faz-se ainda uma breve referência às curvas de experiência com dois factores de aprendizagem.

No capítulo 5 mencionam-se alguns dos pressupostos e limitações das curvas de experiência e analisam-se várias das implicações estratégicas dessas curvas, em particular aquelas que geram vantagens competitivas das empresas pioneiras (*first movers*) na venda de bens/serviços.

Finalmente, apresentam-se o resumo e as conclusões.

Capítulo 1 - Hermann Ebbinghaus, um pioneiro da investigação sobre as relações entre memória e aprendizagem.

Herman Ebbinghaus (1850-1909) é considerado o fundador da psicologia experimental sobre a memória.

Ebbinghaus nasceu em Wupperthal, na antiga Prússia, e estudou na universidade de Bonn.

Foi o primeiro a descrever, em 1885, a curva de esquecimento e a curva de aprendizagem (uma representação gráfica da taxa de progresso de aprendizagem de novas informações) através do uso de sílabas sem sentido, como TIW, VOT, ZIQ, misturadas e escolhidas aleatoriamente, em séries e com comprimentos diferentes.

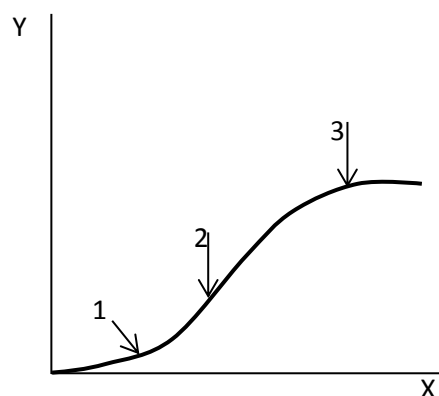
Estes materiais de teste foram utilizados por ele próprio (Ebbinghaus foi inicialmente o sujeito da sua própria investigação sobre a memória e a capacidade de retenção).

O objectivo era que o sujeito realizasse o número de tentativas necessário até fixar o material usado nos testes. Para controlar o grau de retenção, Ebbinghaus inventou o «método das poupanças». Para isso, considerou o número de repetições que um indivíduo precisava para fixar na perfeição, por exemplo, um conjunto de sílabas alinhadas. Como a capacidade de retenção podia ser afectada por variáveis diversas (inerentes ao indivíduo ou associadas a um contexto adverso à memorização/aprendizagem), Ebbinghaus considerou o número de repetições para reaprender a tarefa em causa, subtraindo-o ao número de repetições inicialmente necessário.

Foi também o primeiro a descobrir que era mais eficaz espaçar no tempo as tentativas de aprendizagem do que fazê-lo numa única sessão; e que memorizar e recordar materiais com significado era muito mais fácil do que se utilizassem materiais sem sentido.

Ebbinghaus formulou em termos matemáticos os resultados a que chegou e publicou em 1885 o seu livro *Memória: Uma Contribuição para a Psicologia Experimental*.

As descobertas de Ebbinghaus, aplicadas inicialmente no domínio da Psicologia, estenderam-se à esfera da educação e, mais tarde, à da economia, com os nomes de curva de experiência, curva de progresso, curva de eficiência, etc.



X – Nº de tentativas de aprendizagem

Y – Desempenho em %

Progresso

1 – Ritmo lento de aprendizagem

2 - Ritmo acelerado de aprendizagem

3 - Patamar

Fig. 1 - A curva de aprendizagem em S.

Capítulo 2 – Definição e representação matemática das curvas de aprendizagem/experiência

Grande parte da literatura económica assenta num modelo simplificado de aprendizagem em que os custos médios decrescem com o produto acumulado da empresa (ou com o investimento acumulado).

Existe um manancial de estudos empíricos que parece comprovar que a aprendizagem ao nível das empresas gera melhoramentos, traduzidos por curvas de aprendizagem, ligados mais frequentemente aos efeitos do «aprender fazendo». O pioneiro destes estudos foi Theodore Paul Wright (1895-1970) que, em 1936, descreveu os efeitos da aprendizagem sobre os níveis de produtividade na indústria aeronáutica dos EUA. Wright foi o primeiro a relacionar o crescimento da produtividade com o produto acumulado naquela indústria.¹ Verificou que existia um padrão de aprendizagem e que o tempo para produzir uma unidade adicional de produto diminuía.

Wright usou no seu modelo uma função do tipo $Y = a X^b$ (uma relação que exprime a lei de potência – ver mais adiante) em que Y era o custo directo do trabalho, para fabricar um certo avião, X o produto acumulado de aviões, a o custo do trabalho associado à produção do primeiro avião e b a elasticidade de aprendizagem, que define o declive da curva e que é igual ao rácio: $\log(\text{taxa de aprendizagem}) / (\log 2)$.

A curva de Wright é uma espécie de exponencial «invertida», obedecendo à lei de potência, em que o custo/avião diminui (cada vez menos) com o produto acumulado (nº de aviões fabricados desde o início da actividade fabril da empresa). Note-se que o produto acumulado não se confunde com o aumento do produto por unidade de tempo (dia/mês/ano).

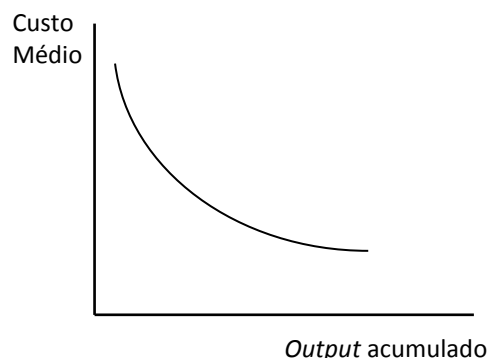
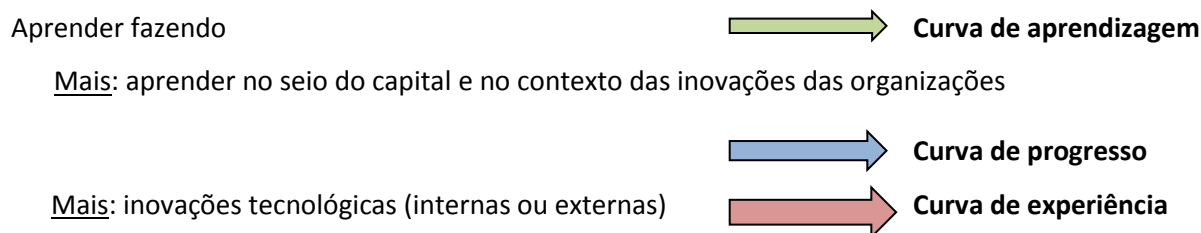


Fig. 2– Curva de Wright

Convém distinguir entre curva de aprendizagem, curva de progresso e curva de experiência. De acordo com Malerba (1992) uma curva de aprendizagem considera esta como um factor explicativo da diminuição do custo médio de produção da empresa em função do produto acumulado mas não contextualiza a aprendizagem; uma curva de progresso (também designada por função progresso) já considera a aprendizagem representada no seio do capital (equipamentos) e nas inovações das organizações; por fim,

¹ Veja-se Wright, T. P., "Factors Affecting the Cost of Airplanes", *Journal of Aeronautical Sciences*, 3(4) (1936): 122-128

uma curva de experiência inclui, para além dos aspectos que considerámos nas anteriores curvas, as inovações tecnológicas ao nível da empresa ou da indústria. Isto significa que as aplicações mais gerais da curva de aprendizagem são mais bem descritas pela curva de experiência. Temos, assim:



Segundo James Martin, o termo curva de aprendizagem tem um sentido mais amplo (macro) enquanto a curva de experiência é um conceito micro que se relaciona com todos os aspectos ligados à produção, ao marketing ou à distribuição.

A Boston Consulting Group (BCG) ² demonstrou que a curva de experiência estava associada, não apenas ao factor aprendizagem, mas também às economias de escala, ao *design*, ao marketing e à standardização dos produtos.³ A teoria elaborada pela BCG em 1966, que resultou de uma análise sobre os custos de semicondutores fabricados por uma empresa americana, mostrou que o custo médio de produção diminuía previsivelmente e em termos reais de entre 20% a 30%, sempre que a produção acumulada duplicava.

A curva de experiência pode ter a forma de um S (Curva S) se medirmos, em abcissas a experiência (número de tentativas ou tempo necessário para concluir uma tarefa: pode ser um exercício, uma operação manual, o fabrico de uma peça de máquina, etc. (Figura 3).

Quando queremos medir o desempenho usando o custo médio em função do produto acumulado, usamos, como se verá a seguir, a curva de experiência (Figura 4), baseada na lei de potência. Esta curva é aquela que está mais divulgada ao nível da economia quando o objectivo é o de projectar custos.

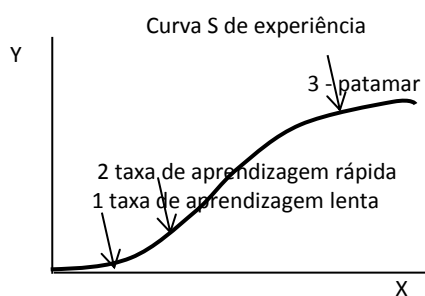


Fig. 3 - X – Experiência; Y – Aprendizagem



Fig. 4 - X – Produto acumulado; Y – Custo médio

² Trata-se de uma empresa de origem americana, fundada em 1963, que opera em mais de 40 países, especialista em consultoria e que é líder em estratégia de gestão.

³ De facto, há muito que sabe que, enquanto o «aprender fazendo» ou seja, a repetição acumulada da mesma tarefa, é um factor de aprendizagem à escala individual, a aprendizagem ao nível das organizações resulta também de outros factores entre os quais sobressaem as alterações ao nível administrativo, a introdução de novos equipamentos, o *design* dos produtos, etc.

A curva de experiência baseia-se, como se disse, no princípio da duplicação do produto: sempre que o produto duplica, o tempo/unidade produzida ou o custo médio de produção diminuem porque a aprendizagem aumenta (*Technical Note Two*).

Seja Y_1 o tempo necessário para produzir a primeira unidade ou, em alternativa, o custo da primeira unidade. Então, o tempo necessário para produzir a unidade n pode ser dado pela seguinte expressão (que obedece à **lei de potência**):

$$Y_n = Y_1 n^b \quad [1]$$

Na expressão [1], n é o número (acumulado) de unidades produzido ou *output* acumulado, r a taxa percentual de aprendizagem e $b = \frac{\log(r)}{\log(2)}$ representa o declive da curva de aprendizagem (negativo uma vez que o número de horas de trabalho/unidade de tempo ou o esforço necessário/unidade de tempo diminuem com o aumento do produto).⁴ A expressão n^b representa o **coeficiente de aprendizagem** e significa que se o tempo necessário para produzir a 1ª unidade ($n=1$) fosse igual a uma hora, o tempo necessário para produzir a unidade n seria: $Y_n = n^b$ horas.

Se for $Y_1 = 10(1^b)$ e $Y_2 = 10(2^b)$, tem-se $\frac{Y_2}{Y_1} = 2^b$ para qualquer valor constante de b .

Se for, por exemplo, $Y_1 = 1^b$ e $Y_2 = 2^b$, tem-se $\frac{Y_2}{Y_1} = 2^b$ ou seja, $2^{-0,415} = 0,75$

Assim, se $Y_1=10$ horas e $r=75\%$, serão necessárias 7,5 horas de trabalho para duplicar o produto ou seja, passar de $n=1$ para $n=2$; 5,625 horas para quadruplicar o produto, ou seja, passar de $n=1$ para $n=4$ e 4,218 horas para passar de $n=1$ para $n=8$. Uma taxa de aprendizagem de 75% pode interpretar-se da seguinte maneira: sempre que o produto duplique, o esforço/unidade de tempo é de 75%. Quando o produto aumenta de $n=1$ para $n=2$, o número de horas de trabalho diminui de 10 para 7,5 (7,5 representa 75% de 10 horas); quando o produto volta a duplicar (de $n=2$ para $n=4$) o número de horas cai para 5,625 o que representa 75% de 7,5 horas.

Uma curva de aprendizagem de 75% significa que o declive dessa curva é igual a $\frac{\log(0,75)}{\log(2)} = -0,415$.⁵

É então fácil verificar que, sempre que o produto duplica, a redução percentual do tempo de trabalho (ou do custo) é igual a $1 - 0,75 = 0,25 = 25\%$. Esta taxa também se designa por taxa ou rácio de progresso (Yelle, 1979).

⁴ A aproximação logarítmica tem a vantagem de se poder calcular o tempo/custo de produzir qualquer unidade, enquanto a abordagem aritmética apenas permite avaliar o tempo necessário para produzir a 2ª, a 4ª, a 8ª, etc., unidades.

⁵ Este é o declive da curva de aprendizagem quando a curva é representada num gráfico com escalas logarítmicas.

Nesta abordagem, conhecendo a taxa de aprendizagem e sabendo o tempo que foi necessário para produzir a primeira unidade, pode-se prever quantas horas de trabalho, por exemplo, serão necessárias para obter a segunda, a quarta, a oitava, etc. Veremos mais à frente o papel que esta informação pode ter para as empresas em termos estratégicos e competitivos.

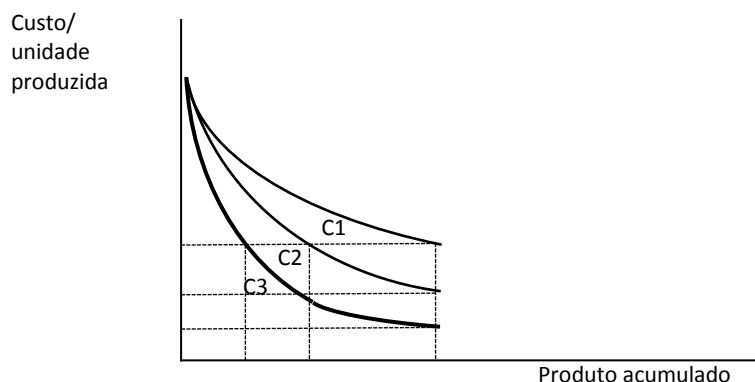


Figura 5 – Curvas de experiência⁶

A vantagem de se utilizar uma expressão analítica como $Y_n = Y_1 n^b$, que exprime uma relação exponencial entre duas variáveis (n e Yn) é a de que a podemos representar num gráfico com uma escala bi-logarítmica, sob a forma de uma recta. De facto, sendo $Y_n = Y_1 n^b$, aplicando logaritmos, fica $\log Y_n = \log Y_1 + b \log(n)$, o que equivale à equação da recta $Y = a + bX$, sendo $Y = \log Y_n$, $a = \log Y_1$, $b = b$ (declive da curva) e $X = \log(n)$.

Existem várias maneiras de representar a curva de aprendizagem/curva de experiência. Nos fins da década de 60 e na década 70 a BCG utilizou uma função parecida com a que Paul Wright tinha usado na segunda metade da década de 30:

$$Y_n = Y_1 n^{-\lambda} \quad [2]$$

onde Y_n representa o custo da unidade n , Y_1 , o custo da primeira unidade, n o número acumulado de unidades produzidas e λ a elasticidade (constante) do custo médio relativamente ao produto acumulado (Day, George, Montgomery, David, 1982) ou elasticidade aprendizagem. O rácio de progresso é definido por $k = 2^{-\lambda}$.

Também se podem usar tabelas para representar curvas de aprendizagem/experiência com base em valores acumulados. A curva é um instrumento analítico utilizado para estimar a taxa de aprendizagem que permite (através da experiência acumulada) a realização de tarefas num período mais curto ou com um custo médio decrescente.

⁶ A inclinação da curva depende do valor que se atribua à taxa de aprendizagem. A curva C1 tem uma taxa de aprendizagem superior à da curva C2 e esta superior à da curva C3. Pelo contrário, o rácio de progresso vai aumentando de C1 para C2 e de C2 para C3.

Vejamos como se poderia deduzir uma curva de aprendizagem, dadas a taxa de aprendizagem (r) e o número de horas necessário para produzir a primeira unidade ($n=1$).

Deve ter-se em atenção que existe uma diferença entre a diminuição do número de horas (ou do custo) provocado por um aumento do *output* por mês, por exemplo, e a diminuição dessas horas (ou do custo) por causa do efeito aprendizagem. Se mantivermos constante o número de unidades produzidas pela empresa no passado (o que se consegue através do registo histórico) é perfeitamente possível que o custo médio por mês diminua, à medida que mais unidades vão sendo fabricadas. Mas, se não alterarmos o número de unidades produzidas por mês e se se verificar uma relação inversamente proporcional entre o custo médio e o *output* historicamente acumulado, então isso deve-se ao efeito aprendizagem.

Observe-se a Tabela 1.

Se for $r=0,85$ e $Y_1 = 10$, vem pela expressão [1]: $Y_n = Y_1 n^b$, $b = \frac{\log(0,85)}{\log(2)} = -0,2345$

1	2	3	4
n	Yn	Yac	Medac
1	10,00	10,000	10,00
2	8,50	18,500	9,25
3	7,728	26,228	8,742
4	7,225	33,453	8,363
5	6,856	40,309	8,062
6	6,569	46,878	7,813
7	6,336	53,214	7,602
8	6,141	59,355	7,419
9	5,974	65,329	7,259
10	5,828	71,157	7,116

Tabela 1

n – nº de unidades produzidas ou *output* acumulado.

Y_n – nº de horas necessárias para produzir a unidade n .

Y_{ac} – nº de horas acumuladas ou número de horas necessárias para produzir n unidades.

Medac – Média das horas acumuladas

r – Taxa de aprendizagem (constante)

$1-r$ – Taxa ou rácio de progresso (constante)

n^b – Coeficiente da curva de aprendizagem

OBS: em vez do nº de horas, podia-se utilizar o custo associado a essas horas o que permitiria obter uma curva de aprendizagem que relacionasse o output acumulado com o custo médio de produção.

Note-se, em primeiro lugar, que a 1ª unidade demora 10 horas a produzir, a 2ª unidade demora $0,85 \times 10 = 8,5$ horas, a 4ª demora $0,85 \times 8,5 = 7,225$ e a 8ª demora $7,225 \times 0,85 = 6,141$. Isto significa que cada duplicação do *output* demora $0,85 \times n^{\circ}$ horas do *output* anterior (1, 2,4,8,...).

Como corolário, sempre que n duplica o tempo necessário reduz-se de 15%; há assim um ganho de 15% (rácio de progresso) que é resultante do efeito aprendizagem.

Note-se que a tabela também nos informa sobre o número de horas necessário para se obterem n unidades. Normalmente as empresas possuem estas tabelas para muitos valores de n . A única diferença relativamente àquela que aqui utilizamos é de que as tabelas usadas pelas empresas atribuem o valor de 1 à 1ª unidade⁷, tornando, assim, mais fácil determinar o tempo ou o custo de produzir as primeiras 4 unidades. Por exemplo, se $r=0,85$ e $Y_1=100\ 000$ horas, a quarta unidade demorará $100\ 000 \times 0,723 = 72\ 300$ horas. Note-se que 0,723 é o coeficiente da curva de aprendizagem $C = n^b$, quando $n=4$. Ver Anexo 1.

