



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina**



**PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO DAS OPERADORAS DO SETOR DE
MONTAGEM DE UMA INDÚSTRIA METALMECÂNICA UTILIZANDO A
TÉCNICA DE CURVA DA APRENDIZAGEM**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**LONDRINA
2019**

**INGRID RODRIGUES NUNES
RODRIGO CARVALHO ARAUJO OHARA**

**PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO DAS OPERADORAS DO SETOR DE
MONTAGEM DE UMA INDÚSTRIA METALMECÂNICA UTILIZANDO A
TÉCNICA DE CURVA DA APRENDIZAGEM**

Projeto de pesquisa apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 2 do curso de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Londrina, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. José Ângelo Ferreira

**LONDRINA
2019**

TERMO DE APROVAÇÃO

PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO DAS OPERADORAS DO SETOR DE MONTAGEM DE UMA INDÚSTRIA METALMECÂNICA UTILIZANDO A TÉCNICA DE CURVA DA APRENDIZAGEM

POR

INGRID RODRIGUES NUNES E RODRIGO CARVALHO ARAUJO OHARA

Esta Monografia foi apresentada às 14 horas do dia 21 de novembro de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores relacionados abaixo. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho: **APROVADO**.

Prof. M.e José Luís Dalto (UTFPR)
Banca Examinadora

Prof. Dr. Rogerio Tondato (UTFPR)
Banca Examinadora

Prof. Dr. José Ângelo Ferreira (UTFPR)
Presidente da Banca Examinadora
Orientador

Dedicamos este trabalho aos nossos pais, avós, irmãos, companheiros, amigos, professores por todo amor, auxílio, paciência incondicional durante a construção e realização deste sonho, sem o auxílio de vocês e a orientação nada disto seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus pelo dom da vida, e ao universo por sempre estar nos surpreendendo e nos proporcionando experiências incríveis e inesquecíveis.

A minha querida avó Iracema (in memoriam), que sempre me incentivou, mostrou o caminho certo e acreditou no meu potencial e ao seu amor incondicional, sei que em algum lugar do universo a senhora deve estar vibrando com a minha conquista!

À minha querida mãe, minha maior fonte de inspiração diária de pessoa, caráter e perseverança, que sempre acreditou nos meus sonhos e nunca desistiu deles, me incentivou e comemorou ao meu lado cada vitória, esta conquista e sua!

Ao meu pai José Carlos e ao meu irmão Kauê que embarcaram neste sonho e não mediram esforços para me auxiliar, obrigada pelo amor, carinho e companheirismo.

As minhas tias Angélica, Maria Rosa, que sempre estiveram presentes, motivando e ajudando nos momentos difíceis.

Aos meus primos, tios avós, muito obrigada!

Ao meu amor Marcelo, que esteve sempre paciente, motivador e companheiro ao longo destes 5 anos de nossa vida à dois.

Ao Rodrigo Ohara, pela honra de dividir esta conquista e redigir este trabalho ao seu lado, obrigada pelo companheirismo, confiança, paciência.

Aos amigos, Ivan, Eduardo, Luana, Juliano, Diego, Bruna, Elisa, Nicolas, Rayanne pelo companheirismo, compressão e carinho ao longo desta jornada.

Ao nosso querido orientador Jose Ângelo, pelo carinho, paciência confiança, de nos orientar e estar presente nesta etapa tão importante, obrigada por ser fonte inspiradora de pessoa, você acreditou no nosso potencial e nos ajudou a ver além, somos gratos por todos os ensinamentos, teóricos, profissionais e pessoais, obrigado por ver além, enxergar que atrás de cada aluno, existe um sonho, você sempre nos mostrou o lado além da universidade, nosso sentimento é de eterna gratidão!

A professora Nazira Harb, por ser essa pessoa iluminada, incrível, motivadora, acolhedora que acredita no potencial dos seus alunos, enxerga as pessoas com o coração, que luta pelos alunos e esta sempre ao lado motivando

e apoiando cada aluno ao longo da árdua caminhada da graduação, eterna gratidão por tudo!

Gratidão ao Nathan Bampi e Nilson Balarin que acreditaram no meu potencial profissional e me deu a oportunidade de dar o primeiro passo na minha vida profissional.

Ao corpo docente da UTFPR-Londrina, em especial aos professores do curso de Engenharia de Produção por ter transmitido todo o conhecimento, em especial aos Professores, José Ângelo, Rogério Tondato, Silvana Tondato, Nazira Harb, Edilson Giffhorn, Marcos Rambauducci, Rosana Travessini, Regina Malassie e Jose Dalto, Thiago Vargas pela empatia com os alunos, a dedicação, carinho e palavra incentivadora e acolhedora, muito obrigada, por serem luz e apoio em uma caminhada longa, árdua e compensadora!

A banca avaliadora, Regina Malassie e José Dalto, gratidão por fazerem parte desta etapa especial.

A UTFPR e em especial aos seus funcionários, desde as “tias” da limpeza, pelas palavras de conforto e incentivo nos dias de prova e nos dias mais difíceis, aos técnicos administrativos em especial a Mirela, pela empatia com os alunos dedicação, palavras incentivadoras e acolhedoras, gratidão!

Se fui capaz de ver mais longe, é porque me apoiei em ombros de “gigantes”

Isaac Newton

RESUMO

A presente pesquisa apresenta uma aplicação por meio do fenômeno da curva de aprendizagem, na qual permite delinear a capacidade de aprendizagem de uma organização, caracterizado com um estudo de caso, esta pesquisa tem como objetivo calcular a projeção da produção das operadoras do setor de montagem de uma empresa metalmeccânica do Paraná através da teoria da Curva de Aprendizagem, comparando o desempenho de duas operadoras veteranas com mais de 5 anos de empresa e 2 operadoras novatas em período de experiência. Após a elaboração de um referencial teórico e a coleta de dados, foi aplicado o modelo exponencial de Curva da Aprendizagem de Wright, pois ele se encaixa a realidade dos processos de fabricação devido sua usabilidade e propensão em capturar o fenômeno da aprendizagem, posteriormente foi plotado os gráficos para analisar visualmente o potencial do aprendizado das operadoras do setor de montagem com o intuito de auxiliar na projeção de produção do setor. Através dos resultados obtidos, chegou-se à conclusão que a capacidade prevista do setor, estabelecida através do método tradicional não leva em consideração o processo de aprendizagem, impactando na defasagem da capacidade necessária para o atendimento da demanda estipulada pelo setor de PPCP da empresa. A curva de aprendizagem torna-se uma ferramenta aliada na programação da produção, proporcionando a correção de distorções no planejamento e controle da produção, resultando ganhos para a organização.

Palavras-chave: Aprendizagem, Produtividade, Programação da Produção.

ABSTRACT

This research presents an application through the learning curve phenomenon, which allows us to delineate the learning capacity of a company, characterized by a study of case. This work aims to evaluate the learning performance from a team of employees in a sector of a metalworking industry in the state of Paraná, comparing the performance of two seniors operators, that work more than 5 years at this company and 2 freshmen operators in their period of experience. After the preparation of a theoretical framework and data collection, Wright's Learning Curve Exponential Model was applied, since it fits the reality of manufacturing processes due to its usability and propensity to capture the learning phenomenon. Subsequently, the graphics were printed to visually analyze the learning potential from the industry's employees as a way to assist in the forecast's industry production. Analyzing the results, the conclusion was that the sector's expected capacity, established throughout the traditional method does not take into consideration the learning process, impacting at the gap required to accomplish the demand required by the company's PPCP sector. The learning curve becomes an allied tool in the production scheduling, providing correction of distortions in production planning and control, resulting in profits for the organization.

