



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

JULIANE CRISTINE DE SOUZA SILVA

**CONTRIBUIÇÃO DAS FERRAMENTAS DA ENGENHARIA DE MÉTODOS NAS
ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS**

SUMÉ - PB

2014

JULIANE CRISTINE DE SOUZA SILVA

**CONTRIBUIÇÃO DAS FERRAMENTAS DA ENGENHARIA DE MÉTODOS NAS
ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: João Pereira Leite

SUMÉ – PB

2014

S586c Silva, Juliane Cristine de Souza.

Contribuição das ferramentas da engenharia de métodos nas organizações produtivas. / Juliane Cristine de Souza Silva. - Sumé - PB: [s.n], 2014.

48 f.

Orientador: Professor Dr. João Pereira Leite.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Produção.

1. Engenharia - Produção. 2. Administração. 3. Produtividade. I. Título.

CDU: 69.057.61 (043.3)

JULIANE CRISTINE DE SOUZA SILVA

**CONTRIBUIÇÃO DAS FERRAMENTAS DA ENGENHARIA DE MÉTODOS NAS
ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

BANCA EXAMINADORA

 _____	Nota (9,0)
MsC. Prof. João Pereira Leite – Orientador Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido – CDSA/UFCG	
 _____	Nota (9,0)
MsC. Prof. Daniel Augusto de Moura – Examinador 01 Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido – CDSA/UFCG	
 _____	Nota (9,0)
MsC. Prof. Wladimir Viesi – Examinador 02 Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido – CDSA/UFCG	
Nota Final (Média)	Nota (9,0)

Aprovada em 17 de OUTUBRO de 2014.

*Dedico este trabalho, a toda minha família, os
quais sempre me incentivaram a ir em busca dos
meus objetivos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS por me dar força e determinação para ir em busca dos meus objetivos.

Agradeço aos meus pais Sônia e José, às minhas irmãs (Jaqueline, Josivânia, Joseilma, Joseane, Márcia, Mércia, Sandra, Silene e Janiny), meu irmão Lucas e meu namorado Isaias pelo apoio em todos os momentos que precisei.

Ao meu orientador e professor João Pereira Leite, por ter me ajudado e compartilhado conhecimentos e experiências que me incentivaram a concluir o meu Trabalho de Conclusão de Curso, assim como o meu curso.

A todos os professores do CDSA-UFCG que contribuíram para minha formação profissional e pessoal.

Agradeço a todos os meus colegas de sala, com os quais sempre compartilhei conhecimentos, dificuldades e também as conquistas nesses cinco anos de convívio.

Agradeço a todos os que colaboraram direta e indiretamente para que eu chegasse onde estou.

RESUMO

Os primeiros cursos de Engenharia de Produção datam no período entre o final do Século XIX e início do Século XX com a abertura do curso de Engenharia Industrial nos EUA, período que coincide com a necessidade das organizações de melhorarem seu planejamento do trabalho diante da crescente industrialização e do comércio mundial. Para isso, o objetivo deste trabalho é apresentar a contribuição das correntes da Administração Científica e Humanística do trabalho com o desenvolvimento da Engenharia de Métodos adaptada às necessidades industriais e humanas atuais. O presente estudo foi elaborado através de uma análise documental dos assuntos relacionados ao tema, utilizando livros, artigos, pesquisas em sites de busca e dissertações. Portanto, trata-se de uma revisão bibliográfica a qual tem como objetivo proporcionar aos interessados no assunto uma gama de informações que irá contribuir na área do conhecimento. Após a revisão bibliográfica foi possível ver que os recursos desenvolvidos a partir dos estudos de tempos e movimentos têm colaborado eficazmente na análise dos processos produtivos, pois com sua aplicação é mais fácil de identificar as falhas ocorridas nos processos produtivos, ocasionando assim a adoção de correção imediata, contribuindo desta forma para uma qualidade dentro do processo, a qual tem um papel preponderante na qualidade percebida.

Palavras-Chaves: Engenharia métodos. Administração. Produtividade.