Para saber o tempo que demora a fabricar 4 unidades, precisamos de valores acumulados. A tabela diz-nos que o coeficiente acumulado para $n=4$ é igual a 3,345. Então, as 4 unidades necessitarão de $100\ 000 \text{ h} \times 3,142 = 314\ 200$ horas.

A utilização de médias acumuladas produz uma curva mais suave do que se utilizássemos simplesmente o rácio Y/n . As médias acumuladas são as mais usada na medida em que, por questões de planeamento das empresas, é importante conhecer o produto acumulado.

A utilização de uma escala bi-logarítmica transforma as curvas de experiência em rectas após as primeiras unidades produzidas, o que facilita a extrapolação e uma leitura mais rigorosa dos valores acumulados. Isto admitindo, naturalmente, uma taxa de aprendizagem conhecida e constante. (Ritter and Schooler, 2002).

As figuras 6A e 6B ilustram o modo de representar curvas de experiência recorrendo aos dois métodos atrás referidos incluindo a respectiva representação em escala bi-logarítmica. Para o segundo caso apresenta-se a expressão analítica da curva ajustada (a vermelho) bem como o valor do coeficiente de correlação, R^2 .

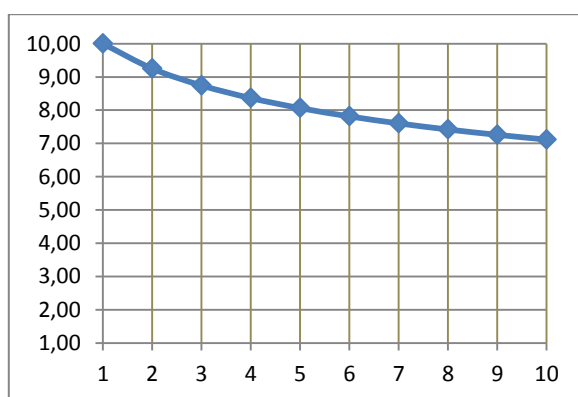


Figura 6A – Escala normal

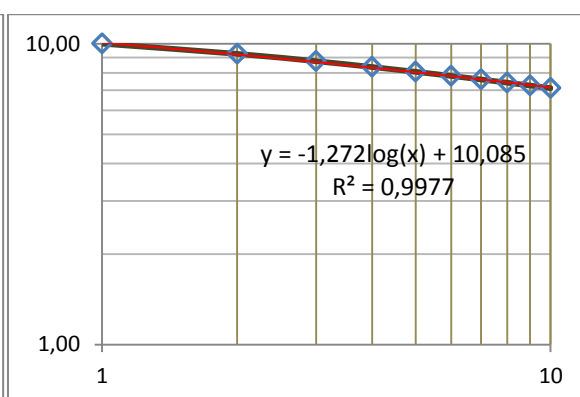


Figura 6B – Escala bi-logarítmica

⁷ Porque $1^{\log(r)/\log(2)} = 1$, sendo r a taxa de aprendizagem, o que é equivalente a $Y_n = Y_1 n^b$ quando $Y_n = Y_1$.

Deve, finalmente, acrescentar-se que a utilização de médias pode ocultar alguns aspectos importantes da aprendizagem desde que as diferentes tarefas assumam dificuldades distintas e/ou as estratégias utilizadas pelas pessoas sejam diferentes ainda que o grau de dificuldade de cada tarefa seja muito semelhante. (Ritter and Schooler, 2002)

Aplicações da curva de experiência nos diferentes sectores da economia

Estudos empíricos, ao longo de muitos anos, têm mostrado a importância das curvas de experiência em sectores industriais, como a construção de navios, a produção de máquinas automáticas, peças de máquinas, montagem de componentes de aviões, instalação de componentes electrónicos, fábricas de aço, fábricas de seda artificial (na Dupont), indústrias de produtos químicos e outros. Aqui os *outputs* são de natureza física. Na esfera dos serviços a curva de experiência também pode ser utilizada recorrendo à variável tempo.

As curvas de experiência são certamente importantes em várias actividades concretas, como acontece com a elaboração de estimativas de custos, o estabelecimento de padrões laborais, a programação de requisitos para o trabalho, a avaliação de desempenho dos trabalhadores e até a fixação de taxas salariais como incentivos ao trabalho.

As curvas de experiência podem constituir um excelente meio para quantificar a capacidade para executar certas tarefas. Smith e Larsson estudaram o impacto da aprendizagem sobre os custos associados ao transplante de corações (D.B. Smith, and J. L. Larsson, "The impacts of Learning on Cost: The case of Heart Transplantation", *Hospital and Health Sciences Administration*, 34, no. 1 (Spring 1989), pp. 85-97).

No domínio da economia, autores como Krugman (1987) e Baldwin (1988), entre outros, têm discutido as implicações das curvas de aprendizagem e de experiência na dinâmica industrial, (concorrência) e na especialização industrial.

Exercícios de aplicação sobre a curva de aprendizagem/experiência⁸

Exercício 1 – Considere um processo produtivo ao qual se pode aplicar uma curva de experiência de 75%.

O tempo necessário para produzir a primeira unidade é de 90 horas. Calcule o tempo de produção da quinta unidade.

Se a produção duplicar (de 5 para 10) qual é o rácio de progresso?

Aplicando a equação [1], fica:

$$Y_n = Y_1 n^b$$

$$Y_1 = 90, n = 5, b = \frac{\log(0,75)}{\log(2)} = \frac{-0,1249}{0,3010} = -0,4150$$

$$Y_6 = 90 \times 5^{-0,4150} \cong 46,15 \text{ horas.}$$

O rácio de progresso corresponde à redução percentual do número de horas de trabalho necessário quando se passa de 5 para 10 unidades de produção. Dado que a taxa de experiência (r) é de 75%, o rácio de progresso é constante e igual a 25%.

Exercício 2 – Uma empresa demora 80 horas a produzir a primeira máquina. Quantas horas serão necessárias para produzir a quarta máquina se:

$$r = 93\%; r = 82\%; r = 76\%$$

O problema é muito semelhante ao do Exercício 1. Trata-se, agora, de calcular o número de horas necessárias em função de diferentes valores de r .

$$r = 93\% \quad Y_1 = 80; n = 4; b = \frac{\log(0,93)}{\log(2)} = -0,1047; Y_4 = 80 \times 4^{-0,1047} \cong 69,19$$

$$r = 82\% \quad Y_1 = 80; n = 4; b = \frac{\log(0,82)}{\log(2)} = -0,2863; Y_4 = 80 \times 4^{-0,2863} \cong 53,79$$

$$r = 76\% \quad Y_1 = 80; n = 4; b = \frac{\log(0,76)}{\log(2)} = -0,3959; Y_4 = 80 \times 4^{-0,3959} \cong 46,21$$

⁸ Para a resolução de algumas questões recorreu-se à tabela de coeficientes que consta no Anexo 1.

Exercício 3 – A secção de oftalmologia de um hospital em Portugal demora actualmente 500 minutos para completar com êxito um transplante de córnea. Admitindo que a taxa de aprendizagem é igual a 85%, quantos minutos seriam necessários para:

- A) completar os primeiros 3 transplantes
- B) completar os primeiros 6 transplantes
- C) completar os primeiros 8 transplantes
- D) completar os primeiros 16 transplantes

Se o primeiro transplante demora 500 m, o 3º transplante irá demorar: $Y_3 = Y_1 n^b = 500 \times 3^b$, em que $b = (\log 0,85) / \log(2) = -0,234$.

Assim, fica: $Y_3 = 500 \times 3^{-0,234} = 386,7$ m

Para responder à alínea A) precisamos de saber o coeficiente acumulado (Cfacm) para n=3. A partir da tabela, obtemos:

n=3, Cfacm= 2,623

Então os primeiros 3 transplantes demorarão $2,623 \times 500 = 1311,5$ m

Raciocínio idêntico aplica-se às restantes alíneas:

n=6; Cfacm = 4,688; $4,688 \times 500 = 2344$ m

n = 8; Cfacm= 5,936 $5,936 \times 500 = 2968$ m

n=16; Cfacm = 10,383 $10,383 \times 500 = 5191,5$ m

Exercício 4 – Um professor demora 10 minutos a classificar a primeira prova das 25 que tem que ver. Se o rácio de progresso for igual a 20%, quantos minutos demora o professor a classificar a 25ª prova? E quanto tempo demoraria para ver as primeiras 10 provas?

- $Y_n = Y_1 n^b \Rightarrow Y_{25} = 10 \times 25^b$
- $b = (\log 0,80) / \log(2) = -0,322$
- $Y_{25} = 10 \times 25^{-0,322} \approx 3,55$ minutos

Para saber o tempo que demora a ver 25 testes, precisamos de valores acumulados. A tabela diz-nos que o coeficiente acumulado para n=25 é igual a 12,31. Então, os 25 testes necessitarão de $10 \text{ m} \times 12,31 = 123,1$ minutos (poucos mais do que duas horas).

Repare-se que, na ausência do factor aprendizagem, se cada teste demorasse o mesmo tempo a ser visto, o professor precisaria de 250 m para os ver a todos: mais do dobro do tempo.

Exercício 5 – Um fabricante de moldes apresentou os seguintes dados relativos aos tempos e custos de cada uma das primeiras 8 unidades que fabricou.

- A) Estime a curva de aprendizagem para os moldes
- B) Calcule, por estimativa, o custo médio dos primeiros 500 moldes
- C) Faça uma estimativa do custo do molde nº 500.

Nº de moldes (<i>n</i>)	Custo em 10 ⁶ euros	<i>r</i>	<i>1-r</i>
1	70		
2	59	84,3%	17,3 %
3	46		
4	38	64,4%	35,6 %
5	30		
6	28		
7	25		
8	23,3	61,3%	39,5 %

- A) Como não dispomos de um valor constante para a taxa de aprendizagem (*r*), temos que a estimar a partir dos dados fornecidos e utilizando o método da duplicação do *output* que vimos atrás.

De 1 para 2 o custo do 2º molde representou 84,3% do custo do 1º molde ou seja, um rácio de progresso de 15,7%.

De 2 para 4, o custo do 4º molde representou 64,4% do custo do 2º molde ou seja, um rácio de progresso de 35,6%.

De 4 para 8, o custo do 8º molde representou 60,5% do custo do 4º molde ou seja, um rácio de progresso de 39,5%

Uma vez que a taxa não é constante, podemos calcular a média: $(84,3 + 64,4 + 61,3)/3 = 70\%$. Este valor é uma estimativa de *r*.

- B) Custo médio dos primeiros 500 moldes

O custo total dos primeiros 500 moldes pode ser obtido recorrendo ao coeficiente acumulado (disponível nas tabelas). Neste caso, o *C_{facm}* para uma taxa média de aprendizagem de 70%.

$$C_{facm} = 40,58$$

O custo de produzir 500 moldes é igual a $40,58 \times 70 = €2840,6$

$$\text{Custo médio} = €5,68$$

C) Custo do molde 500

O coeficiente de aprendizagem não acumulado para $n=500$ e $r=70\%$ é igual a 0,0408

$$= €70 \times 0,0408 = €2,86$$

Nota: o coeficiente de aprendizagem para o molde nº 500 também poderia ser obtido através da expressão [1] : $Y_n = Y_1 n^b$

Exercício 6 – Uma fábrica de rolamentos para automóveis testou, após cerca de 1000 tarefas repetidas, o tempo médio necessário para realizar a 1000ª tarefa: 1 minuto. Este seria o tempo expectável que cada trabalhador necessitaria para realizar a 1000ª operação (montagem de um rolamento).

6.1 A empresa pretende contratar um candidato a ocupar o lugar na linha de montagem de rolamentos mas espera que ele não exceda o valor atrás referido. Imaginemos que esse candidato, devidamente instruído, realiza a primeira tarefa em 12 minutos e a segunda em 9,6 minutos. Será que a empresa o deve contratar com base no pressuposto indicado?

6.2 Quanto tempo é que este trabalhador demoraria a montar o 15º rolamento?

6.3 Que tipo de limitações está subjacente nesta abordagem?

6.1 Ao passar da 1ª tarefa para a 2ª tarefa, o candidato conseguiu reduzir de 12 m para 9,6 minutos o tempo de montagem do rolamento. A taxa de aprendizagem seria, assim, de 80%. Então, ao chegar à 1000ª tarefa, o tempo necessário para a realizar seria: $Y_n = Y_1 n^b$, sendo $Y_1 = 12$ e $n = 1000$.

Como $b = \log(0,80)/\log(2) = -0,3219$, ficaria $Y_{1000} = 12 \times 1000^{-0,3219} = 0,91$ m

O resultado é inferior a 1 minuto. A empresa deve, assim, contratar o candidato.

6.2 $Y_{15} = 12 \times 15^{-0,3219} = 5,02$ minutos

6.3 A limitação mais evidente reside no facto de a taxa de aprendizagem ter sido deduzida com base apenas na realização de duas tarefas. Seriam necessárias mais repetições para se poder deduzir melhor a taxa de aprendizagem. Este valor para a taxa de aprendizagem não parece ser aceitável.

Capítulo 3 - Tipos de aprendizagem e alterações tecnológicas

O conceito de progresso técnico está dependente de um conjunto de forças capazes gerar aumentos de produtividade dos factores produtivos. Estes factores não incluem apenas o capital e o trabalho mas também o *stock* acumulado de conhecimentos. Heng (2010) considera dois factores que influenciam o progresso técnico e cuja influência na economia real pode ser difícil de quantificar: as alterações tecnológicas ou seja, as modificações introduzidas na tecnologia da produção, e os efeitos gerados pela aprendizagem.

Em particular, as dificuldades relacionadas com a primeira componente do progresso técnico resultam do facto de haver interacção entre bens produzidos e métodos de produção. Quanto à aprendizagem, como se irá ver, ela está associada a diversas variáveis e, justamente por isso, não é fácil quantificar os efeitos de cada uma delas.

Existem diferenças importantes entre o modo como indivíduos e empresas aprendem.

Para se perceber o impacto que o desenvolvimento tecnológico e as inovações desempenham nas empresas, é preciso levar em linha de conta dois aspectos importantes: as diferentes maneiras como as empresas aprendem e o modo como os diferentes processos de aprendizagem influenciam o *stock* de conhecimentos e as capacidades tecnológicas das organizações que, por sua vez geram, não apenas redução nos custos mas novas alterações tecnológicas (Malerba, 1992).

3.1 «Aprender fazendo» ou *Learning by doing* e «aprender usando».

Esta forma de aprendizagem já tinha sido considerada por Wright (1936) na análise que levou a cabo sobre o comportamento dos custos na indústria aeronáutica americana. Também Arrow (1962) considerou o papel do «aprender fazendo» embora numa abordagem diferente daquela que Wright seguira, referindo a relação entre as curvas de aprendizagem e o investimento acumulado (em vez do produto acumulado), ou seja, para Arrow o investimento acumulado constituía uma medida da experiência acumulada. O «aprender fazendo» realiza-se no seio da organização, sendo um mecanismo interno à empresa e intimamente relacionado com o processo produtivo.

O «aprender fazendo» é uma forma de aprendizagem intimamente relacionada com a repetição de tarefas semelhantes o que se traduz, normalmente, no fabrico de produtos concretos. Os estudos empíricos mostram que nalgumas indústrias como a aeronáutica, a construção naval, o fabrico de máquinas e equipamentos, as bebidas e produtos alimentares e noutras, os trabalhadores aprendem, através da experiência (do trabalho individual e em grupo), que vão acumulando ao longo do tempo, os meios mais

eficientes de fabricar novos produtos. Isto acontece na ausência de alterações nas funções de produção ou seja, mantendo a tecnologia constante.

O «aprender usando» está associado à utilização de factores produtivos, de produtos semiacabados e acabados. É também uma actividade interna à empresa.

3.2 Aprender pesquisando ou *Learning by searching*

As actuais curvas de progresso levam em linha de conta, não apenas o factor experiência, associado ao «aprender fazendo» mas a Investigação e Desenvolvimento (I&D). Trata-se de uma actividade que também é interna à empresa, capaz de gerar novos conhecimentos e potenciadora do crescimento económico.

3.3 Aprender pela interacção ou *learning by interacting*

Este tipo de aprendizagem, que é externo à empresa, ocorre através da interacção entre a empresa e os seus clientes e fornecedores ou através da cooperação com outras empresas. Por exemplo, se a empresa «aprender» com os clientes (interagindo com eles) ela poderá mais facilmente desenvolver um produto que vá ao encontro das necessidades de um determinado cliente ou clientes: uma espécie de «fato justo». Um dos princípios da Toyota era o de «ir, ver e confirmar», o que significava ir ao encontro do cliente, perceber as suas necessidades e agir em conformidade.

Note-se que o processo de I&D também só faz sentido quando as chefias das organizações transmitem aos engenheiros e aos investigadores os seus objectivos em termos económicos ou de negócios. A I&D só tem sentido num contexto de objectivos económicos relevantes (para a empresa ou para o sector).

3.4 Aprendendo através de avanços científicos e tecnológicos (factor externo à empresa).

3.5 Aprender através de *spillovers*: a informação e a aprendizagem por parte de uma empresa ou de um sector acaba por se disseminar (teoria da difusão da aprendizagem) entre as empresas/sectores que, de alguma maneira, se relacionam: clientes, para jusante e fornecedores para montante. Esta difusão da aprendizagem tem efeitos variados e opostos como seja o da diminuição das vantagens competitivas pelos custos.

Algumas destas formas de aprendizagem interagem entre si. Os melhoramentos obtidos no fabrico de aviões, por exemplo, beneficiaram não só do «aprender fazendo» mas da utilização dos aviões, o que conduziu, por sua vez, a modificações e melhoramentos, bem como a alterações tecnológicas (ou seja, alterações introduzidas na «tecnologia da produção»), associadas à I&D e traduzidas em novas formas/tipos de muitos dos componentes que equipam as aeronaves. (Malerba, 1992).

Malerba (1992) assinala os seguintes melhoramentos introduzidos ao nível dos produtos e dos processos produtivos, bem como as trajectórias que as alterações técnicas podem seguir:

- Alterações dos factores produtivos
- Aumentos de rendimento associados a um determinado processo produtivo
 - Alterações na escala de produção e no modo de organização do processo produtivo: seda artificial, indústrias petroquímicas, produção de aço;
 - Diferenciação horizontal dos produtos: aplicável quando a procura é heterogénea e as empresas procuram diferenciar o produto para atingir novos segmentos do mercado;
 - Diferenciação vertical dos produtos: ao nível das diferentes fases da cadeia do produto, traduz-se em melhoramentos introduzidos pelas empresas na qualidade e fiabilidade dos seus produtos.

Capítulo 4 – Curva de experiência e economias de escala. A curva de experiência com dois factores de aprendizagem.