Keywords: Learning, Production Scheduling, Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico da Curva da Aprendizagem segundo o modelo de Wright.....	8
Figura 2 - Gráfico de curva de aprendizado de natureza potencial. Uma comparação dos modelos em escala logarítmica.	11
Figura 3 - Perfis gerados pelo modelo hiperbólico de 3 parâmetros.....	14
Figura 4 - Transferência de habilidades após treinamento	16
Figura 5 - Transferência de habilidades após treinamento	16
Figura 6 - Fluxograma do processo.....	18
Figura 7 - Fluxograma de montagem do componente	19
Figura 8 - Planilha de levantamento de tempos	20
Figura 9 - Gráfico da Curva da Aprendizagem das Operadoras	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Curva da Aprendizagem e slope das operadoras estudadas	22
Tabela 2 - Comparativo entre o tempo total para produção do lote sem considerar a Curva de Aprendizagem e o tempo total previsto para produção do lote considerando o efeito da aprendizagem.....	23
Tabela 3 - Comparativo entre o tempo unitário primeira peça fabricada, e o tempo unitário previsto pelo efeito da aprendizagem.....	23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	2
1.1. JUSTIFICATIVA	3
1.2. OBJETIVO.....	4
1.2.1. Objetivo Geral	4
1.2.2. Objetivos Específicos	4
2. REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1. Curva da Aprendizagem.....	5
2.2. Modelos de Curva da Aprendizagem	7
2.2.1. Modelos Potenciais	7
2.2.2. Modelos exponenciais.....	11
2.2.3. Modelos hiperbólicos.....	13
2.3. APRENDIZAGEM.....	14
2.4. PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO	17
3. METODOLOGIA	18
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	18
3.2. Coleta de dados	18
3.3. ANÁLISE DOS DADOS	21
3.4. Limite da Pesquisa	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
6. REFERÊNCIAS	26

1. INTRODUÇÃO

As empresas enfrentam atualmente um cenário de grande concorrência e alto risco para manterem-se abertas. Fatores determinantes da competitividade das empresas são classificados por Wood e Caldas (2007) como internos, estruturais e sistêmicos. Sendo os fatores internos à empresa os que estão sob o âmbito de decisão dos empresários, envolvendo estratégia, gestão, capacitação produtiva, tecnologia e recursos humanos.

Diretamente relacionado com a competência de gestão, os fatores internos são tangíveis ao distinguir-se dos concorrentes, gerando valor através da capacidade dos gestores de administrar de forma eficiente e eficaz todos os recursos.

Uma empresa de sucesso depende de uma equipe de funcionários comprometida, capacitada e envolvida com a organização. Para Kondo (1994) é preciso ter os ideais da empresa alinhados com os desejos dos colaboradores. Compreendendo esse capital humano como peça chave para a empresa, é de suma importância incluir na programação da produção a gestão da capacidade produtiva do funcionário. Entender que a atividade humana possui limitações ou capacidades que mudam de indivíduo para indivíduo conforme a atividade requerida na empresa.

A utilização da Curva da Aprendizagem se encaixa perfeitamente, pois pode auxiliar desde a contratação, conseguindo parametrizar se uma pessoa tem aptidão para realizar a devida tarefa, colaborando com gerenciamento de custos, cálculo de lotes econômicos e estratégias competitivas da organização.

O monitoramento de desempenho de funcionário submetido a tarefas manuais repetitivas torna-se apoio de decisão de um fator interno de competitividade. Através da curva, o processo produtivo pode ser analisado, programado e alterado conforme necessidade da empresa, a fim de diminuir perdas, falhas de planejamento, defeitos ferramentais ou de equipamentos. Espera-se que os funcionários sejam alocados para processos que estejam mais aptos para realizar, que sejam de acordo com o seu perfil e o perfil esperado pela etapa da produção. Habilidades que são verificadas através da curva nos primeiros contatos com a produção, visto que os funcionários além de estarem aptos para realizar as atividades, têm que lidar com os mixes de produção da

indústria, impactando diretamente na mudança contínua dentro de uma empresa (ARGOTE, 1999; DAR-EL, 2000 apud ANZANELLO; FOGLIATTO, 2007).

A fim de apresentar a teoria de curva de aprendizagem como ferramenta para estimar a capacidade produtiva em um setor de montagem, a presente pesquisa propõe calcular a projeção da produção das operadoras do setor de montagem de uma empresa metalmeccânica do Paraná através da teoria da Curva de Aprendizagem.

1.1. JUSTIFICATIVA

A Curva da Aprendizagem vem sendo utilizada crescentemente para gestão e monitoramento de desempenho de trabalhadores. Setores diversos como indústria, saúde, energia, tecnologias de informação e educação utilizam essa ferramenta como instrumento de programação da produção (GROSSE; GLOCK; MULLER, 2015).

Com finalidades diferentes como determinação de quantidade de trabalhadores para determinado setor ou mesmo planejamento para redução de custos, pois menores são os custos quando o nível de aprendizagem é maior, a Curva da Aprendizagem tem enfoque na capacidade de realização de tarefas individuais dos operadores e deve ser considerada como fator de contribuição para planejamento da produção. (PEINADO; GRAEML, 2007).

Com a aplicação da Curva da Aprendizagem de uma empresa metalmeccânica, espera-se contribuir para o entendimento da capacidade produtiva do funcionário, a fim de contribuir para melhor distribuição ou planejamento da produção.

1.2. OBJETIVO

1.2.1. Objetivo Geral

Levantar a performance de operadoras de uma empresa metalomecânica do Paraná através da aplicação da Curva da Aprendizagem e sua utilização no planejamento e controle da produção.

1.2.2. Objetivos Específicos

- 1) Levantar dados de produção de um setor de montagem em uma empresa metalmeccânica;
- 2) Compilar os dados e analisar a curva de aprendizado dos operadores do setor pesquisado;
- 3) Avaliar a aplicação da Curva da Aprendizagem como ferramenta para o levantamento da capacidade de produção.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Curva da Aprendizagem

No cenário atual os processos produtivos contam com ferramentas de auxílio nas áreas de gestão de pessoas, qualidade e processo. Segundo Ishikawa (1993), a Curva da Aprendizagem está auxiliando as organizações cada vez mais na área de gerenciamento, visto que só é possível gerenciar algo no qual se pode ser medido.

A Curva da Aprendizagem, pode ser utilizada como indicadores, ajudando na gestão das organizações, segundo (BONNEY, 1996; MORRISON 2008 apud ANZANELLO;FOGLIATTO, 2007) a curva foi utilizada para obter dados da indústria bélica americana, gerando indicadores de custos de produção, Wright (1936), observou que ocorria um decréscimo de custos produtivos em uma planta de montagem de aviões na Primeira Guerra Mundial e por meio disto identificou uma correlação entre o tempo de produção e a quantidade produzida de aviões, e percebeu que ela se comportava de uma maneira que a taxa era constante, ela representava a quantidade de aeronaves produzidas e a mesma absorvia até 20% da redução dos custos produtivos, no intervalo de duas unidades produzidas, deste modo Wright nomeou este principio de “curva de 80%”, e sugeriu que este evento é decorrente de alguns fatores, como a aptidão do trabalhador resultante do crescimento da reincidência das tarefas, baixa taxa de setups ao longo do intervalo de trabalho e um limitado índice de erros de acordo com o aprendizado (GROSSE; GLOCK; MULLER, 2015).

Segundo (CONLEY, 1970), o custo de fabricação tende a acompanhar a curva de experiência do individuo, assim como o controle de custos que impacta nos preços e lucros; a curva de experiência pode otimizar o processo, reduzindo estoques, melhorando o processo, reduzir fluxos e melhorar os projetos de trabalho.

Com o correto adequamento de postos de trabalho, a experiência e a aptidão do funcionário para desempenhar a função, impacta diretamente no que se diz a respeito de custos industriais, pois com a experiência, aptidão no desempenho da função, reduz “perda” de tempo na produção e realiza a tarefa com mais agilidade e sem desperdícios. Quando utilizados modelos matemáticos como de Wright e Stanford, torna-se possível, uma maior redução de custos, pois obteve-se um norteamento de tomadas de decisões mais precisos, otimizando tempo e custos (GROSSE, GLOCK E MÜLLER, 2015).

Uma estruturação para execução de tarefas no setor produtivo, necessita estar alinhado a um pacote de regras que seguem o objetivo da empresa, como redução de tempo de entrega, prioridade de atendimento de pedidos, reduzir tempo de produção, agregar recursos e diminuir estoques em processos. (LOPES, 2008)

Para realizar uma atividade ou tarefa sendo ela de nível simples ou mais complexo é imprescindível que o executor tenha um tempo hábil para associa-la e aprendê-la para que execute de maneira prática, ágil e com qualidade. Com isto é fundamental que conheça os requisitos e complexidades que a atividade requer. O fator do interesse de aprender de maneira correta do executor é de extrema necessidade, pois através dele que ocorrerá a aprendizagem. A investigação da aprendizagem, resultando na investigação particular do individuo, denominada de Curva da Aprendizagem. (PEINADO; GRAEML, 2007).