ABSTRACT

The first courses in Production Engineering from the period dating from the late nineteenth and early twentieth century with the opening of the course in Industrial Engineering in the USA, which coincides with the need for better planning and organization of the work facing the growing industrialization and of world trade. For this, the aim of this paper is to present the contribution of the currents of Scientific and Humanistic Administration work with the development of engineering methods adapted to current industrial and human needs. The present study was undertaken through a desk review of the issues related to the topic using books, articles, research and dissertations on search sites. Therefore, it is a literature review which aims to provide those interested in the subject a range of information that will help in knowledge. After the literature review was possible to see that the resources developed from time and motion studies have collaborated effectively in the analysis of production processes, as with its implementation is easier to identify the failures in manufacturing processes, thus leading to the adoption of correction immediate, thus contributing to a quality within the process, which has an important role in perceived quality.

Key words: Engineering Methods. Administration. Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Raízes históricas do desenvolvimento da Engenharia de Métodos	18
Figura 2 - Foto histórica de Frederick Winslow Taylor.....	22
Figura 3 - Foto histórica de Frank Bunker Gilbreth e Lillian Moller Gilbreth	24
Figura 4 - Andaime de Madeira adaptado por Frank Gilbreth	28
Figura 5 - Andaime simplesmente apoiado móvel com sistema de travamento em seus rodízios	29
Figura 6 - Andaime fachadeiro	30
Figura 7 - Andaime suspenso mecânico leve manual.....	31
Figura 8 - Gráfico dos resultados encontrados aproximadamente referente ao termo da subdivisão da Engenharia de Operações e Processos da Produção.....	34
Figura 9 - Imagem de uma máquina fotográfica antiga	35
Figura 10 - Filmadora moderna	35
Figura 11 - Estudo ciclográfico	36
Figura 12 - Mapofluxograma e Gráfico (Mão direita x Mão esquerda) do processo de pintura de peças.....	39
Figura 13 - Diagrama de Spaghetti do Processo de Pintura de Peças em 2D	40
Figura 14 - Diagrama de Spaghetti e Gráfico (Mão direita x Mão esquerda) do Processo de Pintura de Peças em 3D	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela dos números aproximadamente de termos relacionados à subdivisão da Engenharia de Operações e Processos da Produção.....	33
Tabela 2 - Simbologia adotada pela ASME	37
Tabela 3 - Fluxograma do Processo de Pintura de Peças	38
Tabela 4 - Comparação entre as ferramentas de registro e a análise do trabalho	41
Tabela 5 - Fluxograma do preparo do concreto manualmente	43
Tabela 6 - Fluxograma do Preparo do Concreto Usando Betoneira	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Geral.....	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
2 METODOLOGIA	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1 ABORDAGEM CLÁSSICA DA ADMINISTRAÇÃO.....	17
3.2 HISTÓRICO DA ENGENHARIA DE MÉTODOS	17
3.2.1 O interesse mundial pelo desenvolvimento pós-guerra no Japão	20
3.2.2 O Movimento da Administração Científica do Trabalho	21
3.2.2.1 Frederick Winslow Taylor.....	21
3.2.2.2 Casal Gilbreth: Frank Bunker Gilbreth e Lillian Moller Gilbreth.....	24
3.2.2.2.1 Frank Bunker Gilbreth.....	25
3.2.2.2.2 Lillian Moller Gilbreth	25
3.2.2.2.3 Evolução dos Andaimos.....	27
a) Andaime de Madeira	27
b) Andaimos Simplesmente Apoiados[.....	29
c) Andaimos Fachadeiros.....	29
d) Andaimos Suspensos Mecânicos Leves	30
3.2.3 O Movimento Humanista do Trabalho	31
3.2.3.1 O Movimento das Relações Humanas	31
3.2.3.1.1 Robert Owen	32
4 DISCUSSÕES.....	32
4.1 ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SUAS SUBÁREAS	32
4.2 FERRAMENTAS DA ENGENHARIA DE MÉTODOS	34
4.2.1 Fluxograma	37
4.2.2 Mapofluxograma	38
4.2.3 Diagrama de Spaghetti	39
4.2.4 Comparação entre as ferramentas de registro e a análise do trabalho.....	41
4.3 INTERVENÇÕES NA TAREFA REAL X INTERVENÇÃO NO AMBIENTE DE TRABALHO.....	42
4.3.2 Evolução do processo de fabricação de concreto.....	42