Uma das dificuldades que desde muito cedo se colocou aos investigadores relativamente ao papel desempenhado pela experiência acumulada na diminuição dos custos médios das empresas, foi o facto de o efeito da curva de experiência parecer estar intimamente ligado, não apenas à aprendizagem (na sua vertente «aprender fazendo»), mas também às consequências decorrentes do aumento da escala de produção.

As inovações tecnológicas, sobretudo nas indústrias capital intensivas, geram rendimentos crescentes à escala e economias de escala. A especialização de homens e máquinas gera a divisão do trabalho que, por sua vez, facilita e intensifica a aprendizagem. Esta interacção torna difícil separar os efeitos provocados simplesmente pelo aumento da escala de produção, dos efeitos associados à aprendizagem acumulada ao longo do tempo. A situação complica-se ainda mais porque os factores que geram estes efeitos interagem entre si. Na década de '70 a BCG tinha elaborado curvas de experiência para muitas indústrias químicas em que preços e custos eram função do produto acumulado mas não tentou calcular o peso relativo dos diferentes factores que contribuíam para a existência de importantes padrões naquelas indústrias. (Lieberman, 1984).

Posteriormente, alguns estudos aplicados às indústrias químicas lograram avaliar o peso relativo destes factores na construção da curva de experiência mostrando que as economias de escala tinham uma importância estatística mas os seus efeitos pareciam ser de fraca magnitude quando comparados com os efeitos relacionados com a aprendizagem.

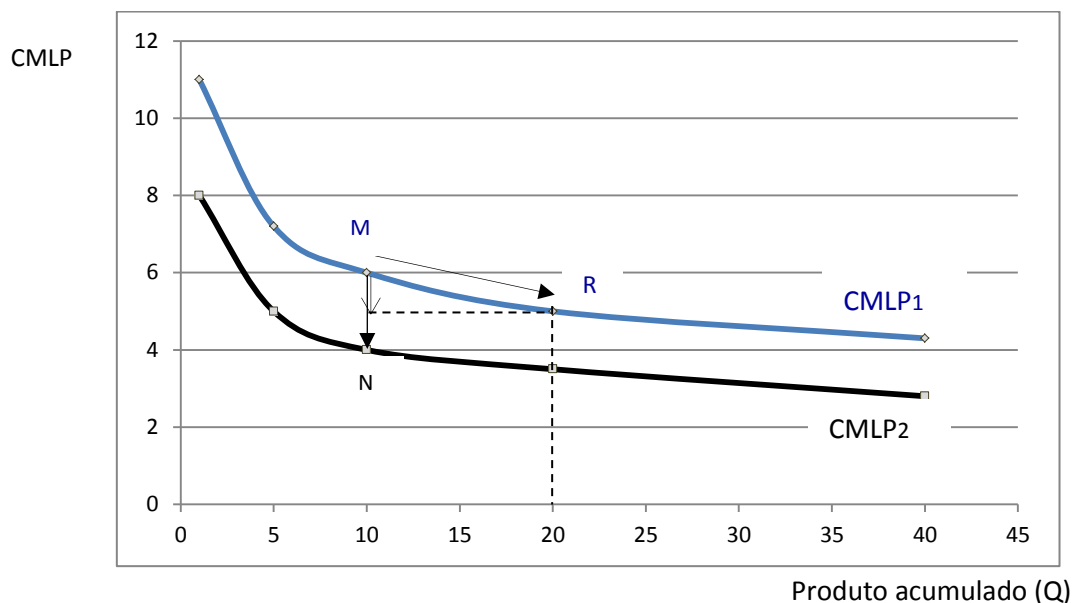
Hollander (1965) conduziu um estudo aplicado à produção de seda artificial nas fábricas da DuPont⁹ e concluiu que o efeito de escala era pouco relevante para a curva de aprendizagem. A aprendizagem e a tecnologia eram os mais importantes.

Ao longo dos anos, têm-se realizado trabalhos (numa base empírica) que permitiram estimações da curva de aprendizagem. Pankaj Ghemawat apresentou em 1985 um levantamento de 100 desses estudos (Heng,2010).

A Figura 7 ilustra a diferença entre o efeito aprendizagem (*learning by doing*) e o dos rendimentos crescentes à escala na diminuição do custo médio de produção.

⁹ Refira-se, de passagem, que a investigação levada a cabo pela DuPont no campo das fibras sintéticas foi um elemento decisivo para o êxito do Projecto Espacial Apolo, nos EUA.

Figura 7 – Rendimentos crescentes à escala e efeito aprendizagem¹⁰



O efeito escala traduz-se num deslocamento ao longo da curva de custos médios de longo prazo, CMLP1. À medida que a escala de produção aumenta, o custo médio de longo prazo diminui e a empresa passa, por exemplo, de M para R, a que corresponderia uma quebra de cerca de 1 unidade monetária no custo médio de produção.

O efeito aprendizagem desloca para baixo a curva do custo médio de longo prazo (de M para N, por exemplo). A diminuição total do custo é de $6 - 4 = 2$.

Kouveratis et al. (2000) e Miketa e Schattenholtzer (2004) apresentaram um modelo com uma curva com dois factores de aprendizagem.

Observe-se a Figura 8 que foi reconstruída a partir da Figura 7.

As curvas de experiência passam, então, a incorporar dois efeitos:

1º – o efeito que resulta da I&D (“aprender investigando”), o qual gera uma nova tecnologia produtiva que desloca para baixo a curva de experiência (de CMLP1 para CMLP2).

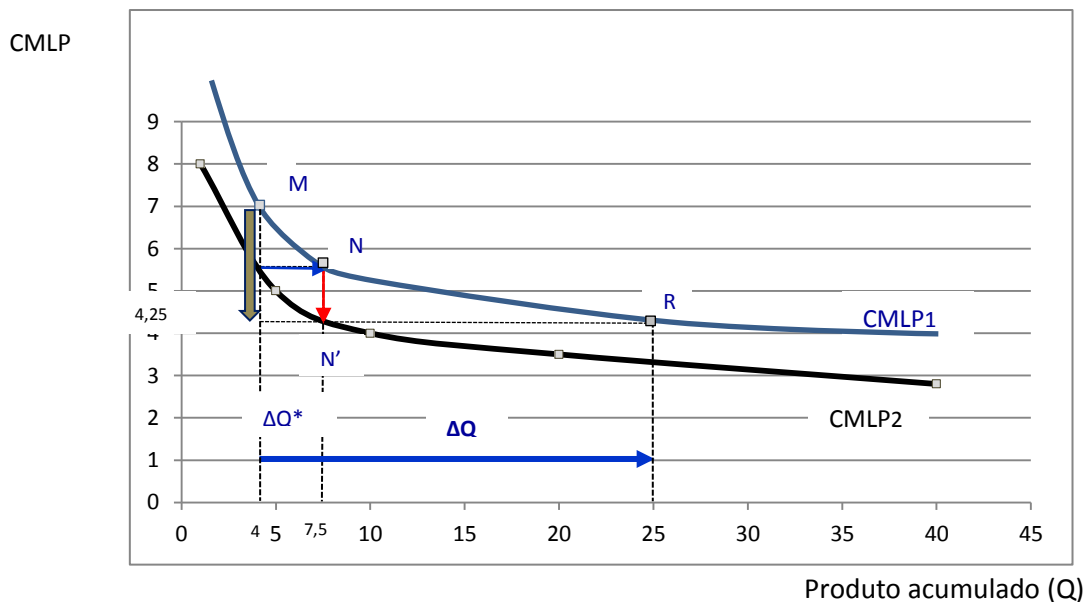
2º - o efeito que resulta do aumento do *output* acumulado (ΔQ), que se traduz num aumento da experiência – “aprender fazendo” - o que gera um deslocamento ao longo da curva CMLP1

A passagem da curva de experiência tradicional para uma curva com dois factores de aprendizagem pretende, justamente, reflectir a influência de dois elementos responsáveis pela quebra do custo médio de produção: o «aprender fazendo» ou *learning by doing* e o «aprender investigando» ou *learning by searching*.

¹⁰ Adaptado de Heng (2010)

Este último depende, como atrás se viu, da actividade acumulada ao nível da I&D, um *input* que gera conhecimento¹¹ (*output*) que, por sua vez, potencia o aparecimento de invenções e de inovações.

Figura 8 – “Aprender fazendo” e “aprender investigando”: uma curva com dois factores de aprendizagem



A observação da Figura 8 permite analisar os dois efeitos.

Considere-se uma redução do custo médio de 7 para 4,25, ou seja, uma diminuição de 2,75 u.m..

Esta diminuição do custo médio pode ser atingida de duas maneiras. Ou meramente através de um aumento do *output* acumulado ($\Delta Q = 25 - 4 = 21$), atribuído ao “aprender fazendo”; ou através de um aumento do *output*, de 4 para 7,5 (ΔQ^*), conjugado com um deslocamento da curva resultante da I&D (1º efeito atrás referido). Kettner et al. (2008).

Aplicando este raciocínio às decisões empresariais, se o custo médio diminui com o aumento do *output* acumulado, isto significa que vão sendo necessárias cada vez menos horas adicionais de trabalho para acrescentar uma unidade de *output*. Esta constatação é de grande importância para as empresas pois permite-lhes antecipar os efeitos da aprendizagem (veja-se, mais adiante, o caso da *Texas Instruments*) ou tomar decisões relativamente ao fabrico de um novo produto ou à entrada num determinado mercado.

Este novo modelo de curvas de experiência com dois factores obrigaria a alterar a formalização matemática que foi apresentada no Capítulo 2, uma vez que passamos a incorporar na curva de experiência duas medidas para a aprendizagem. Assim, em vez de termos a expressão $Y_n = Y_1 n^b$ para descrever a curva

¹¹ O conhecimento é um factor produtivo e um «bem» livre e gera, no processo produtivo, rendimentos crescentes à escala. (Kettner, Claudia et al.(2008).

de experiência (onde n é o número acumulado de unidades produzido ou *output* acumulado, r a taxa percentual de aprendizagem, $b = \frac{\log(r)}{\log(2)}$ o declive da curva de experiência e n^b , o coeficiente de aprendizagem), obteríamos a seguinte expressão:

$$Y_n = Y_1 L^{-\alpha} K^{-\beta} \quad [3]$$

ou, considerando custos em vez de horas;

$$C_n = C_1 L^{-\alpha} K^{-\beta} \quad [4]$$

onde C_n é o custo médio de produzir a unidade n , C_1 representa o custo médio de produzir a 1ª unidade, K é o *stock* acumulado de conhecimentos, L o *output* acumulado, α o coeficiente da primeira medida de aprendizagem (coeficiente de aprendizagem associado ao “aprender fazendo”) e β o coeficiente da segunda medida de aprendizagem (o “aprender investigando”).

Recorrendo aos logaritmos, tal como se tinha feito com a expressão $Y_n = Y_1 n^b$,¹² fica:

$$\log(C_n) = \log(C_1) - \alpha \log(L) - \beta \log(K) \quad [5]$$

Uma vez que estamos a tratar com uma curva de experiência com dois factores de aprendizagem, teríamos que considerar uma taxa de aprendizagem associada ao “aprender fazendo” ($1 - 2^{-\alpha}$) e o respectivo rácio de progresso ($2^{-\alpha}$) mais uma taxa de aprendizagem associada à I&D ($1 - 2^{-\beta}$) e o respectivo rácio de progresso ($2^{-\beta}$).

A primeira taxa de aprendizagem significa que a uma duplicação do *output* acumulado corresponde uma dada variação percentual do custo médio (C); a segunda taxa de aprendizagem significa que a uma duplicação da variável I&D (por exemplo, despesas com a I&D) corresponde uma dada variação percentual do custo médio.

Independentemente das dificuldades que estão associadas aos modelos empíricos que envolvem o tratamento destas curvas, parece-nos que o mais importante é o facto de elas permitirem isolar as variações nos custos que estão especificamente associadas à I&D e que, portanto, não dependem do factor “aprender fazendo”.

¹² Considerando custos em vez de horas de trabalho, a expressão $Y_n = Y_1 n^b$ daria lugar a $C_n = C_1 n^b$, onde apenas existe um coeficiente de aprendizagem.

Capítulo 5 – Limitações e implicações estratégicas das curvas de experiência

As curvas de experiência baseiam-se num certo número de pressupostos sem os quais se torna difícil ou mesmo impossível a construção de um suporte empírico para explicar o funcionamento dessas curvas. Quando algum desses pressupostos é violado, as curvas de experiência alteram-se e sofrem uma descontinuidade.

Algumas destas limitações estão associadas a aspectos de natureza física, outras a questões de natureza técnica e outras ainda têm a ver com o contexto económico-social, interno ou externo às organizações. Estas assentam em premissas relacionadas com as alterações tecnológicas.

A - Pressupostos de natureza física

Independentemente daquilo que se mede, existem limites físicos ou naturais que têm a ver com os recursos e a tecnologia utilizadas. Estes limites estão relacionados com questões do âmbito da Física e resultam de restrições que se vão encontrando ao longo do processo de aprendizagem e que são uma barreira que impede uma taxa constante de progresso: o tempo para fabricar uma peça de uma máquina não pode diminuir ilimitadamente; a conhecida lei dos rendimentos marginais decrescentes significa justamente que para obter mais uma peça de uma máquina ou para memorizar mais uma linha de texto ou para produzir mais um kW/h de energia, ou para aperfeiçoar um produto, ou ainda para aumentar constantemente o desempenho na aquisição de um certo tipo de conhecimentos, são necessários, a partir de certa altura, esforços adicionais que se traduzem na utilização de mais recursos adicionais, o que encarece estes (em termos económicos) e pode gerar custos ambientais. O caso mais paradigmático é o que se refere ao célebre rácio energia obtida/energia consumida.

No entanto, isto depende do tipo de actividade ou tarefas realizadas. Ritter and Scholer (2002) referem que, mesmo quando o patamar é atingido (recorde-se a Figura 1) podem persistir pequenos melhoramentos associados a uma prática continuada (algumas medidas sugerem progressos mesmo para lá das 100 000 tentativas ou repetições).

Existe, no entanto e em geral, um abrandamento no ritmo de aprendizagem associado a limitações de natureza física e mesmo tecnológica. O aumento da eficiência com o objectivo de eliminar qualquer desperdício é um perfeccionismo inatingível.

Pressupostos de natureza técnica

As curvas de aprendizagem dependem muito da referência temporal que for escolhida. Assim, torna-se particularmente importante seleccionar o período de tempo necessário para completar cada tarefa/unidade de produção e garantir que os cálculos sejam rigorosos.

As fronteiras do sistema de aprendizagem influenciam as taxas de aprendizagem (Kettner et al., 2008). Isto significa que uma mesma tecnologia pode gerar rácios de progresso diferentes. Junginger et al. (2005), citado por Kettner, et al. (2008) refere o caso das explorações agrícolas que recorrem à energia do vento através de turbinas eólicas: se o sistema de aprendizagem for o da produção de turbinas eólicas, temos uma determinada curva de experiência; mas, se o sistema de aprendizagem se basear nos custos de instalação das turbinas ou seja, se o referencial for o sistema de aprendizagem das explorações agrícolas que utilizam a energia eólica, então teremos uma curva de aprendizagem diferente e, por consequência, taxas ou rácios de progresso distintos.

O tipo de aprendizagem analisado condiciona a escolha dos parâmetros que irão medir a experiência: tanto podemos estar interessados em relacionar a capacidade acumulada instalada com a diminuição do custo unitário das turbinas eólicas, como procurar uma relação entre o número de turbinas eólicas instalado e a redução dos custos de energia eléctrica.

Limitações de natureza socio económica e vantagens competitivas

«As pessoas têm que estar motivadas e interessadas naquilo que estão a fazer. Se o interesse e a motivação estiverem ausentes, a aprendizagem e as prestações ficarão comprometidas.»

Peter Abilla (2007). *The Learning Curve*.

«Accurate forecasting of cumulative production would be crucial for both planning investments and setting prices. The challenge is especially great to the extent that sales, and hence, cumulative production depend on pricing and competitor's strategies».

Png, Ivan; Lehman, Dale op. cit. p. 179

É necessário manter constantes o número de trabalhadores e os processos utilizados na produção de um certo bem ou de uma tarefa, para além de outras variáveis.

Uma tarefa deve ser apresentada sob a mesma forma e não sob várias formas (efeito de enquadramento). Nesta última situação, o pressuposto de manter tudo constante é alterado e os efeitos da curva de experiência não poderão ser validados. Por exemplo, uma tarefa como fabricar uma peça de uma máquina deve ser realizada (individualmente ou em grupo) no mesmo contexto.

Entre 1908 e 1923 o preço do célebre modelo T da Ford Motor Company passou de \$3000 para \$1000. Isto ficou a dever-se, entre outros aspectos, ao factor aprendizagem.

O modelo da curva de experiência está associado à diminuição dos custos médios com o *output* acumulado. Se o factor aprendizagem puder ser controlado pela empresa, esta pode adquirir uma vantagem estratégica que lhe permite baixar antecipadamente o preço, esperando que o custo médio, a prazo, diminua com o efeito da experiência. O preço passa a ser uma arma competitiva sobretudo se a empresa tiver uma importante quota de mercado.

A **estratégia de gestão**, baseada na curva de experiência, conduz a tomadas de decisão na área do marketing e a alterações no processo produtivo, tal como a BCG já tinha avançado ao preconizar as importantes implicações que a validação da sua teoria (existência de um padrão definitivo de quebra dos custos médios em função do *output* acumulado) teria ao nível da dinâmica competitiva na década de '70.

A *Texas Instruments* conseguiu, no período inicial de desenvolvimento da indústria de semicondutores¹³, uma jogada estratégica ao antecipar a diminuição do preço de venda das suas máquinas aos efeitos expectáveis relacionados com a curva de experiência. A expectativa da *Texas Instruments* era a de que o declive da curva de experiência iria fazer com que, à medida que o *output* acumulado aumentasse, o custo médio diminuísse significativamente por causa do efeito experiência. O resultado foi o afastamento de várias concorrentes do mercado (através de sucessivos cortes no preço das calculadoras), o aumento da quota de mercado da *Texas Instruments* e a redução continuada do custo médio, o que fez subir os lucros.

No entanto, as expectativas da Douglas Aircraft (que produzia os DC-9) quanto à diminuição dos preços médios dos seus aviões, por efeito da curva de experiência, não se confirmaram simplesmente porque a empresa não conseguiu recrutar no mercado trabalhadores especializados e, pior ainda, devido às más condições do mercado, perdeu um terço dos trabalhadores inicialmente contratados. O resultado foi uma fusão entre companhias, que deu origem à McDonnell Douglas.¹⁴ que iria produzir o Boeing 707 e os DC-10.

A cultura do espaço de trabalho, ligada intimamente aos incentivos pode-se alterar ao longo do tempo, o que interrompe, desde logo, a curva de experiência. É paradigmático o caso dos projectos das organizações quando eles se aproximam do seu termo. O interesse pelo projecto pode enfraquecer por variadas razões, com efeitos na produtividade dos trabalhadores, o que descontinua a curva de aprendizagem. A afectação de profissionais a tarefas (ainda que muito simples) mas que não os motivam, diminui drasticamente a sua produtividade o que pode levar à sua deslocalização para um departamento diferente, onde o gosto e a motivação os levem a querer aprender e, desde logo, a aumentar a sua produtividade.