No âmbito da Engenharia, tem-se intensificado os estudos de sistemáticas a fim de explicar e aprimorar produção e reconhecimento dos movimentos sobre tarefas repetitivas (ANDERSON, 1982). Da mesma forma, os fatores que influenciam o progresso dos trabalhadores são considerados e descrito pela sua capacidade de interferência nos resultados das tarefas (PANANISWAML; BISHOP, 1991). Fatores como política de treinamento, citado por Terwiesch e Bohn (2001), motivação do trabalhador para a realização das tarefas, (KANFER, 1990), bagagem de experiência e complexidade, citados por Nembhard e Osothsilp (2002), ou mesmo agilidade e fixação de um movimento em períodos que o trabalhado interrompe sua execução, (GORDON E LIU, 1998). Para Anzanello e Fogliatto (2007) tais estudos os diferentes fatores são conduzidos a modelos matemáticos recomendados para cada finalidade.

Segundo Leite (2002) o conceito da Curva da Aprendizagem foi introduzido por Wright em 1936 em uma publicação de um artigo no Diário da Ciência Aeronáutica nos Estados Unidos. Wright iniciou suas observações em 1922 demandando a comparação entre custo e produção, através da coleta e análise dos dados, construiu a primeira curva de aprendizado baseada somente no empirismo do autor. A publicação descrevia a teoria básica para obtenção de um cálculo de custo fundamentado na produção periódica da montagem de aviões. Surgiu a partir desse estudo, diversas aplicações da teoria relacionada a tarefas repetitivas aliadas à produção de produtos.

Ishikawa (1993) menciona que em seu início a curva apenas demonstrava a variação no tempo de trabalho, logo foi adaptada para fins estimativos e o modelo se

provou correto a medida em que mais dados foram coletados. Em meados de 1936, o departamento de comércio aéreo dos Estados Unidos lançou um programa, onde desejava o desenvolvimento de um avião de pequeno porte, contendo dois assentos. Esperava-se que este produto pudesse ser comercializado a setecentos dólares levando em consideração uma quantidade de dez mil aviões produzidos. Foi neste momento em que se despertou um grande interesse pela Curva da Aprendizagem.

2.2 Modelos de Curva da Aprendizagem

Os estudos das atividades manuais operárias e repetitivas através de utilizações da curva de aprendizado originou distintos modelos na literatura. Cada modelo possui um cenário de análise, procedentes de funções complexas, cada um possibilita observações de maneiras e setores distintos, com destaque aos modelos potenciais, exponenciais e hiperbólicos (ANZANELLO; FOGLIATTO, 2007).

2.2.1 Modelos Potenciais

Conhecido como “modelo potencial”, devido ao seu pioneirismo, o modelo de Wright faz com que outros modelos dessa natureza, baseados em curva matemáticas, tenham nomeações próprias. A curva de Wright é representada pela equação 1 abaixo:

$$y = C_1 x^b \quad (1)$$

sendo y o tempo médio por unidade demandado para produzir uma quantidade x de produtos e C_1 o tempo demandando da primeira unidade produzida. A variável b representa a declividade da curva de aprendizado e é originada por meio da manipulação matemática da taxa de aprendizado do trabalhador, em porcentagem, com valor compreendido entre o intervalo -1 a 0. Os valores do parâmetro b próximos da unidade negativa denotam um alto percentual de aprendizado e rápida capacidade de assimilação dos padrões da atividade (TEPLITZ, 1991; BADIRU, 1992; ARGOTE, 1999; DAR-EL, 2000; apud ANZANELLO; FOGLIATTO, 2007).

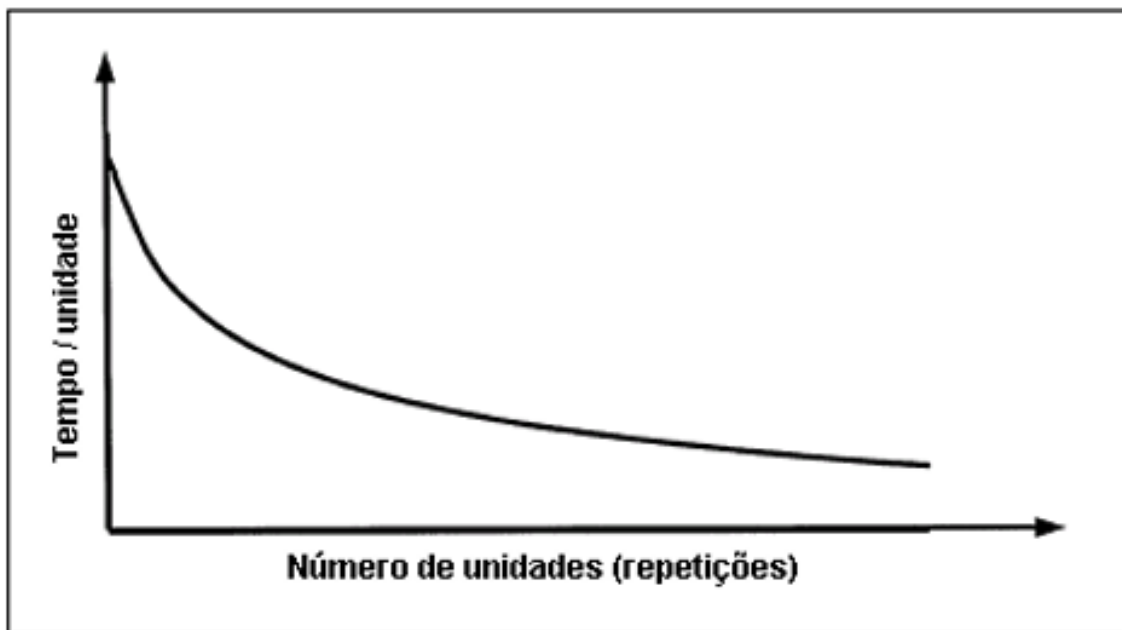


Figura 1 - Gráfico da Curva da Aprendizagem segundo o modelo de Wright
 Fonte: JABER; BONNEY, 2001 apud Anzanello, 2004

A realização de cálculos com exponenciais pode ser simplificada, segundo Cruz (2014), transformando a equação 2 em função linear e resolver utilizando logaritmos.

$$\log Y = \log A - \beta \log X \quad (2)$$

De forma a simplificar a curva de aprendizado, Wright apresentou gráficos com escalas logarítmica onde as curvas são representadas por retas e previsões de valores podem ser indicados de modo direto no gráfico.

Através de seus estudos, Wright evidenciou “que a cada vez que o número de repetições é dobrado, ocorre um declínio do percentual constante no tempo de execução da tarefa” (PEINADO&GRAEML, 2007, p.124), então conclui-se que a caracterização da Curva da Aprendizagem pode ser caracterizada por meio da equação 3 descrita abaixo:

$$A = \frac{\frac{T_2}{T_1} + \frac{T_4}{T_2} + \frac{T_6}{T_3} + \dots + \frac{T_n}{T_{n/2}}}{x} \quad (3)$$

T_n representa o tempo necessário para fazer a n ésima unidade, T_1 representa o tempo para fazer a primeira unidade, x representa o número de proporções realizadas.

Para obter o tempo total de fabricação de x unidades, utilizando o modelo ajustado de Wright (ANZANELLO&FOGLIATTO, 2007), utiliza-se a equação 4 :

$$T_n = T_1 \rightarrow n = T_1 n^{(b+1)} \quad (4)$$

Devido a flexibilidade, cada vez mais o modelo potencial é utilizado em planejamento e estratégia de produção (KORTGE, 1993), aferição de tempo para finalização de estipulada atividade (TEPLITZ, 1991), inspeção de efeitos em paradas no processo (JABER; BONNEY 1996) e observação dos impactos das modificações em critérios de um processo no decorrer da execução (TOWILL, 1985).

Dentro do modelo potencial, a programação de produção pode ser favorecida por esse tipo de curva. Kopcsó e Nemitz (1983) aferiram a relação entre custos consequentes da não consideração do aprendizado do operário na decisão do ideal tamanho de lote de produção.