4.3.2.1 Fabricação manual do Concreto.....	42
4.3.2.2 Fabricação mecanizada do concreto.....	43
4.4 AS EXPERIÊNCIAS EM HAWTHORNE.....	44
4.4.1 Contribuição da Abordagem das Relações Humanas.....	45
4.4.2 Os estudiosos da perspectiva humanística	46
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

Os primeiros cursos de Engenharia de Produção datam do período entre o final do Século XIX e início do Século XX, com a abertura do curso de Engenharia Industrial nos EUA, período que coincide com a necessidade das organizações de melhorarem seu planejamento do trabalho diante da crescente industrialização e do comércio mundial. Esse período foi marcado de um lado pelo desenvolvimento tecnológico, expansão das malhas logísticas com destaque à malha férrea de transporte, produção de larga escala e aumento do consumo interno e por outro lado pela divisão do trabalho, especialização da mão de obra, aumento dos números de acidentes, insatisfação com o trabalho, fortalecimento dos sindicatos, conflitos entre patrão e empregado e litígios empresariais.

Com a expansão das empresas houve a necessidade de investimento nas áreas tecnológicas e administrativas, seja para qualificação da mão de obra ou evolução tecnológica dos processos e métodos que pudessem melhorar a eficiência dos negócios pela melhoria da gestão. Entre 1880 a 1920 surgiram os primeiros estudos nessas áreas como os estudos pioneiros de Frederick W. Taylor.

Frederick W. Taylor (1856-1915) ficou conhecido como o pai da administração científica do trabalho devido à criação dos hoje conhecidos Princípios da Administração Científica, cujo aprofundamento deu origem à área de conhecimento nomeada *Industrial Engineering* (Engenharia Industrial). Os estudos de Taylor se baseavam na análise pormenorizada do trabalho dos operários nas fábricas, com o foco no aumento da eficiência do trabalho humano e da organização da produção. Em adição ao trabalho de Taylor, surgiram também as contribuições do casal Gilbreth, Frank B. e Lillian M. Gilbreth (1868-1924 e 1878-1972), os quais deram ênfase ao estudo da fadiga, dos movimentos necessários para realização das tarefas, assim como, abordaram os meios de promover o bem-estar do trabalhador.

Os estudos de Taylor e do casal Gilbreth, a princípio com o estudo do tempo, logo depois com o estudo dos movimentos envolvidos nas atividades e também os estudos dos métodos que iniciaram uma reflexão sobre psicologia no trabalho, deram início a Engenharia de Métodos.

A Engenharia de Métodos é, portanto, a área mais antiga da Engenharia de Produção e suas ferramentas têm sido adaptadas constantemente com a evolução dos sistemas de Gestão da Produção, tendo gerado contribuições, inclusive, para a implantação de modelos de gestão

inovadores como o Sistema Toyota de Produção (STP) e de seus dois pilares de sustentação, o Just in Time (JIT) e Automação (JIDOKA).

O STP se baseia em uma nova filosofia que leva em consideração o respeito às pessoas através do desenvolvimento da liderança, horizontalização das decisões, grupos autônomos de trabalho, transferência do poder de decisão aos operadores e autonomia para resolver problema e melhor ordenar o trabalho. Essa evolução trouxe a perda do elo histórico entre a Engenharia Industrial do início do Século XX e do início do Século XXI, abrindo uma lacuna que pode ser suprida pelo mapeamento das ferramentas da Engenharia de Métodos tradicionais que foram adequadas as necessidades atuais dos sistemas de produção modernos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Apresentar a contribuição das correntes da Administração Científica e Humanística do trabalho com o desenvolvimento da Engenharia de Métodos adaptada às necessidades industriais e humanas atuais.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar um levantamento bibliográfico sobre as principais ferramentas da Engenharia de Métodos.
- Mostrar as contribuições da Engenharia de Métodos para o sistema de gestão da produção atual.
- Realizar um estudo dos principais nomes que contribuíram para o desenvolvimento da Administração Científica e Humanística.
- Fazer uma comparação entre as ferramentas da Engenharia de Métodos.