¹³ Substâncias cuja condutividade aumenta rapidamente com o aquecimento. Estiveram na base da revolução tecnológica associada à produção de *chips* (circuitos integrados electrónicos). A *Texas Instruments* foi a primeira empresa a produzir em série máquinas calculadoras electrónicas de bolso.

¹⁴ J. Macklin, "Douglas Aircraft's Stormy Flight Path", *Fortune*, December 1966., cit por Mansfield, Edwin (1999), pag. 282

A difusão tecnológica contribui para diminuir as vantagens ao nível dos custos que algumas empresas pioneiras adquiriram num certo momento.

No seu livro *A Riqueza e a Pobreza das Nações*, David Landes escreve a propósito da divulgação dos conhecimentos nos fins do século XVIII e da espionagem industrial: «Ainda mais importante era o fluxo de talento tecnológico da Grã-Bretanha para o continente: para quê espreitar quando se podia contratar alguém com anos de experiência? Só pessoas com um completo domínio dos conhecimentos adquiridos os poderia transmitir. Mesmo em épocas posteriores de difusão e transparência científicas, mesmo com mostruários de produtos e equipamentos, mesmo com *blue prints*¹⁵ e instruções explícitas, a competência técnica só pode ser adquirida através da experiência. (...) Num esforço para desencorajar a concorrência estrangeira, a Grã-Bretanha proibira a exportação de maquinaria (...) e a emigração de artesãos qualificados». Landes (1999), p. 311s.

No entanto, «à medida que a educação formal foi progredindo em domínios científicos cada vez mais abstractos e, quando, nos fins do século XVIII, as fronteiras da possibilidade e invenção tecnológica se ampliaram (...) e quando a ciência, já nos fins do século XIX, ganha precedência sobre a técnica (...) os aspirantes a inventores e a resolver problemas concluíram ser vantajoso examinar a literatura antes de concretizar os seus projectos; ou, na verdade, antes de conceberem os seus objectivos – e o que fazer e como fazê-lo. E foi assim que o líder/innovador se viu alcançado e ultrapassado. E foi assim que todas as antigas vantagens – recursos, riqueza, poder – foram desvalorizadas...». (Landes, op. cit. pag. 317-320).

Os trabalhos de Spence (1981) mostraram que, não havendo entrada de mais empresas para o mercado, uma empresa maximizadora do lucro conseguia diminuir os custos a uma taxa superior à dos preços. No entanto, as conclusões da BCG, em 1972, apontavam na direcção contrária: na maior parte dos sectores, os preços diminuía com os progressos na aprendizagem e os lucros mantinham-se relativamente constantes. Esta discrepância pode ser explicada precisamente pela teoria da difusão tecnológica entre empresas. Este efeito de contágio (*spillovers*) contribui justamente para diminuir as vantagens geradas pela curva de aprendizagem ou de experiência. As vantagens dos pioneiros e dos *first movers* podem, assim, desvanecer-se. A globalização está aí há muito tempo para o provar.

¹⁵ Cópia fotográfica de um projecto ou de uma planta.

RESUMO E CONCLUSÕES

O psicólogo alemão Herman Ebbinghaus foi o primeiro a descrever a curva de esquecimento e a curva de aprendizagem (uma representação gráfica da taxa de progresso de aprendizagem de novas informações, recorrendo ao “método das poupanças”) através do uso de sílabas sem sentido, misturadas e escolhidas aleatoriamente.

Os primeiros estudos acerca do impacto da aprendizagem sobre os níveis de produtividade na indústria norte americana devem-se a Theodore Paul Wright. Este engenheiro foi o primeiro, em 1936, a relacionar o crescimento da produtividade com o *output* acumulado naquela indústria, através de um modelo matemático onde utilizou uma função de potência do tipo $Y = a X^b$. Wright explicou como é que os custos do trabalho (Y) associados à produção acumulada de certos tipos de aeronaves (X) diminuía com a aprendizagem.

Segundo Frank Malerba (1992), a curva de experiência é aquela que melhor descreve os efeitos do factor aprendizagem no seio das organizações, na medida em que incorpora para além do factor *learning by doing* ou “aprender fazendo”, a aprendizagem no contexto das organizações considerando o capital e as inovações tecnológicas dentro ou exteriores à empresa.

Nos inícios da década de 60 a Boston Consulting Group (BCG), uma organização especializada em consultoria e líder em estratégia de gestão, provou que a curva de experiência não estava ligada exclusivamente ao factor aprendizagem mas também às economias de escala, ao *marketing*, ao *design* e à estandardização dos bens.

Na elaboração de um modelo para a estimação da curva de aprendizagem, utilizámos a função de potência $Y_n = Y_1 n^b$ em que Y_1 representa o tempo necessário para produzir a 1ª unidade, n é o número de unidades produzidas e b o declive da curva de aprendizagem, dado pelo rácio: $(\log r / \log 2)$ sendo r a taxa de aprendizagem (constante). Quanto menor for a taxa de aprendizagem, maior o rácio de progresso $(1 - r)$, que representa a redução percentual do tempo de trabalho necessário para produzir as sucessivas unidades que resultam da duplicação do produto (produção da 2ª, da 4ª, da 8ª, etc.). Se a taxa de aprendizagem não for constante, terá que ser estimada considerando a média das taxas de aprendizagem obtidas sempre que o produto duplica. O modelo socorre-se de médias acumuladas e utiliza gráficos com uma escala bi-logarítmica para transformar as curvas de experiência em rectas, de modo a facilitar a extrapolação e permitir uma leitura mais rigorosa dos valores acumulados.

A partir dos inícios da década de 70, as curvas de experiência passaram a ser amplamente utilizadas partindo de estudos empíricos em sectores como as indústrias químicas, a construção naval, a produção de máquinas automáticas, o fabrico de peças de máquinas, a montagem de componentes de aviões, a instalação de componentes electrónicos, a montagem de fábricas de aço, etc. A estratégia de gestão

também beneficiou dos estudos sobre as curvas de experiência por causa das tomadas de decisão na área do *marketing* e na dos processos produtivos. Também na Medicina se verificou a importância da utilização de curvas de experiência, como o atestam os estudos sobre o impacto da aprendizagem sobre os custos associados ao transplante de corações.

Os diferentes modos de aprendizagem no seio das empresas podem ter uma influência decisiva no aumento do *stock* de conhecimentos e nas capacidades tecnológicas das organizações; isto, por sua vez, contribui para gerar uma redução nos custos, novas alterações tecnológicas e permite o aparecimento de empresas pioneiras ou *first movers*, capazes de usufruir de vantagens competitivas. O exemplo paradigmático da *Texas Instruments* mostra como uma empresa pode antecipar os efeitos da curva de experiência para baixar custos e impor-se como líder no mercado. Entre os modos de aprendizagem, devem referir-se o “aprender fazendo”, o “aprender pesquisando” e o “aprender através da interação” (com clientes e fornecedores). Os efeitos de contágio ou *spillovers* são efeitos exteriores à empresa, que contribuem, por lado, para a difusão do conhecimento mas, por outro lado (ou por isso mesmo) podem conduzir a uma diminuição das vantagens competitivas das empresas pioneiras.

Um dos problemas que, desde a década de '70, já tinha sido identificado (em particular, pela BCG), era o que estava relacionado com a dificuldade em separar os efeitos (sobre os custos) gerados pela experiência acumulada, daqueles que estavam relacionados com a existência de economias de escala. A partir da década de '80 e, já no século actual, alguns estudos mostraram que era possível identificar e separar aqueles efeitos: o efeito de escala traduzir-se-ia num deslocamento ao longo da curva de custos médios (à medida que a escala de produção aumentava), enquanto o efeito aprendizagem deslocaria para baixo a curva do custo médio de longo prazo. Outros estudos conduziram a um modelo de curva de experiência com base em dois factores de aprendizagem: o “aprender fazendo” e o “aprender investigando”. Neste caso seria possível separar o impacto de cada destes efeitos nos custos médios da empresa.

Existem factores de natureza física, técnica e económico-social que limitam a aplicação das curvas de experiência desde que certos pressupostos não estejam garantidos. Entre os factores de natureza técnica, devem salientar-se a escolha temporal e a definição de um referencial para o sistema de aprendizagem. No domínio económico-social, devem referir-se a cultura do espaço de trabalho - ligada intimamente aos incentivos - a difusão tecnológica e os efeitos de contágio.

ANEXO 1

Tabelas com os coeficientes de aprendizagem unitários e acumulados¹⁶

¹⁶ Estes coeficientes, muito utilizados pelas empresas, foram elaborados a partir de uma folha Excel.

Tabelas com os coeficientes de aprendizagem unitários e acumulados (n^b)

CURVA DE APRENDIZAGEM

r - Taxa de aprendizagem

Cálculo dos coeficientes unitários e acumulados (acm)

$$Y_n = Y_1 n^b$$

$$\text{CofAp} = n^b$$

$$b = \log n / \log 2$$

r	60%		65%		70%		75%		80%		85%		90%	
n	60%	60% acm	65%	65% acm	70%	70% acm	75%	75% acm	80%	80% acm	85%	85% acm	90%	90% acm
1	1,0000	1,000	1,0000	1,000	1,0000	1,000	1,0000	1,000	1,0000	1,000	1,0000	1,000	1,0000	1,0000
2	0,6000	1,600	0,6500	1,650	0,7000	1,700	0,7500	1,750	0,8000	1,800	0,8500	1,850	0,9000	1,900
3	0,4450	2,045	0,5052	2,155	0,5682	2,268	0,6338	2,384	0,7021	2,502	0,7729	2,623	0,8462	2,746
4	0,3600	2,405	0,4225	2,578	0,4900	2,758	0,5625	2,946	0,6400	3,142	0,7225	3,345	0,8100	3,556
5	0,3054	2,710	0,3678	2,946	0,4368	3,195	0,5127	3,459	0,5956	3,738	0,6857	4,031	0,7830	4,339
6	0,2670	2,977	0,3284	3,274	0,3977	3,593	0,4754	3,934	0,5617	4,299	0,6570	4,688	0,7616	5,101
7	0,2383	3,216	0,2984	3,572	0,3674	3,960	0,4459	4,380	0,5345	4,834	0,6337	5,322	0,7439	5,845
8	0,2160	3,432	0,2746	3,847	0,3430	4,303	0,4219	4,802	0,5120	5,346	0,6141	5,936	0,7290	6,574
9	0,1980	3,630	0,2552	4,102	0,3228	4,626	0,4017	5,204	0,4929	5,839	0,5974	6,533	0,7161	7,290
10	0,1832	3,813	0,2391	4,341	0,3058	4,932	0,3846	5,589	0,4765	6,315	0,5828	7,116	0,7047	7,994
11	0,1708	3,984	0,2253	4,567	0,2912	5,223	0,3696	5,958	0,4621	6,777	0,5699	7,686	0,6946	8,689
12	0,1602	4,144	0,2135	4,780	0,2784	5,501	0,3565	6,315	0,4493	7,227	0,5584	8,244	0,6854	9,374
13	0,1510	4,295	0,2031	4,983	0,2672	5,769	0,3449	6,660	0,4379	7,665	0,5480	8,792	0,6771	10,052
14	0,1430	4,438	0,1940	5,177	0,2572	6,026	0,3344	6,994	0,4276	8,092	0,5386	9,331	0,6696	10,721
15	0,1359	4,574	0,1858	5,363	0,2482	6,274	0,3250	7,319	0,4182	8,511	0,5300	9,861	0,6626	11,384
16	0,1296	4,704	0,1785	5,541	0,2401	6,514	0,3164	7,635	0,4096	8,920	0,5220	10,383	0,6561	12,040
17	0,1239	4,828	0,1719	5,713	0,2327	6,747	0,3085	7,944	0,4017	9,322	0,5146	10,898	0,6501	12,690
18	0,1188	4,946	0,1659	5,879	0,2260	6,973	0,3013	8,245	0,3944	9,716	0,5078	11,405	0,6445	13,334
19	0,1142	5,061	0,1604	6,040	0,2198	7,192	0,2946	8,540	0,3876	10,104	0,5014	11,907	0,6392	13,974
20	0,1099	5,171	0,1554	6,195	0,2141	7,407	0,2884	8,828	0,3812	10,485	0,4954	12,402	0,6342	14,608
21	0,1061	5,277	0,1507	6,346	0,2087	7,615	0,2826	9,111	0,3753	10,860	0,4898	12,892	0,6295	15,237
22	0,1025	5,379	0,1465	6,492	0,2038	7,819	0,2772	9,388	0,3697	11,230	0,4844	13,376	0,6251	15,862
23	0,0992	5,478	0,1425	6,635	0,1992	8,018	0,2722	9,660	0,3644	11,594	0,4794	13,856	0,6209	16,483
24	0,0961	5,574	0,1387	6,773	0,1949	8,213	0,2674	9,928	0,3595	11,954	0,4747	14,331	0,6169	17,100
25	0,0933	5,668	0,1353	6,909	0,1908	8,404	0,2629	10,191	0,3548	12,309	0,4701	14,801	0,6131	17,713
26	0,0906	5,758	0,1320	7,041	0,1870	8,591	0,2587	10,449	0,3503	12,659	0,4658	15,267	0,6094	18,323
27	0,0881	5,846	0,1290	7,170	0,1834	8,774	0,2546	10,704	0,3461	13,005	0,4617	15,728	0,6059	18,929
28	0,0858	5,932	0,1261	7,296	0,1800	8,954	0,2508	10,955	0,3421	13,347	0,4578	16,186	0,6026	19,531
29	0,0836	6,016	0,1233	7,419	0,1768	9,131	0,2472	11,202	0,3382	13,685	0,4541	16,640	0,5994	20,131
30	0,0815	6,097	0,1208	7,540	0,1737	9,305	0,2437	11,446	0,3346	14,020	0,4505	17,091	0,5963	20,727
31	0,0796	6,177	0,1183	7,658	0,1708	9,476	0,2405	11,686	0,3310	14,351	0,4470	17,538	0,5933	21,320
32	0,0778	6,255	0,1160	7,774	0,1681	9,644	0,2373	11,924	0,3277	14,679	0,4437	17,981	0,5905	21,911
33	0,0760	6,331	0,1138	7,888	0,1654	9,809	0,2343	12,158	0,3244	15,003	0,4405	18,422	0,5877	22,498
34	0,0744	6,405	0,1117	8,000	0,1629	9,972	0,2314	12,389	0,3213	15,324	0,4374	18,859	0,5851	23,084
35	0,0728	6,478	0,1097	8,109	0,1605	10,133	0,2286	12,618	0,3184	15,643	0,4345	19,294	0,5825	23,666
36	0,0713	6,549	0,1078	8,217	0,1582	10,291	0,2260	12,844	0,3155	15,958	0,4316	19,725	0,5800	24,246
37	0,0699	6,619	0,1060	8,323	0,1560	10,447	0,2234	13,067	0,3127	16,271	0,4289	20,154	0,5776	24,824
38	0,0685	6,688	0,1043	8,428	0,1538	10,601	0,2210	13,288	0,3100	16,581	0,4262	20,580	0,5753	25,399
39	0,0672	6,755	0,1026	8,530	0,1518	10,753	0,2186	13,507	0,3075	16,888	0,4236	21,004	0,5730	25,972
40	0,0660	6,821	0,1010	8,631	0,1498	10,902	0,2163	13,723	0,3050	17,193	0,4211	21,425	0,5708	26,543