Segundo Globerson, Levin e Shtub (1989) o modelo de Wright tem como exemplo de limitação o fato de não considerar a experiência de trabalho prévia do operário, visto que esse fator pode determinar uma produtividade superior de um trabalhador em relação a outro.

Conseqüentemente, modelos de curvas de aprendizado passaram a ser desenvolvidos como ampliação do modelo potencial de Wright, tendo em vista cenários particulares. Um dos modelos aprofundados decorrente do potencial de Wright é o modelo de Stanford-B representado através da equação 5 abaixo:

$$y = C_1(x + B)^b \quad (5)$$

elaborado com finalidade de incorporar ao modelo potencial a prévia experiência do trabalhador. O parâmetro B representa a experiência quantificada prévia do operador, trazendo o desempenho do trabalhador analisado para níveis mais elevados, com inclusão de unidades fabricadas correspondentes à experiência prévia (TEPLITZ, 1991; BADIRU, 1992; NEMBHAARD; UZUMERI, 2000; apud ANZANELLO; FOGLIATTO, 2007).

Outro modelo, derivado de Wright, representado na equação 6, incorpora a proporção do período absoluto de operação composto por processos automatizados, nomeado de DeJong:

$$y = C_1[M + (1 - M)x^b] \quad (6)$$

o qual analisa a interferência da participação de maquinário no processo de aprendizado. O fator de incompressibilidade M ($0 \leq M \leq 1$) significa a proporção do período total de operação constituído pela máquina. Ao assumir o valor zero, o parametro M representa nenhuma participação de maquinário no processo. Em casos de $M = 1$, o procedimento é inteiramente controlado por máquinas, não sendo possível determinar processo de aprendizagem (BADIRU, 1992; apud ANZANELLO; FOGLIATTO, 2007).

Para operações com necessidade de influência de máquina e de análise da performance nas unidades iniciais a curva S foi desenvolvida por meio da junção dos modelos DeJong e Stanford-B descrita por meio da equação 7.

$$y = C_1[M + (1 - M)(x + B)^b] \quad (7)$$

sendo que os parâmetros envolvidos admitem os mesmos significados dos modelos em que se baseiam (BADIRU, 1992; NEMBHARD; UZUMERI, 2000; apud ANZANELLO; FOGLIATTO, 2007).

Em outro modelo, descrito por meio da equação 8, ao analisar duas situações hipotéticas que podem estar relacionadas com o processo de levantamento da curva de aprendizado, a situação de o processo de aprendizado estar próximo a finalização ou a situação de existência de limitação instituída através do maquinário ao desenvolvimento do operário na execução da atividade, surge o modelo de Plateau:

$$y = C + C_1x^b \quad (8)$$

originado do modelo de Wright com acréscimo da constante aditiva C , tendendo y a C em momentos que o volume de produção for alto (YELLE, 1979; TEPLITZ, 1991; LI; RAJAGOPALAN, 1998; apud ANZANELLO; FOGLIATTO, 2007).

A figura 2 possibilita comparar os resultados gerados pelo modelo de Wright e modelos derivados deste, com unidade de desempenho medida em forma de tempo demandado por unidade produzida.

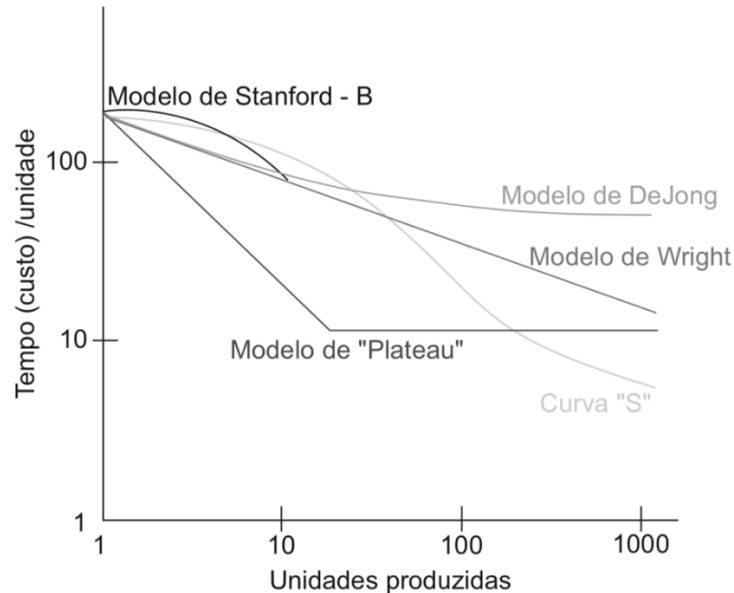


Figura 2 - Gráfico de curva de aprendizado de natureza potencial. Uma comparação dos modelos em escala logarítmica.

Fonte: ANZANELLO; FOGLIATTO, 2007

2.2.2. Modelos exponenciais

Os modelos de curvas exponenciais são constituídos de parâmetros diferentes dos modelos de natureza potencial. Em modelos exponenciais é possível extrair quantidades maiores de informação sobre o processo de aprendizagem do operário. Esses modelos geram previsões mais precisas da produção quando comparados aos modelos potenciais (NEMBHARD; UZUMERI, 2000).

O modelo exponencial de três parâmetros, exponencial de dois parâmetros e o de tempo constante são três os modelos exponenciais que merecem destaque, de acordo com Anzanello e Fogliatto (2007) entre os demais modelos exponenciais conhecidos.

O modelo exponencial de três parâmetros é apresentado por Anzanello e Fogliatto (2007) descrito na equação 9 da seguinte forma:

$$y = k (1 - e^{-(x+p)/r}) \quad (9)$$

Sendo y o desempenho do operário no desempenho de determinada

atividade, expressado em unidades produzidas após x unidades de tempo de operação ($y \geq 0$), x significa o tempo de operação na atividade, expresso em unidade de tempo ($x \geq 0$), k é expresso em unidades produzidas por tempo de operação ($k \geq 0$) é a condição de desempenho máximo do operário, ou seja, a aquisição de conhecimento é integral, p é variável e representa a experiência anterior do trabalhador no desempenho da atividade, expresso em unidades de tempo ($p \geq 0$), e r representa a taxa de aprendizado do operário, expressa em unidades de tempo ($r \geq 0$).

Mazur e Hastie (1978) apontam em estudos que a equação do modelo exponencial de três parâmetros apresenta modelagens deficientes quando o operador é submetido a atividades complexas e que requerem novos conhecimentos em grande quantidade. Contudo, resulta em boas situações caso o trabalhador apresente experiência prévia.

Segundo Mazur e Hastie (1978) o modelo exponencial de dois parâmetros se diferencia do modelo anterior por não incorporar o parâmetro p , responsável pela experiência prévia do operário, inclusive este modelo resulta em aderências menos eficientes quando comparado ao de três parâmetros. O modelo exponencial de dois parâmetros representado através da equação 10:

$$y = k (1 - e^{-x/r}) \quad (10)$$

possuindo os parâmetros envolvidos y, k, x e r os mesmos significados do modelo de três parâmetros.

O terceiro modelo exponencial destacado por Anzanello e Fogliatto (2007) é o modelo de tempo constante, desenvolvido por Towill (1990) o modelo apresenta uma estrutura análoga aos modelos de Mazur e Hastie (1978) descrito por meio da equação 11:

$$y = y_c + y_f (1 - e^{-t/\tau}) \quad (11)$$

sendo y_c o parâmetro de desempenho inicial do operador em unidades por tempo e y_f o aperfeiçoamento máximo de desempenho no momento que o trabalhador alcançar o estado jacente de aprendizagem, critério também expresso em unidades por tempo.

O indicador t de tempo acumulado de operação é aplicado como variável independente, remetendo ao número de unidades produzidas (x) adotado também por outros modelos de curvas de aprendizado. A determinação simples do tempo buscado para a obtenção do patamar de desempenho só é possível devido a esta adaptação (CRUZ, 2014). Para Towill (1990), o modelo exponencial de tempo constante é conivente apenas em modelagem de processos no qual a coleta de dados de desempenho inicia-se depois de um curto período de adaptação do operador à tarefa.