1.2 JUSTIFICATIVA

A Engenharia de Métodos é a área mais antiga da Engenharia de Produção, sendo também conhecida como Engenharia Industrial. Devido sua relevância ela deu o nome a vários cursos de Engenharia de Produção, que formaram milhares de engenheiros industriais, porém, tendo sido vista por muitos como uma área que levava à exploração excessiva do trabalho, tornou-se menos explorada a partir da década de 1980 do Século XX. A partir do final da década de 1990 do Século XX e o auge da globalização, houve a necessidade da modernização generalizada da indústria, principalmente a ocidental, que recorreu a modelos asiáticos de gestão da produção como o Sistema Toyota de Produção (STP), conhecido no ocidente como *Lean System*. Para sua implantação, várias das ferramentas da antiga Engenharia Industrial foram resgatadas, devidamente adaptadas às novas tecnologias e mais humanizadas, mas apenas a nível industrial, havendo uma lacuna de 3 (três) décadas com relação a bibliografia acadêmica, o que justifica o estudo pretendido.

2 METODOLOGIA

Do ponto de vista dos objetivos (GIL, 1991) diz que pode ser:

Pesquisa exploratória: visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão. Assume, em geral, as formas de pesquisas bibliográficas e estudos de caso. Sendo que, o presente trabalho trata-se apenas de uma pesquisa bibliográfica. Que do ponto de vista dos procedimentos técnicos, pesquisa bibliográfica é feita quando sua elaboração se dá a partir de material já publicado, e é constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na Internet.

O presente estudo foi elaborado através de uma análise documental dos assuntos relacionados ao tema, como o surgimento da engenharia de métodos, os principais nomes que contribuíram para o desenvolvimento da mesma, assim como das ferramentas utilizadas pelos estudiosos da época. Para isso foram utilizados livros, artigos, coleta de dados eletrônicos, através da internet e teses. Trata-se de uma revisão bibliográfica a qual tem como objetivo proporcionar a comunidade científica uma gama de informações que irão contribuir na área do conhecimento.

Vergara (1998, p. 46) define pesquisa bibliográfica como sendo “o estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material acessível ao público em geral. Fornece instrumental analítico para qualquer tipo de pesquisa, mas também pode esgotar-se em si mesma”.

Segundo a ABEPRO, a Engenharia de produção está dividida em dez subáreas do conhecimento. São elas: Engenharia de Operações e Processos da Produção; Logística; Pesquisa Operacional; Engenharia da Qualidade; Engenharia do Produto; Engenharia Organizacional; Engenharia Econômica; Engenharia do Trabalho; Engenharia da Sustentabilidade e Educação em Engenharia de Produção.

Neste trabalho será abordada apenas subárea da Engenharia de Operações e Processos da Produção em decorrência de ser a subárea que engloba a Engenharia de Métodos, sendo esta a que deu origem a Engenharia de Produção.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ABORDAGEM CLÁSSICA DA ADMINISTRAÇÃO

A abordagem clássica da administração se desenvolveu a partir de trabalhos pioneiros estabelecidos a partir do ano de 1856 (Século XX). Sua origem coincidiu e foi consequência da Revolução Industrial (que pode ser dividida em duas fases: 1780 a 1860 – revolução do carvão e do ferro; 1860 a 1914 – revolução do aço e da eletricidade), que se iniciou na Inglaterra e se alastrou rapidamente por todo o mundo civilizado. (SILVA, 2008, p.104)

Silva (2008), ainda diz que, dois fatores genéricos podem ter originado a perspectiva clássica da administração:

- Crescimento desorganizado das empresas, com sua complexidade administrativa, exigindo uma abordagem mais científica para substituir a improvisação e o empirismo então dominantes;
- A necessidade de aumentar a competência das organizações, no sentido de se obter o melhor rendimento possível de seus recursos para enfrentar a competição que aumentava entre as empresas.