Curvas de experiência, alterações tecnológicas e vantagens competitivas

n	60%	60% acm	65%	65% acm	70%	70% acm	75%	75% acm	80%	80% acm	85%	85% acm	90%	90% acm
41	0,0648	6,886	0,0995	8,731	0,1479	11,050	0,2141	13,937	0,3026	17,496	0,4187	21,844	0,5687	27,111
42	0,0636	6,949	0,0980	8,829	0,1461	11,196	0,2120	14,149	0,3002	17,796	0,4163	22,260	0,5666	27,678
43	0,0625	7,012	0,0966	8,925	0,1444	11,341	0,2099	14,359	0,2979	18,094	0,4140	22,674	0,5646	28,243
44	0,0615	7,073	0,0952	9,020	0,1427	11,484	0,2079	14,567	0,2958	18,390	0,4118	23,086	0,5626	28,805
45	0,0605	7,134	0,0939	9,114	0,1410	11,625	0,2060	14,773	0,2936	18,684	0,4096	23,496	0,5607	29,366
46	0,0595	7,193	0,0926	9,207	0,1394	11,764	0,2041	14,977	0,2915	18,975	0,4075	23,903	0,5588	29,925
47	0,0586	7,252	0,0914	9,298	0,1379	11,902	0,2023	15,180	0,2895	19,265	0,4055	24,309	0,5570	30,482
48	0,0577	7,309	0,0902	9,388	0,1364	12,038	0,2005	15,380	0,2876	19,552	0,4035	24,712	0,5552	31,037
49	0,0568	7,366	0,0890	9,478	0,1350	12,173	0,1988	15,579	0,2857	19,838	0,4015	25,113	0,5535	31,590
50	0,0560	7,422	0,0879	9,565	0,1336	12,307	0,1972	15,776	0,2838	20,122	0,3996	25,513	0,5518	32,142
51	0,0552	7,477	0,0868	9,652	0,1322	12,439	0,1956	15,972	0,2820	20,404	0,3978	25,911	0,5501	32,692
52	0,0544	7,532	0,0858	9,738	0,1309	12,570	0,1940	16,166	0,2803	20,684	0,3960	26,307	0,5485	33,241
53	0,0536	7,585	0,0848	9,823	0,1296	12,700	0,1925	16,358	0,2786	20,963	0,3942	26,701	0,5469	33,787
54	0,0529	7,638	0,0838	9,907	0,1284	12,828	0,1910	16,549	0,2769	21,239	0,3925	27,094	0,5453	34,333
55	0,0522	7,690	0,0829	9,990	0,1272	12,955	0,1895	16,739	0,2753	21,515	0,3908	27,484	0,5438	34,877
56	0,0515	7,742	0,0819	10,072	0,1260	13,081	0,1881	16,927	0,2737	21,788	0,3891	27,873	0,5423	35,419
57	0,0508	7,793	0,0810	10,153	0,1249	13,206	0,1867	17,114	0,2721	22,060	0,3875	28,261	0,5409	35,960
58	0,0502	7,843	0,0802	10,233	0,1238	13,330	0,1854	17,299	0,2706	22,331	0,3860	28,647	0,5395	36,499
59	0,0495	7,892	0,0793	10,312	0,1227	13,453	0,1841	17,483	0,2691	22,600	0,3844	29,031	0,5381	37,037
60	0,0489	7,941	0,0785	10,391	0,1216	13,574	0,1828	17,666	0,2676	22,868	0,3829	29,414	0,5367	37,574
61	0,0483	7,990	0,0777	10,468	0,1206	13,695	0,1816	17,847	0,2662	23,134	0,3814	29,796	0,5353	38,109
62	0,0478	8,037	0,0769	10,545	0,1196	13,814	0,1803	18,028	0,2648	23,399	0,3800	30,176	0,5340	38,643
63	0,0472	8,085	0,0762	10,621	0,1186	13,933	0,1791	18,207	0,2635	23,662	0,3785	30,554	0,5327	39,176
64	0,0467	8,131	0,0754	10,697	0,1176	14,051	0,1780	18,385	0,2621	23,924	0,3771	30,931	0,5314	39,708
65	0,0461	8,177	0,0747	10,771	0,1167	14,167	0,1768	18,562	0,2608	24,185	0,3758	31,307	0,5302	40,238
66	0,0456	8,223	0,0740	10,845	0,1158	14,283	0,1757	18,737	0,2596	24,445	0,3744	31,682	0,5290	40,767
67	0,0451	8,268	0,0733	10,919	0,1149	14,398	0,1746	18,912	0,2583	24,703	0,3731	32,055	0,5278	41,294
68	0,0446	8,313	0,0726	10,991	0,1140	14,512	0,1736	19,086	0,2571	24,960	0,3718	32,427	0,5266	41,821
69	0,0441	8,357	0,0720	11,063	0,1132	14,625	0,1725	19,258	0,2559	25,216	0,3706	32,797	0,5254	42,346
70	0,0437	8,401	0,0713	11,135	0,1123	14,738	0,1715	19,430	0,2547	25,471	0,3693	33,166	0,5243	42,871
71	0,0432	8,444	0,0707	11,205	0,1115	14,849	0,1705	19,600	0,2535	25,724	0,3681	33,534	0,5231	43,394
72	0,0428	8,487	0,0701	11,276	0,1107	14,960	0,1695	19,770	0,2524	25,977	0,3669	33,901	0,5220	43,916
73	0,0423	8,529	0,0695	11,345	0,1099	15,070	0,1685	19,938	0,2513	26,228	0,3657	34,267	0,5209	44,437
74	0,0419	8,571	0,0689	11,414	0,1092	15,179	0,1676	20,106	0,2502	26,478	0,3645	34,632	0,5198	44,957
75	0,0415	8,612	0,0683	11,482	0,1084	15,287	0,1666	20,272	0,2491	26,727	0,3634	34,995	0,5188	45,475
76	0,0411	8,653	0,0678	11,550	0,1077	15,395	0,1657	20,438	0,2480	26,975	0,3623	35,357	0,5177	45,993
77	0,0407	8,694	0,0672	11,617	0,1070	15,502	0,1648	20,603	0,2470	27,222	0,3611	35,718	0,5167	46,510
78	0,0403	8,734	0,0667	11,684	0,1063	15,608	0,1639	20,767	0,2460	27,468	0,3601	36,078	0,5157	47,025
79	0,0399	8,774	0,0662	11,750	0,1056	15,714	0,1631	20,930	0,2450	27,713	0,3590	36,437	0,5147	47,540
80	0,0396	8,814	0,0657	11,816	0,1049	15,819	0,1622	21,092	0,2440	27,957	0,3579	36,795	0,5137	48,054
81	0,0392	8,853	0,0651	11,881	0,1042	15,923	0,1614	21,253	0,2430	28,200	0,3569	37,152	0,5127	48,567
82	0,0389	8,892	0,0647	11,946	0,1036	16,027	0,1606	21,414	0,2420	28,442	0,3559	37,508	0,5118	49,078
83	0,0385	8,931	0,0642	12,010	0,1029	16,130	0,1598	21,574	0,2411	28,683	0,3548	37,863	0,5109	49,589
84	0,0382	8,969	0,0637	12,073	0,1023	16,232	0,1590	21,733	0,2402	28,924	0,3539	38,217	0,5099	50,099
85	0,0379	9,007	0,0632	12,137	0,1017	16,333	0,1582	21,891	0,2393	29,163	0,3529	38,570	0,5090	50,608
86	0,0375	9,044	0,0628	12,199	0,1011	16,435	0,1574	22,048	0,2384	29,401	0,3519	38,922	0,5081	51,116

Curvas de experiência, alterações tecnológicas e vantagens competitivas

n	60%	60% acm	65%	65% acm	70%	70% acm	75%	75% acm	80%	80% acm	85%	85% acm	90%	90% acm
87	0,0372	9,081	0,0623	12,262	0,1005	16,535	0,1567	22,205	0,2375	29,639	0,3510	39,272	0,5072	51,624
88	0,0369	9,118	0,0619	12,324	0,0999	16,635	0,1559	22,361	0,2366	29,875	0,3500	39,622	0,5063	52,130
89	0,0366	9,155	0,0614	12,385	0,0993	16,734	0,1552	22,516	0,2357	30,111	0,3491	39,972	0,5055	52,635
90	0,0363	9,191	0,0610	12,446	0,0987	16,833	0,1545	22,671	0,2349	30,346	0,3482	40,320	0,5046	53,140
91	0,0360	9,227	0,0606	12,507	0,0982	16,931	0,1538	22,825	0,2341	30,580	0,3473	40,667	0,5038	53,644
92	0,0357	9,263	0,0602	12,567	0,0976	17,029	0,1531	22,978	0,2332	30,813	0,3464	41,013	0,5029	54,147
93	0,0354	9,298	0,0598	12,627	0,0971	17,126	0,1524	23,130	0,2324	31,046	0,3455	41,359	0,5021	54,649
94	0,0351	9,333	0,0594	12,686	0,0965	17,222	0,1517	23,282	0,2316	31,277	0,3446	41,704	0,5013	55,150
95	0,0349	9,368	0,0590	12,745	0,0960	17,318	0,1511	23,433	0,2308	31,508	0,3438	42,047	0,5005	55,650
96	0,0346	9,403	0,0586	12,804	0,0955	17,414	0,1504	23,583	0,2301	31,738	0,3429	42,390	0,4997	56,150
97	0,0343	9,437	0,0582	12,862	0,0950	17,509	0,1498	23,733	0,2293	31,967	0,3421	42,732	0,4989	56,649
98	0,0341	9,471	0,0579	12,920	0,0945	17,603	0,1491	23,882	0,2285	32,196	0,3413	43,074	0,4981	57,147
99	0,0338	9,505	0,0575	12,977	0,0940	17,697	0,1485	24,031	0,2278	32,424	0,3405	43,414	0,4973	57,644
100	0,0336	9,539	0,0572	13,034	0,0935	17,791	0,1479	24,179	0,2271	32,651	0,3397	43,754	0,4966	58,141
101	0,0333	9,572	0,0568	13,091	0,0930	17,884	0,1473	24,326	0,2263	32,877	0,3389	44,093	0,4958	58,637
102	0,0331	9,605	0,0565	13,148	0,0926	17,976	0,1467	24,473	0,2256	33,103	0,3381	44,431	0,4951	59,132
103	0,0329	9,638	0,0561	13,204	0,0921	18,068	0,1461	24,619	0,2249	33,328	0,3373	44,768	0,4944	59,626
104	0,0326	9,671	0,0558	13,260	0,0916	18,160	0,1455	24,764	0,2242	33,552	0,3366	45,105	0,4936	60,120
105	0,0324	9,703	0,0554	13,315	0,0912	18,251	0,1449	24,909	0,2235	33,775	0,3358	45,441	0,4929	60,613
106	0,0322	9,735	0,0551	13,370	0,0907	18,342	0,1444	25,053	0,2228	33,998	0,3351	45,776	0,4922	61,105
107	0,0319	9,767	0,0548	13,425	0,0903	18,432	0,1438	25,197	0,2222	34,220	0,3343	46,110	0,4915	61,597
108	0,0317	9,799	0,0545	13,479	0,0899	18,522	0,1432	25,340	0,2215	34,442	0,3336	46,444	0,4908	62,087
109	0,0315	9,830	0,0542	13,534	0,0895	18,612	0,1427	25,483	0,2208	34,663	0,3329	46,776	0,4901	62,577
110	0,0313	9,862	0,0539	13,587	0,0890	18,701	0,1421	25,625	0,2202	34,883	0,3322	47,109	0,4894	63,067
111	0,0311	9,893	0,0536	13,641	0,0886	18,789	0,1416	25,767	0,2196	35,103	0,3315	47,440	0,4888	63,556
112	0,0309	9,924	0,0533	13,694	0,0882	18,877	0,1411	25,908	0,2189	35,321	0,3308	47,771	0,4881	64,044
113	0,0307	9,954	0,0530	13,747	0,0878	18,965	0,1406	26,049	0,2183	35,540	0,3301	48,101	0,4874	64,531
114	0,0305	9,985	0,0527	13,800	0,0874	19,053	0,1401	26,189	0,2177	35,757	0,3294	48,430	0,4868	65,018
115	0,0303	10,015	0,0524	13,852	0,0870	19,140	0,1396	26,328	0,2171	35,975	0,3287	48,759	0,4861	65,504
116	0,0301	10,045	0,0521	13,904	0,0866	19,226	0,1391	26,467	0,2165	36,191	0,3281	49,087	0,4855	65,990
117	0,0299	10,075	0,0518	13,956	0,0863	19,313	0,1386	26,606	0,2159	36,407	0,3274	49,415	0,4849	66,475
118	0,0297	10,105	0,0516	14,008	0,0859	19,398	0,1381	26,744	0,2153	36,622	0,3268	49,741	0,4842	66,959
119	0,0295	10,134	0,0513	14,059	0,0855	19,484	0,1376	26,881	0,2147	36,837	0,3261	50,067	0,4836	67,442
120	0,0294	10,164	0,0510	14,110	0,0851	19,569	0,1371	27,019	0,2141	37,051	0,3255	50,393	0,4830	67,925
121	0,0292	10,193	0,0508	14,161	0,0848	19,654	0,1366	27,155	0,2135	37,264	0,3248	50,718	0,4824	68,408
122	0,0290	10,222	0,0505	14,211	0,0844	19,738	0,1362	27,291	0,2130	37,477	0,3242	51,042	0,4818	68,890
123	0,0288	10,251	0,0503	14,262	0,0841	19,822	0,1357	27,427	0,2124	37,690	0,3236	51,366	0,4812	69,371
124	0,0287	10,279	0,0500	14,312	0,0837	19,906	0,1353	27,562	0,2119	37,902	0,3230	51,688	0,4806	69,851
125	0,0285	10,308	0,0498	14,361	0,0834	19,989	0,1348	27,697	0,2113	38,113	0,3224	52,011	0,4800	70,332
126	0,0283	10,336	0,0495	14,411	0,0830	20,072	0,1344	27,831	0,2108	38,324	0,3218	52,333	0,4794	70,811
127	0,0282	10,364	0,0493	14,460	0,0827	20,155	0,1339	27,965	0,2102	38,534	0,3212	52,654	0,4789	71,290
128	0,0280	10,392	0,0490	14,509	0,0824	20,238	0,1335	28,099	0,2097	38,744	0,3206	52,974	0,4783	71,768
129	0,0278	10,420	0,0488	14,558	0,0820	20,320	0,1331	28,232	0,2092	38,953	0,3200	53,294	0,4777	72,246
130	0,0277	10,448	0,0486	14,607	0,0817	20,401	0,1326	28,365	0,2087	39,162	0,3194	53,614	0,4772	72,723
131	0,0275	10,475	0,0483	14,655	0,0814	20,483	0,1322	28,497	0,2082	39,370	0,3188	53,933	0,4766	73,200
132	0,0274	10,503	0,0481	14,703	0,0811	20,564	0,1318	28,629	0,2076	39,578	0,3183	54,251	0,4761	73,676

Curvas de experiência, alterações tecnológicas e vantagens competitivas

n	60%	60% acm	65%	65% acm	70%	70% acm	75%	75% acm	80%	80% acm	85%	85% acm	90%	90% acm
133	0,0272	10,530	0,0479	14,751	0,0807	20,644	0,1314	28,760	0,2071	39,785	0,3177	54,569	0,4755	74,151
134	0,0271	10,557	0,0476	14,799	0,0804	20,725	0,1310	28,891	0,2066	39,991	0,3172	54,886	0,4750	74,626
135	0,0269	10,584	0,0474	14,846	0,0801	20,805	0,1306	29,021	0,2062	40,197	0,3166	55,202	0,4744	75,101
136	0,0268	10,611	0,0472	14,893	0,0798	20,885	0,1302	29,152	0,2057	40,403	0,3161	55,518	0,4739	75,575
137	0,0266	10,637	0,0470	14,940	0,0795	20,964	0,1298	29,281	0,2052	40,608	0,3155	55,834	0,4734	76,048
138	0,0265	10,664	0,0468	14,987	0,0792	21,044	0,1294	29,411	0,2047	40,813	0,3150	56,149	0,4729	76,521
139	0,0263	10,690	0,0466	15,034	0,0789	21,122	0,1290	29,540	0,2042	41,017	0,3144	56,463	0,4723	76,993
140	0,0262	10,716	0,0464	15,080	0,0786	21,201	0,1286	29,668	0,2038	41,221	0,3139	56,777	0,4718	77,465
141	0,0261	10,742	0,0462	15,126	0,0784	21,279	0,1282	29,797	0,2033	41,424	0,3134	57,091	0,4713	77,936
142	0,0259	10,768	0,0460	15,172	0,0781	21,358	0,1279	29,924	0,2028	41,627	0,3129	57,403	0,4708	78,407
143	0,0258	10,794	0,0458	15,218	0,0778	21,435	0,1275	30,052	0,2024	41,829	0,3124	57,716	0,4703	78,877
144	0,0257	10,820	0,0456	15,263	0,0775	21,513	0,1271	30,179	0,2019	42,031	0,3118	58,028	0,4698	79,347
145	0,0255	10,845	0,0454	15,309	0,0772	21,590	0,1268	30,306	0,2015	42,233	0,3113	58,339	0,4693	79,817
146	0,0254	10,871	0,0452	15,354	0,0770	21,667	0,1264	30,432	0,2010	42,434	0,3108	58,650	0,4688	80,285
147	0,0253	10,896	0,0450	15,399	0,0767	21,744	0,1260	30,558	0,2006	42,634	0,3103	58,960	0,4683	80,754
148	0,0252	10,921	0,0448	15,444	0,0764	21,820	0,1257	30,684	0,2001	42,835	0,3098	59,270	0,4679	81,222
149	0,0250	10,946	0,0446	15,488	0,0762	21,896	0,1253	30,809	0,1997	43,034	0,3094	59,579	0,4674	81,689
150	0,0249	10,971	0,0444	15,533	0,0759	21,972	0,1250	30,934	0,1993	43,234	0,3089	59,888	0,4669	82,156
151	0,0248	10,996	0,0442	15,577	0,0756	22,048	0,1246	31,059	0,1989	43,432	0,3084	60,197	0,4664	82,622
152	0,0247	11,021	0,0441	15,621	0,0754	22,123	0,1243	31,183	0,1984	43,631	0,3079	60,505	0,4660	83,088
153	0,0245	11,045	0,0439	15,665	0,0751	22,198	0,1240	31,307	0,1980	43,829	0,3074	60,812	0,4655	83,554
154	0,0244	11,070	0,0437	15,709	0,0749	22,273	0,1236	31,431	0,1976	44,026	0,3070	61,119	0,4650	84,019
155	0,0243	11,094	0,0435	15,752	0,0746	22,348	0,1233	31,554	0,1972	44,224	0,3065	61,426	0,4646	84,483
156	0,0242	11,118	0,0434	15,795	0,0744	22,422	0,1230	31,677	0,1968	44,420	0,3060	61,732	0,4641	84,947
157	0,0241	11,142	0,0432	15,839	0,0741	22,496	0,1226	31,800	0,1964	44,617	0,3056	62,037	0,4637	85,411
158	0,0240	11,166	0,0430	15,882	0,0739	22,570	0,1223	31,922	0,1960	44,813	0,3051	62,342	0,4632	85,874
159	0,0239	11,190	0,0428	15,924	0,0737	22,644	0,1220	32,044	0,1956	45,008	0,3047	62,647	0,4628	86,337
160	0,0237	11,214	0,0427	15,967	0,0734	22,717	0,1217	32,166	0,1952	45,203	0,3042	62,951	0,4623	86,800
161	0,0236	11,237	0,0425	16,010	0,0732	22,791	0,1214	32,287	0,1948	45,398	0,3038	63,255	0,4619	87,261
162	0,0235	11,261	0,0423	16,052	0,0730	22,864	0,1211	32,408	0,1944	45,593	0,3034	63,558	0,4615	87,723
163	0,0234	11,284	0,0422	16,094	0,0727	22,936	0,1207	32,529	0,1940	45,787	0,3029	63,861	0,4610	88,184
164	0,0233	11,308	0,0420	16,136	0,0725	23,009	0,1204	32,649	0,1936	45,980	0,3025	64,164	0,4606	88,645
165	0,0232	11,331	0,0419	16,178	0,0723	23,081	0,1201	32,769	0,1933	46,174	0,3020	64,466	0,4602	89,105
166	0,0231	11,354	0,0417	16,220	0,0720	23,153	0,1198	32,889	0,1929	46,366	0,3016	64,767	0,4598	89,565
167	0,0230	11,377	0,0416	16,261	0,0718	23,225	0,1195	33,009	0,1925	46,559	0,3012	65,069	0,4593	90,024
168	0,0229	11,400	0,0414	16,303	0,0716	23,296	0,1192	33,128	0,1921	46,751	0,3008	65,369	0,4589	90,483
169	0,0228	11,423	0,0412	16,344	0,0714	23,368	0,1189	33,247	0,1918	46,943	0,3004	65,670	0,4585	90,941
170	0,0227	11,445	0,0411	16,385	0,0712	23,439	0,1187	33,366	0,1914	47,134	0,2999	65,970	0,4581	91,399
171	0,0226	11,468	0,0409	16,426	0,0710	23,510	0,1184	33,484	0,1910	47,325	0,2995	66,269	0,4577	91,857
172	0,0225	11,491	0,0408	16,467	0,0707	23,581	0,1181	33,602	0,1907	47,516	0,2991	66,568	0,4573	92,314
173	0,0224	11,513	0,0407	16,507	0,0705	23,651	0,1178	33,720	0,1903	47,706	0,2987	66,867	0,4569	92,771
174	0,0223	11,535	0,0405	16,548	0,0703	23,722	0,1175	33,837	0,1900	47,896	0,2983	67,165	0,4565	93,228
175	0,0222	11,558	0,0404	16,588	0,0701	23,792	0,1172	33,954	0,1896	48,086	0,2979	67,463	0,4561	93,684
176	0,0221	11,580	0,0402	16,629	0,0699	23,862	0,1170	34,071	0,1893	48,275	0,2975	67,761	0,4557	94,140
177	0,0220	11,602	0,0401	16,669	0,0697	23,931	0,1167	34,188	0,1889	48,464	0,2971	68,058	0,4553	94,595
178	0,0220	11,624	0,0399	16,709	0,0695	24,001	0,1164	34,305	0,1886	48,653	0,2967	68,355	0,4549	95,050