2.2.3. Modelos hiperbólicos

A razão das unidades avaliadas como conformes pela quantidade total de unidades produzidas resume a diferenciação na proposta de Curva da Aprendizagem de Mazur e Hastie (1978), com uma forma matemática constituída de uma curva hiperbólica de dois parâmetros representado por meio da equação 12:

$$y = k \left(\frac{x}{x+r} \right) \quad (12)$$

sendo possível associar a variável x à quantidade de unidades avaliadas como conformes, r ao número de unidades não conformes e y à proporção de unidades consideradas corretas.

Em casos de modelagem do desempenho do operário, os parâmetros da equação da curva hiperbólica apresenta semelhante acepção ao modelo exponencial de dois parâmetros, onde a variváel y de resposta significa a quantidade de unidades produzidas em um intervalo de operação x , o patamar máximo de desempenho k a ser atingido e indicado por r a taxa de aprendizado (NEMBHARD; UZUMERI, 2000; apud ANZANELLO; FOGLIATTO, 2007).

Com a finalidade de buscar verificar o efeito da experiência prévia do operário no desempenho atividade, Mazur e Hastie (1978) adicionaram o parâmetro p , criando um modelo hiperbólico com três critérios descritos na equação 13:

$$y = k \left(\frac{x+p}{x+p+r} \right) \quad (13)$$

onde os parâmetros adotam significado idêntico aos do modelo exponencial de três

parâmetros sendo y o desempenho do operário, x o tempo de operação na atividade, k a condição de desempenho máximo do operário, p a experiência anterior do trabalhador na execução da tarefa e r a taxa de aprendizado do operário.

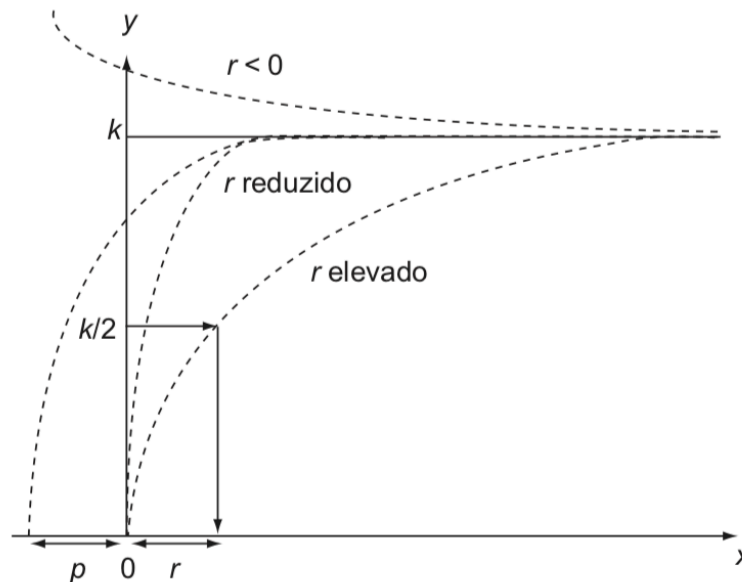


Figura 3 - Perfis gerados pelo modelo hiperbólico de 3 parâmetros

Fonte: ANZANELLO; FOGLIATTO, 2007

Como ilustrado na figura 3, o parâmetro r , de acordo com Uzumeri e Nembhard (1998), apresenta três padrões distintos de aprendizagem. Quando $r > 0$ a curva cresce até certo valor limite de desempenho k , indicando situações características de operadores com reduzida experiência prévia sendo submetidos a novas operações. Quando $r = 0$ a curva apresenta um comportamento como linha horizontal, indicando situação de não aprendizado no processo. Por fim, quando $r < 0$ apresenta circunstâncias onde o desempenho é representado por uma curva decrescente, o que reflete uma diminuição do desempenho, que pode ter sido provocado por fadiga ou esquecimento da tarefa.

2.3. APRENDIZAGEM

Para Pavão (2008), o comportamento de um indivíduo sofre alterações decorrente às experiências nas quais ele teve anteriormente, deixando evidente que este organismo tem potencial elevado de aprendizado, pois adquire informações, e é

capaz de memorizar, este processo ocorre pois ele é passível de reter estas informações, na ótica fisiológica, o processo de aprendizagem e memória são decorrentes de transformações circuitaria neural resultantes das interações do individuo com o ambiente.

O processo de aprendizado tem ganhado destaque dentro das organizações, nas quais estão voltando à atenção para algo que se torna indispensável na agilidade e necessidade de adquirir conhecimento nos diversos níveis da organização, Anzanello (2004), refere-se à aprendizagem organizacional como a necessidade de ter o domínio das etapas do processo produtivo focado em trabalhadores específicos, passando a nortear toda força de trabalho.

Nembhard e Uzumeri, 2000b apud Anzanello, (2004), referem-se ao processo de aprendizado nas organizações como algo indispensável para o sucesso das etapas do processo produtivo, resultando em uma programação de produção mais assertiva, tendo como contrapartida o aperfeiçoamento do tempo e de treinamento dos colaboradores, tornando-se indispensável que haja treinamento e especialização para os colaboradores, segundo a teoria de (Rockham, 1979 apud e Caullirax e Souza, 2002 p. 3) “o período entre o recebimento do programa de treinamento e a retomada do domínio daquela nova situação de trabalho leva em média de 3 a 6 meses.”

De acordo com Caullirax e Souza (2002 p. 3)

Se o uso dessas novas habilidades for diário, o tempo de adaptação diminuirá e os resultados poderão ser percebidos. Existem três pontos ou condições básicas para um estágio ideal de aprendizagem que leve a resultados positivos para a organização, são eles as condições para a aprendizagem ou clima propício, aceitando-se, inclusive, os erros iniciais, ausência de punições de qualquer espécie, o reforço da chefia imediata diante da nova situação e o reforço da organização influenciando nos resultados da aprendizagem. A organização precisa estar atenta para que vícios antigos não prejudiquem a nova situação necessária para os objetivos estratégicos daquela organização.

Partindo das afirmações do autores, fica evidente que é indispensavel o proceso de treinamento dentro das organizações, por meio das figuras 4 e 5 de Caullirax e Souza (2002), evidenciam por meio de ilustração o que ocorre após um novo treinamento.

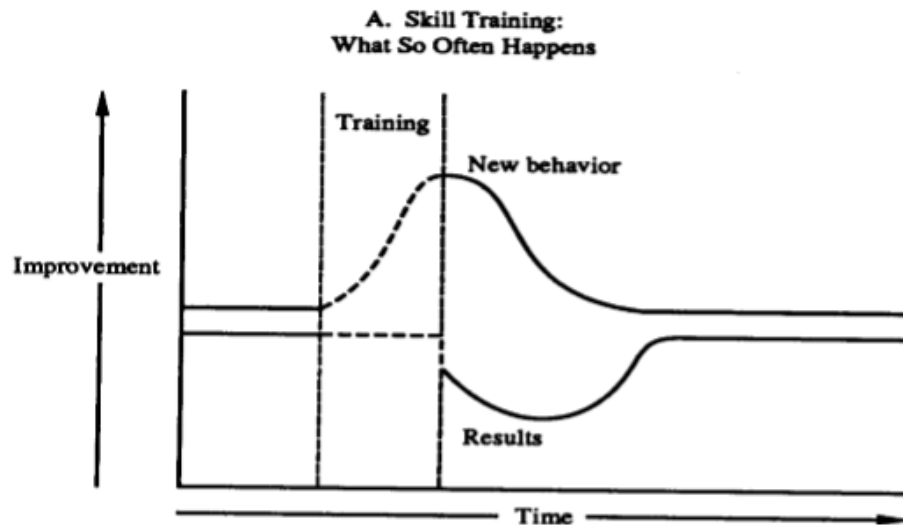


Figura 4 - Transferência de habilidades após treinamento – O que acontece
 Fonte: Robison, Dana & James (1999 (apud Caullirax e Souza e, 2002 p. 4)

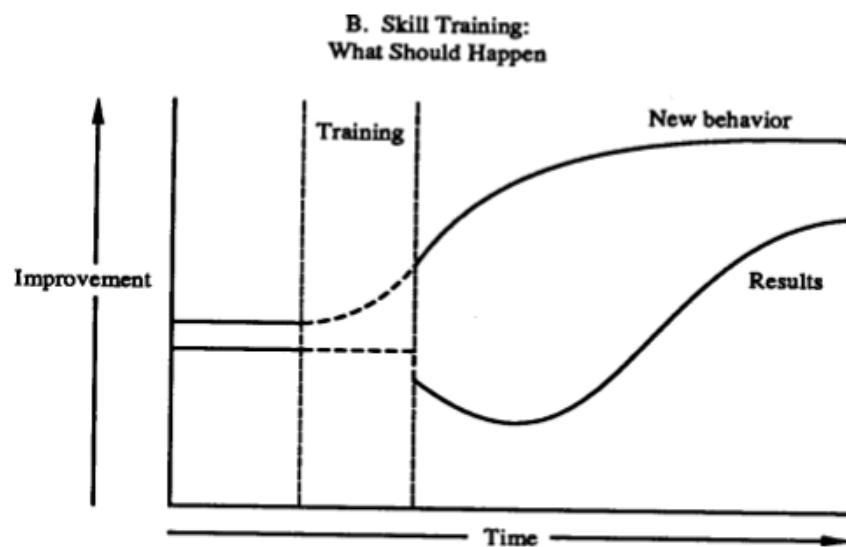


Figura 5 - Transferência de habilidades após treinamento – O que deveria acontecer
 Fonte: Robison, Dana & James (1999 (apud Caullirax e Souza, 2002 p. 4)

Através das figuras acima, é perceptível que a curva tende a cair após o processo de treinamento, os gestores necessitam motivar os colaboradores para que os mesmos persistam no que foi ensinado e aprendido por eles, e por fim, faz-se necessário até tentar-se ao declínio da performance segundo o tempo requerido de retorno de treinamento de 3 a 6 meses.

2.4. PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO

De acordo com Peinado e Graeml (2007), o planejamento e controle de produção têm como objetivo programar a produção de modo que maximize a utilização da capacidade da organização, Moreira (1998) define o planejamento e o controle da produção como sendo a “capacidade e a quantidade máxima de produtos e serviços, nos quais podem ser produzidos em uma unidade produtiva em um dado intervalo de tempo”.

Burzynki e Zaccarelli (1961) referem-se à programação de produção, como um dos elementos essenciais para um planejamento, por intermédio da programação, consegue-se classificar prioridades nas quais fazem parte do seu plano de produção, por consequência consegue atribuir tarefas em ordem cronológica das operações de preparo e execução e quando essas tarefas devem ser efetuadas.

Para Lima (1999), o planejamento é a junção da programação e o controle, afirmando que o sistema de planejamento não é uma tarefa de prognosticar o futuro, mas sim de apurar informações e assessorar nas tomadas de decisões. Tubino (2007), refere-se a programação da produção como forma de conduzir o planejado e o executado, parametrizando os desvios, mensurando e fornecendo mecanismos para que os responsáveis pelas ações possam agir, e assim compreender as razões nas quais influenciam no processo de aprendizagem e através disto permitir aos gestores da produção aumentem o desempenho da corporação em áreas distintas (ARGOTE E APPLE, 1990; TARNANDIS, 2006 APUD STROIEKE, 2012 p. 24).

Stroike (2012), conclui que de modo genérico, que gestores não utilizam os dados obtidos por meio da curva de aprendizado no processo de planejamento de produção, pois estas informações podem indicar variabilidade quando são analisados individualmente e por fim conclui:

A maioria das pesquisas envolvendo curvas de aprendizado tem por objetivo primário ou secundário aumentar a qualidade da produção através da otimização do desempenho dos processos, da utilização de recurso e de custos de processamento, entre outros. (STROIEKE, 2012. p. 18).

3. METODOLOGIA

3.1. Classificação da pesquisa

De acordo com Gil (1999), este trabalho é classificado como pesquisa aplicada, pois apresenta geração de conhecimento para uma aplicação prática, orientada à solução de problemas característicos para a área deste estudo.

Segundo Richardson (1989), nesta pesquisa foi abordado o método quantitativo, que se caracteriza pela quantificação na coleta de informações e pelo tratamento dessas. Método esse que possui intenção de assegurar precisão dos trabalhos realizados, procurando resultados com poucas oportunidades de distorções.

Em relação aos objetivos da metodologia desta pesquisa, caracteriza-se como exploratória, visto que possibilita maior contato com o problema, permitindo a construção de hipóteses para sua solução. Precedida de uma pesquisa bibliográfica a partir de material já publicado sobre o tema proposto, a pesquisa exploratória visa, de acordo com Gil (1999), proporcionar familiaridade com o problema e confere construção de hipóteses de forma que permita maior detalhamento.

3.2 Coleta de dados

O presente estudo foi conduzido em um setor de montagem de componentes, que reflete a etapa 1 do processo produtivo em uma indústria metalmeccânica, como ilustrado no fluxograma da figura 4.



Figura 6 - Fluxograma do processo
Fonte: Os Autores

A etapa 1 do processo possui cinco procedimentos que são realizados pelas operadoras na montagem de um componente. A figura 5 a seguir representa os passos do procedimento realizado pelas operadoras na montagem do componente.

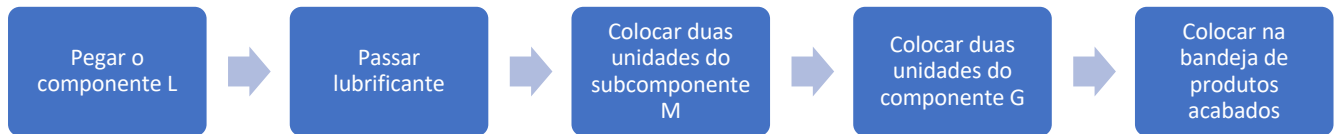


Figura 7 - Fluxograma de montagem do componente
Fonte: Os Autores

Ainda que possua outros setores dentro da empresa, onde as tarefas são manuais e repetitivas, a escolha do setor de montagem de componente se deu devido à maior demanda de produção pois este componente serve para fabricação de outros produtos de linhas diferentes.

Após identificação do setor no qual seria aplicado o estudo, foram selecionadas 4 operadoras, sendo 2 veteranas e 2 novatas em período de experiência na faixa de 1 a 20 dias, criou-se então uma célula de operação mesclada onde uma veterana ficava ao lado de uma novata. A escolha das operadoras foi feita com o intuito de obter dados diferentes de aprendizagem entre operadoras veteranas e operadoras novatas, visto que as operadoras veteranas têm mais de 5 anos de empresa, enquanto as novatas são recém contratadas em fase de experiência.

Os dados foram coletados entre os dias 06/05/2019 e 30/08/2019 no turno comercial das 7h às 17h com 1h12 de intervalo de almoço. Foi realizada uma conversa inicial com as operadoras e levantadas as possíveis causas de paradas, assim elaborou-se uma planilha e posteriormente realizada uma reunião para instrução do preenchimento desta. A figura 6 ilustra a planilha entregue para as operadoras e seus respectivos campos a serem preenchidos.

				Data:		Operador:		
Máquina:				Modelo:		Área:		
Horário	Modelo	TIPO		Paradas			QUANTIDADE	Obs. Gerais
				n°	Início	Fim		
07:00 - 08:00		E	I	B	1	:	:	
		E	I	B	2	:	:	
08:00 - 09:00		E	I	B	3	:	:	
		E	I	B	4	:	:	
09:00 - 10:00		E	I	B	5	:	:	
		E	I	B	6	:	:	
10:00 - 11:00		E	I	B	7	:	:	
		E	I	B	8	:	:	
11:00 - 12:00		E	I	B	9	:	:	
		E	I	B	10	:	:	
12:00 - 12:30		E	I	B	11	:	:	
		E	I	B	12	:	:	
13:50 - 14:00		E	I	B	13	:	:	
		E	I	B	14	:	:	
14:00 - 15:00		E	I	B	15	:	:	
		E	I	B	16	:	:	
15:00 - 16:00		E	I	B	17	:	:	
		E	I	B	18	:	:	
16:00 - 16:45		E	I	B	19	:	:	
		E	I	B	20	:	:	
Legenda Motivos:		1- Falta de Material 2- Mudança de Produto 3- Banheiro 4- Abastecimento 5- Manutenção 6- Quebra de Ferramenta 7- Reunião 8- Teste de Produção 9- Outros 10- Almoço						

Figura 8 - Planilha de levantamento de tempos

Fonte: Os Autores

O campo “horário”, separado de hora em hora, indicava a hora correspondente a um período do turno. No campo “modelo”, era preenchido o modelo no qual ela estava produzindo naquele momento, caso ocorresse uma mudança de modelo dentro daquela hora, a operadora deveria informar nos campos indicado. O campo “tipo” refere-se ao tipo de produto, visto que elas produziam diferentes tipos de componentes. Ocorrendo alguma parada, a mesma deveria ser registrada no campo “paradas” com o horário de início e término da parada, bem como o motivo, que poderia ser falta de material, mudança de produto, ida ao banheiro, abastecimento, manutenção, quebra de ferramenta, reunião, teste de produção, almoço ou outros. No campo “quantidade” deveria ser colocada à quantidade de peças produzidas naquela hora trabalhada.