Curvas de experiência, alterações tecnológicas e vantagens competitivas

n	60%	60% acm	65%	65% acm	70%	70% acm	75%	75% acm	80%	80% acm	85%	85% acm	90%	90% acm
179	0,0219	11,646	0,0398	16,748	0,0693	24,070	0,1161	34,421	0,1883	48,841	0,2963	68,651	0,4545	95,504
180	0,0218	11,667	0,0397	16,788	0,0691	24,139	0,1159	34,537	0,1879	49,029	0,2959	68,947	0,4541	95,958
181	0,0217	11,689	0,0395	16,828	0,0689	24,208	0,1156	34,652	0,1876	49,216	0,2956	69,242	0,4538	96,412
182	0,0216	11,711	0,0394	16,867	0,0687	24,277	0,1153	34,768	0,1872	49,404	0,2952	69,538	0,4534	96,866
183	0,0215	11,732	0,0393	16,906	0,0685	24,345	0,1151	34,883	0,1869	49,591	0,2948	69,832	0,4530	97,319
184	0,0214	11,754	0,0391	16,945	0,0683	24,414	0,1148	34,997	0,1866	49,777	0,2944	70,127	0,4526	97,771
185	0,0213	11,775	0,0390	16,984	0,0681	24,482	0,1146	35,112	0,1863	49,963	0,2941	70,421	0,4523	98,223
186	0,0213	11,796	0,0389	17,023	0,0679	24,550	0,1143	35,226	0,1859	50,149	0,2937	70,715	0,4519	98,675
187	0,0212	11,817	0,0387	17,062	0,0678	24,618	0,1141	35,340	0,1856	50,335	0,2933	71,008	0,4515	99,127
188	0,0211	11,838	0,0386	17,100	0,0676	24,685	0,1138	35,454	0,1853	50,520	0,2929	71,301	0,4512	99,578
189	0,0210	11,859	0,0385	17,139	0,0674	24,752	0,1135	35,568	0,1850	50,705	0,2926	71,593	0,4508	100,029
190	0,0209	11,880	0,0384	17,177	0,0672	24,820	0,1133	35,681	0,1847	50,890	0,2922	71,886	0,4504	100,479
191	0,0208	11,901	0,0382	17,216	0,0670	24,887	0,1131	35,794	0,1844	51,074	0,2919	72,178	0,4501	100,929
192	0,0208	11,922	0,0381	17,254	0,0668	24,954	0,1128	35,907	0,1841	51,258	0,2915	72,469	0,4497	101,379
193	0,0207	11,943	0,0380	17,292	0,0667	25,020	0,1126	36,019	0,1837	51,442	0,2911	72,760	0,4494	101,828
194	0,0206	11,963	0,0379	17,329	0,0665	25,087	0,1123	36,132	0,1834	51,626	0,2908	73,051	0,4490	102,277
195	0,0205	11,984	0,0377	17,367	0,0663	25,153	0,1121	36,244	0,1831	51,809	0,2904	73,341	0,4486	102,726
196	0,0204	12,004	0,0376	17,405	0,0661	25,219	0,1118	36,356	0,1828	51,992	0,2901	73,632	0,4483	103,174
197	0,0204	12,025	0,0375	17,442	0,0660	25,285	0,1116	36,467	0,1825	52,174	0,2898	73,921	0,4480	103,622
198	0,0203	12,045	0,0374	17,480	0,0658	25,351	0,1114	36,579	0,1822	52,356	0,2894	74,211	0,4476	104,070
199	0,0202	12,065	0,0373	17,517	0,0656	25,417	0,1111	36,690	0,1819	52,538	0,2891	74,500	0,4473	104,517
200	0,0201	12,085	0,0371	17,554	0,0655	25,482	0,1109	36,801	0,1816	52,720	0,2887	74,789	0,4469	104,964
201	0,0201	12,105	0,0370	17,591	0,0653	25,547	0,1107	36,911	0,1814	52,901	0,2884	75,077	0,4466	105,411
202	0,0200	12,125	0,0369	17,628	0,0651	25,612	0,1105	37,022	0,1811	53,082	0,2881	75,365	0,4463	105,857
203	0,0199	12,145	0,0368	17,665	0,0650	25,677	0,1102	37,132	0,1808	53,263	0,2877	75,653	0,4459	106,303
204	0,0199	12,165	0,0367	17,702	0,0648	25,742	0,1100	37,242	0,1805	53,444	0,2874	75,940	0,4456	106,748
205	0,0198	12,185	0,0366	17,738	0,0646	25,807	0,1098	37,352	0,1802	53,624	0,2871	76,227	0,4453	107,194
206	0,0197	12,205	0,0365	17,775	0,0645	25,871	0,1096	37,461	0,1799	53,804	0,2867	76,514	0,4449	107,639
207	0,0196	12,224	0,0364	17,811	0,0643	25,936	0,1093	37,571	0,1796	53,983	0,2864	76,800	0,4446	108,083
208	0,0196	12,244	0,0363	17,847	0,0641	26,000	0,1091	37,680	0,1794	54,163	0,2861	77,086	0,4443	108,527
209	0,0195	12,263	0,0361	17,883	0,0640	26,064	0,1089	37,789	0,1791	54,342	0,2858	77,372	0,4439	108,971
210	0,0194	12,283	0,0360	17,919	0,0638	26,128	0,1087	37,897	0,1788	54,521	0,2854	77,658	0,4436	109,415
211	0,0194	12,302	0,0359	17,955	0,0637	26,191	0,1085	38,006	0,1785	54,699	0,2851	77,943	0,4433	109,858
212	0,0193	12,321	0,0358	17,991	0,0635	26,255	0,1083	38,114	0,1783	54,878	0,2848	78,227	0,4430	110,301
213	0,0192	12,341	0,0357	18,027	0,0634	26,318	0,1081	38,222	0,1780	55,056	0,2845	78,512	0,4427	110,744
214	0,0192	12,360	0,0356	18,063	0,0632	26,381	0,1078	38,330	0,1777	55,233	0,2842	78,796	0,4424	111,186
215	0,0191	12,379	0,0355	18,098	0,0631	26,444	0,1076	38,438	0,1775	55,411	0,2839	79,080	0,4420	111,628
216	0,0190	12,398	0,0354	18,133	0,0629	26,507	0,1074	38,545	0,1772	55,588	0,2836	79,364	0,4417	112,070
217	0,0190	12,417	0,0353	18,169	0,0628	26,570	0,1072	38,652	0,1769	55,765	0,2833	79,647	0,4414	112,512
218	0,0189	12,436	0,0352	18,204	0,0626	26,633	0,1070	38,759	0,1767	55,942	0,2830	79,930	0,4411	112,953
219	0,0188	12,455	0,0351	18,239	0,0625	26,695	0,1068	38,866	0,1764	56,118	0,2826	80,212	0,4408	113,393
220	0,0188	12,473	0,0350	18,274	0,0623	26,757	0,1066	38,973	0,1762	56,294	0,2823	80,495	0,4405	113,834
221	0,0187	12,492	0,0349	18,309	0,0622	26,820	0,1064	39,079	0,1759	56,470	0,2820	80,777	0,4402	114,274
222	0,0187	12,511	0,0348	18,344	0,0620	26,882	0,1062	39,185	0,1756	56,646	0,2817	81,059	0,4399	114,714
223	0,0186	12,529	0,0347	18,379	0,0619	26,944	0,1060	39,291	0,1754	56,821	0,2815	81,340	0,4396	115,154
224	0,0185	12,548	0,0346	18,413	0,0617	27,005	0,1058	39,397	0,1751	56,996	0,2812	81,621	0,4393	115,593

Curvas de experiência, alterações tecnológicas e vantagens competitivas

n	60%	60% acm	65%	65% acm	70%	70% acm	75%	75% acm	80%	80% acm	85%	85% acm	90%	90% acm
225	0,0185	12,566	0,0345	18,448	0,0616	27,067	0,1056	39,503	0,1749	57,171	0,2809	81,902	0,4390	116,032
226	0,0184	12,585	0,0344	18,482	0,0615	27,128	0,1054	39,608	0,1746	57,346	0,2806	82,183	0,4387	116,471
227	0,0184	12,603	0,0343	18,516	0,0613	27,190	0,1052	39,714	0,1744	57,520	0,2803	82,463	0,4384	116,909
228	0,0183	12,622	0,0342	18,551	0,0612	27,251	0,1050	39,819	0,1741	57,694	0,2800	82,743	0,4381	117,347
229	0,0182	12,640	0,0341	18,585	0,0611	27,312	0,1049	39,923	0,1739	57,868	0,2797	83,023	0,4378	117,785
230	0,0182	12,658	0,0341	18,619	0,0609	27,373	0,1047	40,028	0,1737	58,042	0,2794	83,302	0,4375	118,222
231	0,0181	12,676	0,0340	18,653	0,0608	27,434	0,1045	40,133	0,1734	58,215	0,2791	83,581	0,4372	118,660
232	0,0181	12,694	0,0339	18,687	0,0606	27,494	0,1043	40,237	0,1732	58,388	0,2789	83,860	0,4370	119,097
233	0,0180	12,712	0,0338	18,721	0,0605	27,555	0,1041	40,341	0,1729	58,561	0,2786	84,139	0,4367	119,533
234	0,0179	12,730	0,0337	18,754	0,0604	27,615	0,1039	40,445	0,1727	58,734	0,2783	84,417	0,4364	119,970
235	0,0179	12,748	0,0336	18,788	0,0602	27,675	0,1037	40,549	0,1725	58,907	0,2780	84,695	0,4361	120,406
236	0,0178	12,766	0,0335	18,821	0,0601	27,736	0,1036	40,652	0,1722	59,079	0,2777	84,973	0,4358	120,842
237	0,0178	12,784	0,0334	18,855	0,0600	27,796	0,1034	40,756	0,1720	59,251	0,2775	85,250	0,4355	121,277
238	0,0177	12,801	0,0333	18,888	0,0599	27,855	0,1032	40,859	0,1718	59,423	0,2772	85,527	0,4353	121,712
239	0,0177	12,819	0,0333	18,921	0,0597	27,915	0,1030	40,962	0,1715	59,594	0,2769	85,804	0,4350	122,147
240	0,0176	12,837	0,0332	18,955	0,0596	27,975	0,1028	41,065	0,1713	59,765	0,2766	86,081	0,4347	122,582
241	0,0176	12,854	0,0331	18,988	0,0595	28,034	0,1027	41,167	0,1711	59,936	0,2764	86,357	0,4344	123,017
242	0,0175	12,872	0,0330	19,021	0,0593	28,094	0,1025	41,270	0,1708	60,107	0,2761	86,633	0,4342	123,451
243	0,0175	12,889	0,0329	19,054	0,0592	28,153	0,1023	41,372	0,1706	60,278	0,2758	86,909	0,4339	123,885
244	0,0174	12,906	0,0328	19,086	0,0591	28,212	0,1021	41,474	0,1704	60,448	0,2756	87,185	0,4336	124,318
245	0,0173	12,924	0,0327	19,119	0,0590	28,271	0,1020	41,576	0,1702	60,618	0,2753	87,460	0,4334	124,752
246	0,0173	12,941	0,0327	19,152	0,0588	28,330	0,1018	41,678	0,1699	60,788	0,2750	87,735	0,4331	125,185
247	0,0172	12,958	0,0326	19,184	0,0587	28,388	0,1016	41,780	0,1697	60,958	0,2748	88,010	0,4328	125,618
248	0,0172	12,976	0,0325	19,217	0,0586	28,447	0,1014	41,881	0,1695	61,128	0,2745	88,284	0,4325	126,050
249	0,0171	12,993	0,0324	19,249	0,0585	28,505	0,1013	41,982	0,1693	61,297	0,2743	88,559	0,4323	126,482
250	0,0171	13,010	0,0323	19,282	0,0584	28,564	0,1011	42,083	0,1691	61,466	0,2740	88,833	0,4320	126,914
251	0,0170	13,027	0,0323	19,314	0,0582	28,622	0,1009	42,184	0,1688	61,635	0,2738	89,106	0,4318	127,346
252	0,0170	13,044	0,0322	19,346	0,0581	28,680	0,1008	42,285	0,1686	61,803	0,2735	89,380	0,4315	127,778
253	0,0169	13,061	0,0321	19,378	0,0580	28,738	0,1006	42,386	0,1684	61,972	0,2732	89,653	0,4312	128,209
254	0,0169	13,078	0,0320	19,410	0,0579	28,796	0,1004	42,486	0,1682	62,140	0,2730	89,926	0,4310	128,640
255	0,0168	13,095	0,0319	19,442	0,0578	28,854	0,1003	42,586	0,1680	62,308	0,2727	90,199	0,4307	129,071
256	0,0168	13,111	0,0319	19,474	0,0576	28,911	0,1001	42,686	0,1678	62,476	0,2725	90,471	0,4305	129,501
257	0,0167	13,128	0,0318	19,506	0,0575	28,969	0,1000	42,786	0,1676	62,643	0,2722	90,744	0,4302	129,931
258	0,0167	13,145	0,0317	19,537	0,0574	29,026	0,0998	42,886	0,1674	62,811	0,2720	91,016	0,4300	130,361
259	0,0167	13,161	0,0316	19,569	0,0573	29,084	0,0996	42,986	0,1671	62,978	0,2717	91,287	0,4297	130,791
260	0,0166	13,178	0,0316	19,601	0,0572	29,141	0,0995	43,085	0,1669	63,145	0,2715	91,559	0,4295	131,220
261	0,0166	13,195	0,0315	19,632	0,0571	29,198	0,0993	43,185	0,1667	63,311	0,2713	91,830	0,4292	131,650
262	0,0165	13,211	0,0314	19,664	0,0570	29,255	0,0992	43,284	0,1665	63,478	0,2710	92,101	0,4290	132,079
263	0,0165	13,228	0,0313	19,695	0,0569	29,312	0,0990	43,383	0,1663	63,644	0,2708	92,372	0,4287	132,507
264	0,0164	13,244	0,0313	19,726	0,0567	29,369	0,0988	43,482	0,1661	63,810	0,2705	92,643	0,4285	132,936
265	0,0164	13,260	0,0312	19,757	0,0566	29,425	0,0987	43,580	0,1659	63,976	0,2703	92,913	0,4282	133,364
266	0,0163	13,277	0,0311	19,788	0,0565	29,482	0,0985	43,679	0,1657	64,142	0,2701	93,183	0,4280	133,792
267	0,0163	13,293	0,0310	19,820	0,0564	29,538	0,0984	43,777	0,1655	64,308	0,2698	93,453	0,4277	134,220
268	0,0162	13,309	0,0310	19,850	0,0563	29,594	0,0982	43,875	0,1653	64,473	0,2696	93,722	0,4275	134,647
269	0,0162	13,325	0,0309	19,881	0,0562	29,651	0,0981	43,974	0,1651	64,638	0,2693	93,992	0,4272	135,074
270	0,0161	13,342	0,0308	19,912	0,0561	29,707	0,0979	44,071	0,1649	64,803	0,2691	94,261	0,4270	135,501

Curvas de experiência, alterações tecnológicas e vantagens competitivas

n	60%	60% acm	65%	65% acm	70%	70% acm	75%	75% acm	80%	80% acm	85%	85% acm	90%	90% acm
271	0,0161	13,358	0,0308	19,943	0,0560	29,763	0,0978	44,169	0,1647	64,968	0,2689	94,530	0,4268	135,928
272	0,0161	13,374	0,0307	19,974	0,0559	29,819	0,0976	44,267	0,1645	65,132	0,2686	94,798	0,4265	136,355
273	0,0160	13,390	0,0306	20,004	0,0558	29,874	0,0975	44,364	0,1643	65,297	0,2684	95,067	0,4263	136,781
274	0,0160	13,406	0,0305	20,035	0,0557	29,930	0,0973	44,462	0,1641	65,461	0,2682	95,335	0,4260	137,207
275	0,0159	13,422	0,0305	20,065	0,0556	29,986	0,0972	44,559	0,1639	65,625	0,2680	95,603	0,4258	137,633
276	0,0159	13,438	0,0304	20,096	0,0555	30,041	0,0970	44,656	0,1638	65,788	0,2677	95,870	0,4256	138,058
277	0,0158	13,453	0,0303	20,126	0,0554	30,096	0,0969	44,753	0,1636	65,952	0,2675	96,138	0,4253	138,484
278	0,0158	13,469	0,0303	20,156	0,0553	30,152	0,0967	44,850	0,1634	66,115	0,2673	96,405	0,4251	138,909
279	0,0158	13,485	0,0302	20,187	0,0552	30,207	0,0966	44,946	0,1632	66,278	0,2670	96,672	0,4249	139,334
280	0,0157	13,501	0,0301	20,217	0,0551	30,262	0,0965	45,043	0,1630	66,441	0,2668	96,939	0,4246	139,758
281	0,0157	13,516	0,0301	20,247	0,0549	30,317	0,0963	45,139	0,1628	66,604	0,2666	97,206	0,4244	140,183
282	0,0156	13,532	0,0300	20,277	0,0548	30,372	0,0962	45,235	0,1626	66,767	0,2664	97,472	0,4242	140,607
283	0,0156	13,548	0,0299	20,307	0,0547	30,426	0,0960	45,331	0,1624	66,929	0,2662	97,738	0,4240	141,031
284	0,0156	13,563	0,0299	20,337	0,0546	30,481	0,0959	45,427	0,1623	67,092	0,2659	98,004	0,4237	141,455
285	0,0155	13,579	0,0298	20,366	0,0546	30,536	0,0958	45,523	0,1621	67,254	0,2657	98,270	0,4235	141,878
286	0,0155	13,594	0,0297	20,396	0,0545	30,590	0,0956	45,618	0,1619	67,416	0,2655	98,535	0,4233	142,301
287	0,0154	13,610	0,0297	20,426	0,0544	30,644	0,0955	45,714	0,1617	67,577	0,2653	98,801	0,4231	142,724
288	0,0154	13,625	0,0296	20,455	0,0543	30,699	0,0953	45,809	0,1615	67,739	0,2651	99,066	0,4228	143,147
289	0,0154	13,640	0,0296	20,485	0,0542	30,753	0,0952	45,904	0,1613	67,900	0,2649	99,331	0,4226	143,570
290	0,0153	13,656	0,0295	20,514	0,0541	30,807	0,0951	45,999	0,1612	68,061	0,2646	99,595	0,4224	143,992
291	0,0153	13,671	0,0294	20,544	0,0540	30,861	0,0949	46,094	0,1610	68,222	0,2644	99,860	0,4222	144,414
292	0,0152	13,686	0,0294	20,573	0,0539	30,915	0,0948	46,189	0,1608	68,383	0,2642	100,124	0,4219	144,836
293	0,0152	13,701	0,0293	20,603	0,0538	30,968	0,0947	46,284	0,1606	68,544	0,2640	100,388	0,4217	145,258
294	0,0152	13,717	0,0292	20,632	0,0537	31,022	0,0945	46,378	0,1605	68,704	0,2638	100,652	0,4215	145,680
295	0,0151	13,732	0,0292	20,661	0,0536	31,076	0,0944	46,473	0,1603	68,865	0,2636	100,915	0,4213	146,101
296	0,0151	13,747	0,0291	20,690	0,0535	31,129	0,0943	46,567	0,1601	69,025	0,2634	101,179	0,4211	146,522
297	0,0151	13,762	0,0291	20,719	0,0534	31,183	0,0941	46,661	0,1599	69,185	0,2632	101,442	0,4209	146,943
298	0,0150	13,777	0,0290	20,748	0,0533	31,236	0,0940	46,755	0,1598	69,344	0,2630	101,705	0,4206	147,363
299	0,0150	13,792	0,0289	20,777	0,0532	31,289	0,0939	46,849	0,1596	69,504	0,2627	101,968	0,4204	147,784
300	0,0149	13,807	0,0289	20,806	0,0531	31,342	0,0937	46,943	0,1594	69,663	0,2625	102,230	0,4202	148,204
301	0,0149	13,822	0,0288	20,835	0,0530	31,395	0,0936	47,036	0,1593	69,823	0,2623	102,492	0,4200	148,624
302	0,0149	13,837	0,0288	20,863	0,0529	31,448	0,0935	47,130	0,1591	69,982	0,2621	102,755	0,4198	149,044
303	0,0148	13,851	0,0287	20,892	0,0529	31,501	0,0933	47,223	0,1589	70,141	0,2619	103,016	0,4196	149,463
304	0,0148	13,866	0,0286	20,921	0,0528	31,554	0,0932	47,316	0,1587	70,299	0,2617	103,278	0,4194	149,883
305	0,0148	13,881	0,0286	20,949	0,0527	31,607	0,0931	47,409	0,1586	70,458	0,2615	103,540	0,4192	150,302
306	0,0147	13,896	0,0285	20,978	0,0526	31,659	0,0930	47,502	0,1584	70,616	0,2613	103,801	0,4190	150,721
307	0,0147	13,910	0,0285	21,006	0,0525	31,712	0,0928	47,595	0,1582	70,775	0,2611	104,062	0,4187	151,140
308	0,0147	13,925	0,0284	21,035	0,0524	31,764	0,0927	47,688	0,1581	70,933	0,2609	104,323	0,4185	151,558
309	0,0146	13,940	0,0283	21,063	0,0523	31,816	0,0926	47,781	0,1579	71,091	0,2607	104,584	0,4183	151,976
310	0,0146	13,954	0,0283	21,091	0,0522	31,869	0,0925	47,873	0,1577	71,248	0,2605	104,844	0,4181	152,395
311	0,0146	13,969	0,0282	21,120	0,0522	31,921	0,0923	47,965	0,1576	71,406	0,2603	105,105	0,4179	152,813
312	0,0145	13,983	0,0282	21,148	0,0521	31,973	0,0922	48,058	0,1574	71,563	0,2601	105,365	0,4177	153,230
313	0,0145	13,998	0,0281	21,176	0,0520	32,025	0,0921	48,150	0,1573	71,721	0,2599	105,625	0,4175	153,648
314	0,0144	14,012	0,0281	21,204	0,0519	32,077	0,0920	48,242	0,1571	71,878	0,2598	105,885	0,4173	154,065
315	0,0144	14,027	0,0280	21,232	0,0518	32,129	0,0919	48,334	0,1569	72,035	0,2596	106,144	0,4171	154,482
316	0,0144	14,041	0,0280	21,260	0,0517	32,180	0,0917	48,425	0,1568	72,191	0,2594	106,403	0,4169	154,899