As quantidades de peças produzidas foram coletadas ao longo dos turnos de 5 horas e 48 minutos, as duplas revezavam a cada 3 horas para realizar a etapa 1, montagem de componente, enquanto a outra dupla realizava a etapa 3, montagem final do produto. No dia inicial da coleta foi entregue caneta para cada operadora e instruído como deveria ser preenchido a planilha. A partir do segundo dia, diariamente era entregue uma planilha para cada operadora e a mesma ficava responsável pelo seu preenchimento,

ao final do turno a planilha era recolhida. Para conferência e monitoramento, nos primeiros dias de coleta, um dos pesquisadores conferia *in-loco* se os dados estavam sendo registrado de maneira correta e tirava-se dúvidas das operadoras quanto ao preenchimento.

3.3. Análise dos Dados

Os dados foram coletados e planilhados diariamente criando uma planilha mestra, após a finalização da coleta de dados, iniciou-se os cálculos através da tomada de tempo pela técnica da cronoanálise, pelo período de quarenta dias, analisando uma jornada de 3 horas do componente estudado, registrado em planilha já demonstrada, constando o nome da operadora, com devidas quantidades de peças fabricadas e modelo. Foi aplicado o modelo exponencial de Curva da Aprendizagem de Wright, utilizando-se as equações 1 e 3, pois se encaixa a realidade dos processos de fabricação devido sua usabilidade e propensão em capturar o fenômeno da aprendizagem, em seguida foi plotado os gráficos para analisar visualmente o potencial do aprendizado das operadoras do setor de montagem com o intuito de auxiliar na projeção de produção do setor. Analisou-se o comportamento de aprendizagem das operadoras através da obtenção da Curva da Aprendizagem pelo cálculo da taxa e do slope, inclinação a qual quanto mais acentuada indica que o aprendizado inicial se traduz em maiores economias de custos, e os aprendizados subsequentes resultam em economias de custos cada vez mais lentas e difíceis.

3.4. Limite da Pesquisa

Notou-se como fator limitante, que impactou nos estudos, a alta rotatividade de funcionários no setor. As operárias novatas que tiveram os dados iniciados junto com as operárias experientes se desligaram da empresa no decorrer da coleta de dados. Assim, com a entrada de novas operárias iniciou-se a coleta de dados das novas operadoras novatas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Curva da Aprendizagem e o slope de cada operadora no processo de montagem do componente são apresentados na Tabela 1 e na Figura 9.

OPERADORA	CURVA DA APRENDIZAGEM (%)	SLOPE
Novata 1	97,1	-0,042043
Novata 2	96,2	-0,056202
Veterana 1	94,4	-0,083338
Veterana 2	97,1	-0,428359

Fonte: Os Autores
 Os Tabela 1 - Curva da Aprendizagem e slope das operadoras estudadas

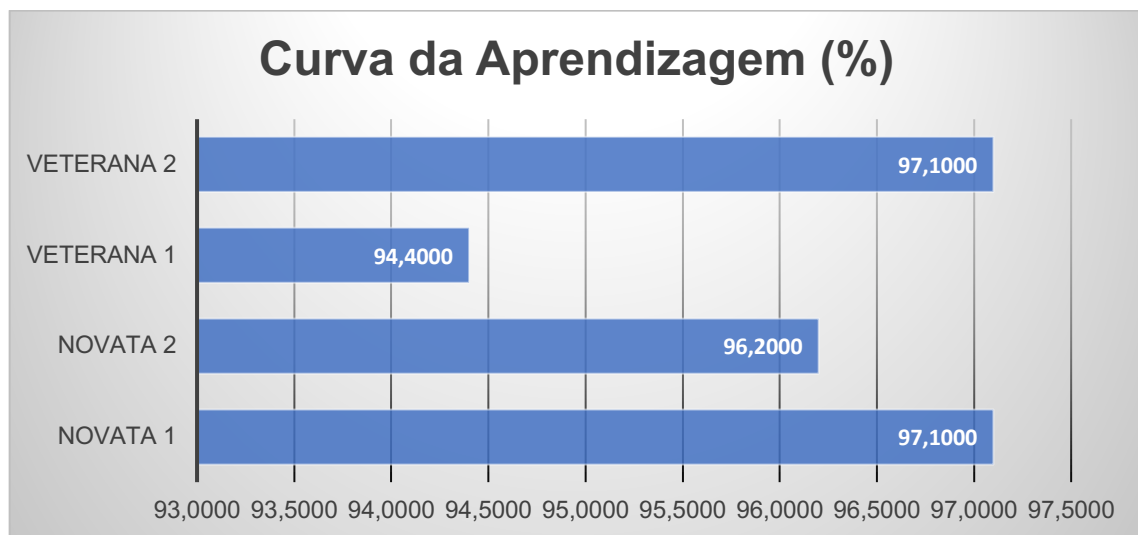


Figura 9 - Gráfico da Curva da Aprendizagem das Operadoras
 Fonte: Os Autores

Pode-se constatar através da Figura 9, que as taxas de aprendizagem das operadoras são superior a 94%, possibilitando portanto, pouca possibilidade de espaço para aprendizagem.

O setor de planejamento de produção, com base em levantamentos preexistentes, programou uma produção de 340.000 peças ao longo de 6 meses, sendo 85.000 peças por operadora, a fim de atender as necessidades da empresa.

Sendo assim, quando utilizado a metodologia da cronoanálise o tempo médio necessário para a fabricação das 85.000 peças para a operadora Novata 1 seria de 23.536,5 minutos, visto que não considera a aprendizagem pela repetição. Como observado na Tabela 2, quando considerado a aprendizagem, o tempo necessário para a fabricação das 85.000 peças seria de 15.180,78 minutos, uma diferença de 64% na programação da produção para esta operadora.

OPERADORA	TEMPO TOTAL DO LOTE SEM CA (min)	TEMPO TOTAL DO LOTE COM CA (min)	IMPACTO DO EFEITO APRENDIZAGEM (%)
Novata 1	23536,5000	15180,7878	64%
Novata 2	22703,5000	12751,3754	56%
Veterana 1	20952,5000	8893,8704	42%
Veterana 2	22737,5000	14665,4414	64%

Tabela 2 - Comparativo entre o tempo total para produção do lote sem considerar a Curva de Aprendizagem e o tempo total previsto para produção do lote considerando o efeito da aprendizagem.

Fonte: Os autores

O mesmo é observado para a operadora Novata 2 que, de acordo com o tempo levantado pelo método de cronoanálise, levaria 22.703,5 minutos sem considerar a aprendizagem e 12.751,37 considerando a aprendizagem, um impacto de 56% na capacidade produtiva. Para a operadora Veterana 1, o tempo para produção de 85.000 peças, sem considerar a aprendizagem pela repetição seria de 20.951,5 minutos e 8.893,87 minutos quando considerado o fator aprendizagem, um ganho de 42%. Por fim, a operadora Veterana 2 tem sua produção calculada em 22.737,5 minutos considerando a metodologia da cronoanálise e 14.665,44 considerando a curva de aprendizagem.

OPERADORA	TEMPO DA 1ª PEÇA (MIN)	FATOR DE APRENDIZAGEM	TEMPO PREVISTO UNITÁRIO	GANHO DE EFICIÊNCIA POR PEÇA (%)
Novata 1	0,2769	0,9710	0,1786	35
Novata 2	0,2671	0,9620	0,1500	43
Veterana 1	0,2465	0,9440	0,1046	57
Veterana 2	0,2675	0,9710	0,1725	35

Tabela 3 - Comparativo entre o tempo unitário primeira peça fabricada, e o tempo unitário previsto pelo efeito da aprendizagem.

Fonte: Os autores

Ao realizar uma análise nos dados apresentados na tabela 3, observa-se que quando empregado o fator de aprendizagem do modelo sugerido por Wright, no tempo de fabricação da primeira unidade produzida pelas operadoras, resulta em um decréscimo no tempo unitário. Por exemplo, o ganho de eficiência por peça produzida pela Novata 1, a fim de atender o lote programado para o período analisado sobre o efeito da aprendizagem, corresponde a 35%, para Novata 2 de 43%, para a Veterana 1 de 57% para Veterana 2 de 35%.

É evidente que quando considerada a Curva da Aprendizagem, o tempo total necessário para atender a quantidade programada será menor que o tempo definido pelo método da cronoanálise utilizado, isto permite que a programação da produção da empresa, desconsidera o ganho no processo de aprendizagem das operadoras, mesmo as veteranas. Os resultados mostram que ao manter a programação pelo método tradicional, a Operadora Veterana1, teria mais da metade do seu tempo programado em atividades ociosas.

Observa-se que com a projeção da produção utilizando a técnica da Curva da Aprendizagem, que esta célula de produção com duas operadoras, sendo uma novata e uma veterana, consegue produzir duas vezes mais do que o que o PPCP da empresa programa para o período de seis meses, que é de 85.000 unidades. Considerando uma média de impacto no efeito de aprendizagem das quatro operadoras de 56%, esta célula pode produzir uma média de 133.367 unidades ao longo dos seis meses.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao utilizar o modelo de Curva da Aprendizagem de Wright, é perceptível seu diferencial na decisão da capacidade de produção da célula do componente estudado, sendo que ao desconsiderá-la o setor de PPCP da empresa, projeta uma programação inferior a capacidade real. Ficou evidente, neste estudo que a Curva de Aprendizado permite corrigir as distorções do planejamento e controle de produção.

Ao considerar o ganho que as operadoras têm com a aprendizagem através da repetição, foi comprovado através dados levantados, que a programação feita pelo PPCP comete falhas ao desconsiderar a Curva da Aprendizagem de cada operadora, impactando assim, em um desacerto na capacidade produtiva tanto individual, quanto do setor.

A importância de conhecer a Curva da Aprendizagem, utilizando-a como uma ferramenta aliada à programação da produção, visando uma maior assertividade na programação da produção, o que pode trazer ganhos para organização.

O modelo de curva de aprendizado descrito neste trabalho, baseia-se apenas na variável de produtividade, a fim de mensurar a performance de aprendizagem das operadoras. Sugere-se para trabalhos futuros, a influência da Curva de Aprendizagem, para levantar possíveis fatores de como clima organizacional, monotonia do trabalho, falta de padronização ou treinamento de operação, podem influenciar na produtividade de um operador ou de um centro de trabalho, considerando sua aprendizagem ao longo do processo. E por fim recomenda-se a empresa, que a mesma implemente a metodologia da curva de aprendizado em outros setores da empresa, nos quais possuam processo produtivo repetitivo e manual, resultando em uma programação de produção mais eficiente e assertiva, minimizando desperdícios e custos, gerando eficiência e produtividade.

6. REFERÊNCIAS

ANZANELLO, Michel. **Curva de Aprendizado como balizadoras da alocação de modelos de produtos a equipes de trabalhadores**. Porto Alegre, 2004. 136 p. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

ANZANELLO, M. J.; FOGLIATTO, F. S. **Curvas de aprendizado: estado da arte e perspectivas de pesquisa**. *Gestão & Produção*, v. 14, n. 1, p. 109-123, 2007 a. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2007000100010> > Acesso em: maio 2018.

BURZYNSKI, Raymond O. e ZACCARELLI, Sérgio B.. **Quatro aspectos do planejamento e controle da produção**. *Rev. adm. empresas*. [online]. 1961, vol.1, n.2, pp. 107-123. ISSN 2178-938X. Disponível em < <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rae/article/view/41012/39757> > Acesso em outubro 2019.

CAULLIRAX, Heitor; SOUZA, Almaisa, **A Curva de Aprendizagem e seus Impactos nas Organizações: Um Estudo de Caso em Empresas do Setor Automotivo**. Disponível em < http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_tr10_0948.pdf > Acesso em outubro 2019.

CONLEY, P. **Experience Curves as a planning tool**. *IEEE Spectrum*, v.7, n. \6, p. 63-68, 1970. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1109/MSPEC.1970.5213421>> Acesso em: maio 2019.

CRUZ, Marly. **Análise das curvas de aprendizagem numa empresa industrial**. Mindelo, 2014. 74 p. Trabalho de fim de curso - Instituto Superior de Ciências Econômicas e Empresariais, Mindelo, 2014.

GIL, A. C. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2007

GLOBERSON, S.; LEVIN, N.; SHTUB, A. **The Impact of Breaks on Forgetting When Performing a Repetitive Task**. *IIE Transactions*, London, dec. 1989.

GIL, A. C. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2007

GROSSE, E. H.; GLOCK, C. H.; MULLER, S.. **Production economics and the learning curve: A meta- analysis**. *Int. J. Production Economics*, v. 170, p. 401-412, 2015.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total - à maneira japonesa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1993

JABER, M. Y.; BONNEY, M. **Production breaks and the learning curve: The forgetting phenomenon**. *Applied Mathematical Modelling*, v. 20, n. 20, p. 162-169, 1996.

KOPCSO, D.; NEMITZ, W. **Learning Curves and Lot Sizing for Independent and Dependent Demand**, *Journal of Operations Management*, Netherlands, v.4, n.1, 1983.

KORTGE, G. **Link Sales Training and Product Life Cycles, Industrial Marketing Management**, Netherlands, v. 22, n. 3, 1993.

KONDO, Yoshio. **Motivação Humana**. São Paulo: Gente, 1994.

LEITE, Madalena Osório. **A utilização das curvas de aprendizagem no planejamento da construção civil**. 2002. 87f Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

LIMA JUNIOR, J. R. **O planejamento e controle da produção como condicionantes do sucesso competitivo da empresa construtora**. São Paulo, 1999. Escola Politécnica da USP, 20p.

LOPES, J. D. **Análise e Otimização de Sequenciamento de Produção de uma Empresa de Médio Porte de Embalagens Plásticas**. 2008. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção)- Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

MAZUR, J. E.; HASTIE, R. **Learning as Accumulation: a Reexamination of the Learning Curve**. Psychological Bulletin, Washington DC, v. 85, n. 6, 1978.

MORRISON, J. B. **Putting the learning curve in context**. Journal of Business Research, v. 61, n. 11, p. 1182-1190, 2008.

NEMBHARD, D. A.; UZUMERI, M. V. **An Individual-Based Description of Learning within an Organization**. IEEE Transactions on Engineering Management, New Jersey, v. 47, n. 3, 2000.

PAVÃO, Rodrigo. Aprendizagem e Memória. **Revista da Biologia**, São Paulo, v. 1, dez 2008. Disponível em < <https://www.ib.usp.br/revista/node/39> > acesso em outubro 2019.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção. Operações industriais e de serviços**. Unicenp, 2007.

STROIEKE, Renato. **Agrupamento de trabalhadores através da modelagem de curva de aprendizado**. Porto Alegre, 2012. 85p. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

TEPLITZ, C. J. **The Learning Curve Deskbook: A reference Guide to Theory, Calculations and Applications**. New York: Quorum Books, 1991.

TOWILL, D. R. **Forecasting Learning Curves**. International Journal of Forecasting, Netherlands, v. 6, n. 1, 1990.

TOWILL, D. R. **Management Systems Applications of Learning Curves and Progress Functions**. Engineering Costs and Production Economics, Netherlands, v. 9, 1985.

UZUMERI, M.; NEMBHARD, D. **A Population of Learners: A New Way to Measure Organizational Learning**. Journal of Operations Management, Netherlands, v. 16, n. 5, 1998.

WOOD, Thomas; CALDAS, Miguel. **Empresas brasileiras e o desafio da competitividade**. Revista RAE, vol 47, n.3, jul./set/ 2007. Disponível em < <https://rae.fgv.br/rae/vol47-num3-2007/empresas-brasileiras-desafio-competitividade>> Acesso em: maio 2019.

WRIGHT, T. P. **Factors affecting the cost of airplanes**. Journal of the Aeronautical Sciences, Aircraft Operations Session, fev. 1936.