Curvas de experiência, alterações tecnológicas e vantagens competitivas

n	60%	60% acm	65%	65% acm	70%	70% acm	75%	75% acm	80%	80% acm	85%	85% acm	90%	90% acm
317	0,0143	14,055	0,0279	21,288	0,0516	32,232	0,0916	48,517	0,1566	72,348	0,2592	106,663	0,4167	155,316
318	0,0143	14,070	0,0278	21,316	0,0516	32,284	0,0915	48,608	0,1565	72,504	0,2590	106,922	0,4165	155,732
319	0,0143	14,084	0,0278	21,344	0,0515	32,335	0,0914	48,700	0,1563	72,661	0,2588	107,180	0,4163	156,149
320	0,0142	14,098	0,0277	21,371	0,0514	32,386	0,0913	48,791	0,1561	72,817	0,2586	107,439	0,4161	156,565
321	0,0142	14,112	0,0277	21,399	0,0513	32,438	0,0911	48,882	0,1560	72,973	0,2584	107,697	0,4159	156,981
322	0,0142	14,127	0,0276	21,427	0,0512	32,489	0,0910	48,973	0,1558	73,129	0,2582	107,956	0,4157	157,396
323	0,0142	14,141	0,0276	21,454	0,0511	32,540	0,0909	49,064	0,1557	73,284	0,2580	108,214	0,4155	157,812
324	0,0141	14,155	0,0275	21,482	0,0511	32,591	0,0908	49,155	0,1555	73,440	0,2578	108,472	0,4153	158,227
325	0,0141	14,169	0,0275	21,509	0,0510	32,642	0,0907	49,246	0,1554	73,595	0,2577	108,729	0,4151	158,642
326	0,0141	14,183	0,0274	21,537	0,0509	32,693	0,0906	49,336	0,1552	73,750	0,2575	108,987	0,4149	159,057
327	0,0140	14,197	0,0274	21,564	0,0508	32,744	0,0904	49,427	0,1551	73,906	0,2573	109,244	0,4147	159,472
328	0,0140	14,211	0,0273	21,591	0,0507	32,795	0,0903	49,517	0,1549	74,060	0,2571	109,501	0,4146	159,887
329	0,0140	14,225	0,0273	21,619	0,0507	32,845	0,0902	49,607	0,1548	74,215	0,2569	109,758	0,4144	160,301
330	0,0139	14,239	0,0272	21,646	0,0506	32,896	0,0901	49,697	0,1546	74,370	0,2567	110,015	0,4142	160,715
331	0,0139	14,253	0,0272	21,673	0,0505	32,946	0,0900	49,787	0,1545	74,524	0,2566	110,271	0,4140	161,129
332	0,0139	14,267	0,0271	21,700	0,0504	32,997	0,0899	49,877	0,1543	74,679	0,2564	110,528	0,4138	161,543
333	0,0138	14,281	0,0271	21,727	0,0504	33,047	0,0898	49,967	0,1542	74,833	0,2562	110,784	0,4136	161,956
334	0,0138	14,294	0,0270	21,754	0,0503	33,097	0,0897	50,056	0,1540	74,987	0,2560	111,040	0,4134	162,370
335	0,0138	14,308	0,0270	21,781	0,0502	33,148	0,0895	50,146	0,1539	75,141	0,2558	111,296	0,4132	162,783
336	0,0137	14,322	0,0269	21,808	0,0501	33,198	0,0894	50,235	0,1537	75,294	0,2557	111,551	0,4130	163,196
337	0,0137	14,336	0,0269	21,835	0,0500	33,248	0,0893	50,325	0,1536	75,448	0,2555	111,807	0,4129	163,609
338	0,0137	14,349	0,0268	21,862	0,0500	33,298	0,0892	50,414	0,1534	75,601	0,2553	112,062	0,4127	164,022
339	0,0137	14,363	0,0268	21,888	0,0499	33,348	0,0891	50,503	0,1533	75,755	0,2551	112,317	0,4125	164,434
340	0,0136	14,377	0,0267	21,915	0,0498	33,397	0,0890	50,592	0,1531	75,908	0,2550	112,572	0,4123	164,846
341	0,0136	14,390	0,0267	21,942	0,0497	33,447	0,0889	50,681	0,1530	76,061	0,2548	112,827	0,4121	165,259
342	0,0136	14,404	0,0266	21,968	0,0497	33,497	0,0888	50,770	0,1528	76,213	0,2546	113,082	0,4119	165,670
343	0,0135	14,417	0,0266	21,995	0,0496	33,546	0,0887	50,858	0,1527	76,366	0,2544	113,336	0,4117	166,082
344	0,0135	14,431	0,0265	22,021	0,0495	33,596	0,0886	50,947	0,1525	76,519	0,2543	113,590	0,4116	166,494
345	0,0135	14,444	0,0265	22,048	0,0494	33,645	0,0885	51,035	0,1524	76,671	0,2541	113,844	0,4114	166,905
346	0,0135	14,458	0,0264	22,074	0,0494	33,695	0,0883	51,124	0,1523	76,823	0,2539	114,098	0,4112	167,316
347	0,0134	14,471	0,0264	22,101	0,0493	33,744	0,0882	51,212	0,1521	76,976	0,2537	114,352	0,4110	167,727
348	0,0134	14,485	0,0263	22,127	0,0492	33,793	0,0881	51,300	0,1520	77,128	0,2536	114,606	0,4108	168,138
349	0,0134	14,498	0,0263	22,153	0,0492	33,842	0,0880	51,388	0,1518	77,279	0,2534	114,859	0,4107	168,549
350	0,0133	14,511	0,0262	22,180	0,0491	33,892	0,0879	51,476	0,1517	77,431	0,2532	115,112	0,4105	168,959
351	0,0133	14,525	0,0262	22,206	0,0490	33,941	0,0878	51,564	0,1516	77,583	0,2531	115,365	0,4103	169,370
352	0,0133	14,538	0,0261	22,232	0,0489	33,989	0,0877	51,652	0,1514	77,734	0,2529	115,618	0,4101	169,780
353	0,0133	14,551	0,0261	22,258	0,0489	34,038	0,0876	51,739	0,1513	77,885	0,2527	115,871	0,4099	170,190
354	0,0132	14,564	0,0261	22,284	0,0488	34,087	0,0875	51,827	0,1511	78,036	0,2525	116,123	0,4098	170,600
355	0,0132	14,578	0,0260	22,310	0,0487	34,136	0,0874	51,914	0,1510	78,187	0,2524	116,376	0,4096	171,009
356	0,0132	14,591	0,0260	22,336	0,0487	34,185	0,0873	52,001	0,1509	78,338	0,2522	116,628	0,4094	171,419
357	0,0131	14,604	0,0259	22,362	0,0486	34,233	0,0872	52,089	0,1507	78,489	0,2521	116,880	0,4092	171,828
358	0,0131	14,617	0,0259	22,388	0,0485	34,282	0,0871	52,176	0,1506	78,640	0,2519	117,132	0,4091	172,237
359	0,0131	14,630	0,0258	22,414	0,0484	34,330	0,0870	52,263	0,1505	78,790	0,2517	117,384	0,4089	172,646
360	0,0131	14,643	0,0258	22,439	0,0484	34,378	0,0869	52,350	0,1503	78,941	0,2516	117,635	0,4087	173,054
361	0,0130	14,656	0,0257	22,465	0,0483	34,427	0,0868	52,436	0,1502	79,091	0,2514	117,887	0,4086	173,463
362	0,0130	14,669	0,0257	22,491	0,0482	34,475	0,0867	52,523	0,1501	79,241	0,2512	118,138	0,4084	173,871

Curvas de experiência, alterações tecnológicas e vantagens competitivas

n	60%	60% acm	65%	65% acm	70%	70% acm	75%	75% acm	80%	80% acm	85%	85% acm	90%	90% acm
363	0,0130	14,682	0,0256	22,516	0,0482	34,523	0,0866	52,610	0,1499	79,391	0,2511	118,389	0,4082	174,280
364	0,0130	14,695	0,0256	22,542	0,0481	34,571	0,0865	52,696	0,1498	79,541	0,2509	118,640	0,4080	174,688
365	0,0129	14,708	0,0256	22,568	0,0480	34,619	0,0864	52,783	0,1497	79,690	0,2507	118,891	0,4079	175,096
366	0,0129	14,721	0,0255	22,593	0,0480	34,667	0,0863	52,869	0,1495	79,840	0,2506	119,141	0,4077	175,503
367	0,0129	14,734	0,0255	22,619	0,0479	34,715	0,0862	52,955	0,1494	79,989	0,2504	119,392	0,4075	175,911
368	0,0129	14,747	0,0254	22,644	0,0478	34,763	0,0861	53,041	0,1493	80,138	0,2503	119,642	0,4074	176,318
369	0,0128	14,760	0,0254	22,669	0,0478	34,811	0,0860	53,127	0,1491	80,288	0,2501	119,892	0,4072	176,725
370	0,0128	14,772	0,0253	22,695	0,0477	34,858	0,0859	53,213	0,1490	80,437	0,2499	120,142	0,4070	177,132
371	0,0128	14,785	0,0253	22,720	0,0476	34,906	0,0858	53,299	0,1489	80,585	0,2498	120,392	0,4069	177,539
372	0,0128	14,798	0,0253	22,745	0,0476	34,954	0,0857	53,385	0,1488	80,734	0,2496	120,641	0,4067	177,946
373	0,0127	14,811	0,0252	22,771	0,0475	35,001	0,0856	53,470	0,1486	80,883	0,2495	120,891	0,4065	178,352
374	0,0127	14,823	0,0252	22,796	0,0474	35,049	0,0855	53,556	0,1485	81,031	0,2493	121,140	0,4064	178,759
375	0,0127	14,836	0,0251	22,821	0,0474	35,096	0,0854	53,641	0,1484	81,180	0,2492	121,389	0,4062	179,165
376	0,0127	14,849	0,0251	22,846	0,0473	35,143	0,0853	53,727	0,1482	81,328	0,2490	121,638	0,4060	179,571
377	0,0126	14,861	0,0251	22,871	0,0472	35,190	0,0853	53,812	0,1481	81,476	0,2488	121,887	0,4059	179,977
378	0,0126	14,874	0,0250	22,896	0,0472	35,238	0,0852	53,897	0,1480	81,624	0,2487	122,136	0,4057	180,383
379	0,0126	14,886	0,0250	22,921	0,0471	35,285	0,0851	53,982	0,1479	81,772	0,2485	122,384	0,4055	180,788
380	0,0126	14,899	0,0249	22,946	0,0470	35,332	0,0850	54,067	0,1477	81,920	0,2484	122,633	0,4054	181,194
381	0,0125	14,911	0,0249	22,971	0,0470	35,379	0,0849	54,152	0,1476	82,067	0,2482	122,881	0,4052	181,599
382	0,0125	14,924	0,0248	22,996	0,0469	35,426	0,0848	54,237	0,1475	82,215	0,2481	123,129	0,4051	182,004
383	0,0125	14,936	0,0248	23,020	0,0469	35,473	0,0847	54,322	0,1474	82,362	0,2479	123,377	0,4049	182,409
384	0,0125	14,949	0,0248	23,045	0,0468	35,519	0,0846	54,406	0,1472	82,509	0,2478	123,625	0,4047	182,813
385	0,0124	14,961	0,0247	23,070	0,0467	35,566	0,0845	54,491	0,1471	82,656	0,2476	123,872	0,4046	183,218
386	0,0124	14,974	0,0247	23,095	0,0467	35,613	0,0844	54,575	0,1470	82,803	0,2475	124,120	0,4044	183,622
387	0,0124	14,986	0,0246	23,119	0,0466	35,659	0,0843	54,659	0,1469	82,950	0,2473	124,367	0,4043	184,027
388	0,0124	14,999	0,0246	23,144	0,0465	35,706	0,0842	54,744	0,1468	83,097	0,2472	124,614	0,4041	184,431
389	0,0123	15,011	0,0246	23,168	0,0465	35,752	0,0842	54,828	0,1466	83,244	0,2470	124,861	0,4039	184,835
390	0,0123	15,023	0,0245	23,193	0,0464	35,799	0,0841	54,912	0,1465	83,390	0,2469	125,108	0,4038	185,239
391	0,0123	15,035	0,0245	23,218	0,0464	35,845	0,0840	54,996	0,1464	83,537	0,2467	125,355	0,4036	185,642
392	0,0123	15,048	0,0245	23,242	0,0463	35,891	0,0839	55,080	0,1463	83,683	0,2466	125,602	0,4035	186,046
393	0,0122	15,060	0,0244	23,266	0,0462	35,938	0,0838	55,164	0,1461	83,829	0,2464	125,848	0,4033	186,449
394	0,0122	15,072	0,0244	23,291	0,0462	35,984	0,0837	55,247	0,1460	83,975	0,2463	126,094	0,4032	186,852
395	0,0122	15,084	0,0243	23,315	0,0461	36,030	0,0836	55,331	0,1459	84,121	0,2461	126,340	0,4030	187,255
396	0,0122	15,097	0,0243	23,339	0,0461	36,076	0,0835	55,414	0,1458	84,267	0,2460	126,586	0,4028	187,658
397	0,0122	15,109	0,0243	23,364	0,0460	36,122	0,0834	55,498	0,1457	84,412	0,2459	126,832	0,4027	188,061
398	0,0121	15,121	0,0242	23,388	0,0459	36,168	0,0834	55,581	0,1456	84,558	0,2457	127,078	0,4025	188,463
399	0,0121	15,133	0,0242	23,412	0,0459	36,214	0,0833	55,665	0,1454	84,703	0,2456	127,324	0,4024	188,866
400	0,0121	15,145	0,0241	23,436	0,0458	36,260	0,0832	55,748	0,1453	84,849	0,2454	127,569	0,4022	189,268
401	0,0121	15,157	0,0241	23,460	0,0458	36,305	0,0831	55,831	0,1452	84,994	0,2453	127,814	0,4021	189,670
402	0,0120	15,169	0,0241	23,484	0,0457	36,351	0,0830	55,914	0,1451	85,139	0,2451	128,059	0,4019	190,072
403	0,0120	15,181	0,0240	23,508	0,0456	36,397	0,0829	55,997	0,1450	85,284	0,2450	128,304	0,4018	190,474
404	0,0120	15,193	0,0240	23,532	0,0456	36,442	0,0828	56,080	0,1449	85,429	0,2448	128,549	0,4016	190,875
405	0,0120	15,205	0,0240	23,556	0,0455	36,488	0,0828	56,162	0,1447	85,574	0,2447	128,794	0,4015	191,277
406	0,0120	15,217	0,0239	23,580	0,0455	36,533	0,0827	56,245	0,1446	85,718	0,2446	129,039	0,4013	191,678
407	0,0119	15,229	0,0239	23,604	0,0454	36,579	0,0826	56,328	0,1445	85,863	0,2444	129,283	0,4012	192,079
408	0,0119	15,241	0,0239	23,628	0,0454	36,624	0,0825	56,410	0,1444	86,007	0,2443	129,527	0,4010	192,480

Curvas de experiência, alterações tecnológicas e vantagens competitivas

n	60%	60% acm	65%	65% acm	70%	70% acm	75%	75% acm	80%	80% acm	85%	85% acm	90%	90% acm
409	0,0119	15,253	0,0238	23,652	0,0453	36,669	0,0824	56,493	0,1443	86,151	0,2441	129,771	0,4009	192,881
410	0,0119	15,265	0,0238	23,676	0,0452	36,715	0,0823	56,575	0,1442	86,296	0,2440	130,015	0,4007	193,282
411	0,0118	15,277	0,0237	23,699	0,0452	36,760	0,0823	56,657	0,1441	86,440	0,2439	130,259	0,4006	193,682
412	0,0118	15,288	0,0237	23,723	0,0451	36,805	0,0822	56,739	0,1439	86,584	0,2437	130,503	0,4004	194,083
413	0,0118	15,300	0,0237	23,747	0,0451	36,850	0,0821	56,821	0,1438	86,727	0,2436	130,747	0,4003	194,483
414	0,0118	15,312	0,0236	23,770	0,0450	36,895	0,0820	56,903	0,1437	86,871	0,2434	130,990	0,4001	194,883
415	0,0118	15,324	0,0236	23,794	0,0450	36,940	0,0819	56,985	0,1436	87,015	0,2433	131,233	0,4000	195,283
416	0,0117	15,336	0,0236	23,818	0,0449	36,985	0,0818	57,067	0,1435	87,158	0,2432	131,476	0,3998	195,683
417	0,0117	15,347	0,0235	23,841	0,0448	37,030	0,0818	57,149	0,1434	87,302	0,2430	131,720	0,3997	196,083
418	0,0117	15,359	0,0235	23,865	0,0448	37,075	0,0817	57,231	0,1433	87,445	0,2429	131,962	0,3996	196,482
419	0,0117	15,371	0,0235	23,888	0,0447	37,119	0,0816	57,312	0,1432	87,588	0,2428	132,205	0,3994	196,882
420	0,0117	15,382	0,0234	23,911	0,0447	37,164	0,0815	57,394	0,1431	87,731	0,2426	132,448	0,3993	197,281
421	0,0116	15,394	0,0234	23,935	0,0446	37,209	0,0814	57,475	0,1429	87,874	0,2425	132,690	0,3991	197,680
422	0,0116	15,406	0,0234	23,958	0,0446	37,253	0,0814	57,557	0,1428	88,017	0,2424	132,933	0,3990	198,079
423	0,0116	15,417	0,0233	23,982	0,0445	37,298	0,0813	57,638	0,1427	88,160	0,2422	133,175	0,3988	198,478
424	0,0116	15,429	0,0233	24,005	0,0445	37,342	0,0812	57,719	0,1426	88,302	0,2421	133,417	0,3987	198,877
425	0,0116	15,440	0,0233	24,028	0,0444	37,387	0,0811	57,800	0,1425	88,445	0,2420	133,659	0,3985	199,275
426	0,0115	15,452	0,0232	24,051	0,0444	37,431	0,0810	57,881	0,1424	88,587	0,2418	133,901	0,3984	199,674
427	0,0115	15,463	0,0232	24,074	0,0443	37,475	0,0810	57,962	0,1423	88,729	0,2417	134,142	0,3983	200,072
428	0,0115	15,475	0,0232	24,098	0,0443	37,519	0,0809	58,043	0,1422	88,872	0,2416	134,384	0,3981	200,470
429	0,0115	15,486	0,0231	24,121	0,0442	37,564	0,0808	58,124	0,1421	89,014	0,2414	134,625	0,3980	200,868
430	0,0115	15,498	0,0231	24,144	0,0441	37,608	0,0807	58,205	0,1420	89,156	0,2413	134,867	0,3978	201,266
431	0,0114	15,509	0,0231	24,167	0,0441	37,652	0,0806	58,285	0,1419	89,298	0,2412	135,108	0,3977	201,663
432	0,0114	15,521	0,0230	24,190	0,0440	37,696	0,0806	58,366	0,1418	89,439	0,2410	135,349	0,3976	202,061
433	0,0114	15,532	0,0230	24,213	0,0440	37,740	0,0805	58,446	0,1417	89,581	0,2409	135,590	0,3974	202,458
434	0,0114	15,543	0,0230	24,236	0,0439	37,784	0,0804	58,527	0,1416	89,723	0,2408	135,831	0,3973	202,856
435	0,0114	15,555	0,0229	24,259	0,0439	37,828	0,0803	58,607	0,1414	89,864	0,2406	136,071	0,3971	203,253
436	0,0113	15,566	0,0229	24,282	0,0438	37,872	0,0803	58,687	0,1413	90,005	0,2405	136,312	0,3970	203,650
437	0,0113	15,578	0,0229	24,304	0,0438	37,915	0,0802	58,767	0,1412	90,147	0,2404	136,552	0,3969	204,047
438	0,0113	15,589	0,0228	24,327	0,0437	37,959	0,0801	58,848	0,1411	90,288	0,2403	136,792	0,3967	204,443
439	0,0113	15,600	0,0228	24,350	0,0437	38,003	0,0800	58,928	0,1410	90,429	0,2401	137,032	0,3966	204,840
440	0,0113	15,611	0,0228	24,373	0,0436	38,046	0,0800	59,008	0,1409	90,570	0,2400	137,272	0,3964	205,236
441	0,0112	15,623	0,0227	24,396	0,0436	38,090	0,0799	59,087	0,1408	90,710	0,2399	137,512	0,3963	205,633
442	0,0112	15,634	0,0227	24,418	0,0435	38,133	0,0798	59,167	0,1407	90,851	0,2397	137,752	0,3962	206,029
443	0,0112	15,645	0,0227	24,441	0,0435	38,177	0,0797	59,247	0,1406	90,992	0,2396	137,992	0,3960	206,425
444	0,0112	15,656	0,0226	24,464	0,0434	38,220	0,0797	59,327	0,1405	91,132	0,2395	138,231	0,3959	206,821
445	0,0112	15,667	0,0226	24,486	0,0434	38,264	0,0796	59,406	0,1404	91,273	0,2394	138,471	0,3958	207,217
446	0,0112	15,679	0,0226	24,509	0,0433	38,307	0,0795	59,486	0,1403	91,413	0,2392	138,710	0,3956	207,612
447	0,0111	15,690	0,0225	24,531	0,0433	38,350	0,0794	59,565	0,1402	91,553	0,2391	138,949	0,3955	208,008
448	0,0111	15,701	0,0225	24,554	0,0432	38,394	0,0794	59,645	0,1401	91,693	0,2390	139,188	0,3954	208,403
449	0,0111	15,712	0,0225	24,576	0,0432	38,437	0,0793	59,724	0,1400	91,833	0,2389	139,427	0,3952	208,798
450	0,0111	15,723	0,0224	24,599	0,0431	38,480	0,0792	59,803	0,1399	91,973	0,2387	139,665	0,3951	209,194
451	0,0111	15,734	0,0224	24,621	0,0431	38,523	0,0791	59,882	0,1398	92,113	0,2386	139,904	0,3950	209,588
452	0,0110	15,745	0,0224	24,643	0,0430	38,566	0,0791	59,961	0,1397	92,253	0,2385	140,143	0,3948	209,983
453	0,0110	15,756	0,0223	24,666	0,0430	38,609	0,0790	60,040	0,1396	92,392	0,2384	140,381	0,3947	210,378
454	0,0110	15,767	0,0223	24,688	0,0429	38,652	0,0789	60,119	0,1395	92,532	0,2382	140,619	0,3946	210,773

Curvas de experiência, alterações tecnológicas e vantagens competitivas

n	60%	60% acm	65%	65% acm	70%	70% acm	75%	75% acm	80%	80% acm	85%	85% acm	90%	90% acm
455	0,0110	15,778	0,0223	24,710	0,0429	38,695	0,0789	60,198	0,1394	92,671	0,2381	140,857	0,3944	211,167
456	0,0110	15,789	0,0223	24,733	0,0428	38,738	0,0788	60,277	0,1393	92,811	0,2380	141,095	0,3943	211,561
457	0,0110	15,800	0,0222	24,755	0,0428	38,780	0,0787	60,356	0,1392	92,950	0,2379	141,333	0,3942	211,955
458	0,0109	15,811	0,0222	24,777	0,0427	38,823	0,0786	60,434	0,1391	93,089	0,2377	141,571	0,3940	212,350
459	0,0109	15,822	0,0222	24,799	0,0427	38,866	0,0786	60,513	0,1390	93,228	0,2376	141,808	0,3939	212,743
460	0,0109	15,833	0,0221	24,821	0,0426	38,908	0,0785	60,591	0,1389	93,367	0,2375	142,046	0,3938	213,137
461	0,0109	15,844	0,0221	24,844	0,0426	38,951	0,0784	60,670	0,1388	93,506	0,2374	142,283	0,3936	213,531
462	0,0109	15,855	0,0221	24,866	0,0425	38,994	0,0784	60,748	0,1387	93,645	0,2373	142,521	0,3935	213,924
463	0,0109	15,865	0,0220	24,888	0,0425	39,036	0,0783	60,826	0,1386	93,783	0,2371	142,758	0,3934	214,318
464	0,0108	15,876	0,0220	24,910	0,0425	39,079	0,0782	60,905	0,1385	93,922	0,2370	142,995	0,3933	214,711
465	0,0108	15,887	0,0220	24,932	0,0424	39,121	0,0781	60,983	0,1384	94,060	0,2369	143,232	0,3931	215,104
466	0,0108	15,898	0,0220	24,954	0,0424	39,163	0,0781	61,061	0,1383	94,199	0,2368	143,469	0,3930	215,497
467	0,0108	15,909	0,0219	24,976	0,0423	39,206	0,0780	61,139	0,1383	94,337	0,2367	143,705	0,3929	215,890
468	0,0108	15,920	0,0219	24,997	0,0423	39,248	0,0779	61,217	0,1382	94,475	0,2365	143,942	0,3927	216,283
469	0,0108	15,930	0,0219	25,019	0,0422	39,290	0,0779	61,295	0,1381	94,613	0,2364	144,178	0,3926	216,675
470	0,0107	15,941	0,0218	25,041	0,0422	39,332	0,0778	61,372	0,1380	94,751	0,2363	144,414	0,3925	217,068
471	0,0107	15,952	0,0218	25,063	0,0421	39,374	0,0777	61,450	0,1379	94,889	0,2362	144,651	0,3924	217,460
472	0,0107	15,962	0,0218	25,085	0,0421	39,416	0,0777	61,528	0,1378	95,027	0,2361	144,887	0,3922	217,853
473	0,0107	15,973	0,0218	25,107	0,0420	39,459	0,0776	61,605	0,1377	95,164	0,2360	145,123	0,3921	218,245
474	0,0107	15,984	0,0217	25,128	0,0420	39,500	0,0775	61,683	0,1376	95,302	0,2358	145,359	0,3920	218,637
475	0,0107	15,994	0,0217	25,150	0,0419	39,542	0,0775	61,760	0,1375	95,439	0,2357	145,594	0,3919	219,028
476	0,0106	16,005	0,0217	25,172	0,0419	39,584	0,0774	61,838	0,1374	95,577	0,2356	145,830	0,3917	219,420
477	0,0106	16,016	0,0216	25,193	0,0419	39,626	0,0773	61,915	0,1373	95,714	0,2355	146,065	0,3916	219,812
478	0,0106	16,026	0,0216	25,215	0,0418	39,668	0,0773	61,992	0,1372	95,851	0,2354	146,301	0,3915	220,203
479	0,0106	16,037	0,0216	25,236	0,0418	39,710	0,0772	62,069	0,1371	95,988	0,2353	146,536	0,3914	220,595
480	0,0106	16,047	0,0216	25,258	0,0417	39,751	0,0771	62,147	0,1370	96,125	0,2351	146,771	0,3912	220,986
481	0,0106	16,058	0,0215	25,280	0,0417	39,793	0,0771	62,224	0,1369	96,262	0,2350	147,006	0,3911	221,377
482	0,0105	16,068	0,0215	25,301	0,0416	39,835	0,0770	62,301	0,1369	96,399	0,2349	147,241	0,3910	221,768
483	0,0105	16,079	0,0215	25,323	0,0416	39,876	0,0769	62,378	0,1368	96,536	0,2348	147,476	0,3909	222,159
484	0,0105	16,090	0,0214	25,344	0,0415	39,918	0,0769	62,454	0,1367	96,673	0,2347	147,711	0,3907	222,550
485	0,0105	16,100	0,0214	25,365	0,0415	39,959	0,0768	62,531	0,1366	96,809	0,2346	147,945	0,3906	222,940
486	0,0105	16,110	0,0214	25,387	0,0415	40,001	0,0767	62,608	0,1365	96,946	0,2345	148,180	0,3905	223,331
487	0,0105	16,121	0,0214	25,408	0,0414	40,042	0,0767	62,685	0,1364	97,082	0,2344	148,414	0,3904	223,721
488	0,0104	16,131	0,0213	25,430	0,0414	40,084	0,0766	62,761	0,1363	97,218	0,2342	148,648	0,3903	224,111
489	0,0104	16,142	0,0213	25,451	0,0413	40,125	0,0765	62,838	0,1362	97,355	0,2341	148,882	0,3901	224,502
490	0,0104	16,152	0,0213	25,472	0,0413	40,166	0,0765	62,914	0,1361	97,491	0,2340	149,116	0,3900	224,892
491	0,0104	16,163	0,0213	25,493	0,0412	40,207	0,0764	62,991	0,1360	97,627	0,2339	149,350	0,3899	225,281
492	0,0104	16,173	0,0212	25,515	0,0412	40,249	0,0763	63,067	0,1360	97,763	0,2338	149,584	0,3898	225,671
493	0,0104	16,183	0,0212	25,536	0,0411	40,290	0,0763	63,143	0,1359	97,899	0,2337	149,818	0,3897	226,061
494	0,0103	16,194	0,0212	25,557	0,0411	40,331	0,0762	63,219	0,1358	98,034	0,2336	150,051	0,3895	226,450
495	0,0103	16,204	0,0212	25,578	0,0411	40,372	0,0761	63,296	0,1357	98,170	0,2335	150,285	0,3894	226,840
496	0,0103	16,214	0,0211	25,599	0,0410	40,413	0,0761	63,372	0,1356	98,306	0,2333	150,518	0,3893	227,229
497	0,0103	16,225	0,0211	25,620	0,0410	40,454	0,0760	63,448	0,1355	98,441	0,2332	150,751	0,3892	227,618
498	0,0103	16,235	0,0211	25,641	0,0409	40,495	0,0760	63,524	0,1354	98,577	0,2331	150,984	0,3891	228,007
499	0,0103	16,245	0,0210	25,662	0,0409	40,536	0,0759	63,600	0,1353	98,712	0,2330	151,218	0,3889	228,396
500	0,0103	16,255	0,0210	25,683	0,0408	40,577	0,0758	63,675	0,1352	98,847	0,2329	151,450	0,3888	228,785

FONTES BIBLIOGRÁFICAS e REFERÊNCIAS ELECTRÓNICAS

Abilla, Pete (2007). 'The learning curve'

<URL:<http://www.shmula.com/the-learning-curve/362/>>

Arrow, Kenneth (1962). "The Implications of Learning by Doing", *Review of Economic Studies*, June 1962.

Allen, Bruce, et al. (2013). *Managerial Economics. Theory, Application, and Cases*. Norton.

Day, S. e Montgomery, David (1982). 'Diagnosing the experience curve'. *Journal of Marketing* 47, 1983

Foster, Tom. 'Learning Curves Tutorial By: Eric Gooden Operations Management 345.'

<URL:<http://www.freequality.org/documents/knowledge/Learning%20Curves.pdf>>

Ghemawat, Pankaj (1985). "Building Strategy on the Experience Curve", *Harvard Business Review*, 63:2, March/April, pp. 143-149.

Heng, Toh Mun (2010). 'Learning curves & productivity in Singapore manufacturing industries'.

Hollander, S. (1965). *The Sources of Increased Efficiency: A Study of DuPont Rayon Plants*. Cambridge: MIT Press.

Juginger, M et Al. (2005). Global experience curves for wind farms. *Energy Policy* 33 (2005), p. 133-150

Kettner, Claudia et al.(2008). 'Technological change and learning curves in the context of the TranSust .Scan modeling network', Austrian Institute of Economic Research, Vienna

<URL:http://angela.koeppel.wifo.ac.at/fileadmin/files/TranSustScan_LearningCurves.pdf>

Landes, David (1999). *A Riqueza e a Pobreza das Nações. Por que são algumas tão ricas e outras tão pobres*, Gradiva, 2002.

Levinthal, Daniel; March, James (1993). 'Myopia of Learning', *Strategic Management Journal*, Vol. 14.

<URL: <http://links.jstor.org/sici?sici=0143-2095%28199324%2914%3C95%3ATMOL%3E2.0.CO%3B2-1>>

Lieberman, Marvin (2010). 'The Learning Curve and Pricing in the Chemical Processing Industries', *RAND Journal of Economics*, Vol. 15, No. 2 (1984), pp. 213-228, Blackwell Publishing on behalf of The Rand Corporation

URL: <http://www.jstor.org/stable/2555676>

Malerba, Franco (1992). 'Learning by firms and incremental technical change', *The Economic Journal*, Vol. 102, No. 413, Jul 1992, 845-859

<URL: <http://www.jstor.org/>>

Martin, James R., "The Learning Curve or Experience Curve", in *Management and Accounting WEB*, sem data.

<URL: <http://maaw.info/LearningCurveSummary.htm>>

Mansfield, Edwin (1999). *Managerial Economics. Theory, Applications and Cases*, W.W Norton & Company

Png, Ivan; Lehman, Dale (2007). *Managerial Economics*, Third Edition, New Blackwell Publishing.

Ritter and Schooler (2002). 'The Learning Curve', Powerlaw of learning for IES&BS, in *International encyclopedia of the social and behavioral sciences*. 8602-8605. Amsterdam: Pergamon.
<URL:<http://ritter.ist.psu.edu/papers/ritterS01.pdf>>

Swink, Morgan (). *Managing Operations Across the Supply Chain*, McGraw-Hill
<URL:<http://pt.scribd.com/doc/199014956/Learning-Curves-Supplement>>

Technical Note Two

<URL:http://www.ateneonline.it/chase2e/studenti/tn/6184-7_tn02.pdf>

Wright, Theodore Paul (1936). 'Learning curve', *Journal of the Aeronautical Sciences*

Wright, Theodore Paul (1936). 'Factors affecting the cost of airplanes', 3(4): 122-128.

Wozniak, Robert H. (1999). "Introduction to Memory. Herman Ebbinghaus (1885/1913), in *Classics in Psychology, 1885-1914: Historical Essays*, Bristol, UK, Thoemmes Press.

<URL:<http://psychclassics.yorku.ca/Ebbinghaus/wozniak.htm>>

Yelle, L.E.(1979). 'The Learning curve: historical review and comprehensive survey,. *Decision Science* 10(2):302-338

OUTRAS REFERÊNCIAS ELECTRÓNICAS

Boston Consulting Group (BCG) -<URL: <http://www.bcg.com/>>

Ebbinghaus, Herman - <URL:http://www.ml-shopping.com/wiki/Hermann_Ebbinghaus.html>

<URL:<http://psy.ed.asu.edu/~classics/Ebbinghaus/index.htm>>