Pelos relatos de Silva (2008) pode-se ter uma ideia da situação caótica instalada nas indústrias no início do Século XX que de um lado criava insatisfação e conflito com os funcionários e por outro tornava a fabricação ineficiente e os produtos caros, tornando-os proibitivos para a maior parcela da população, criando um ambiente propício para a disseminação de novas práticas de fabricação, gestão de pessoas, comércio e logística, o que deu origem ao estudo da Engenharia de Métodos e dos cursos de Engenharia Industrial, atualmente conhecidos como Engenharia de Produção.

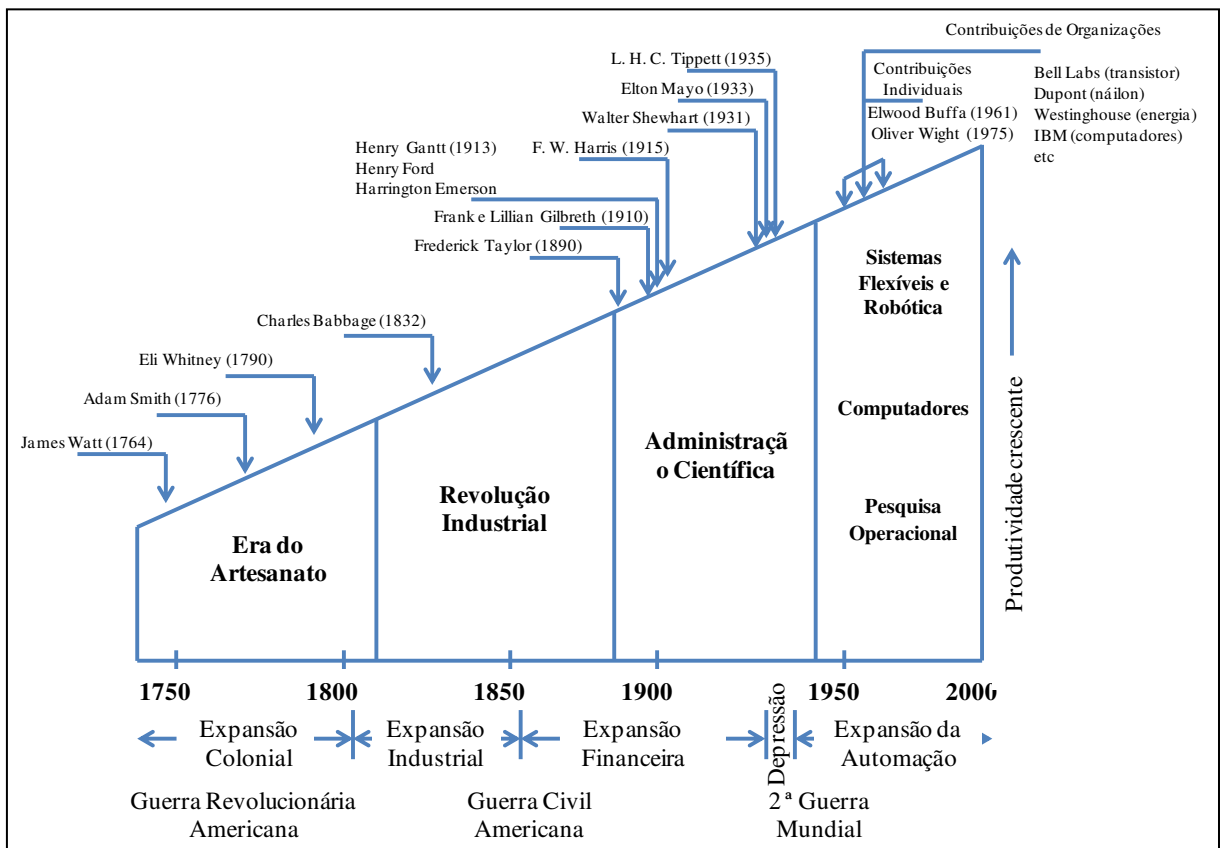
3.2 HISTÓRICO DA ENGENHARIA DE MÉTODOS

Segundo Barnes (1963), o termo Engenharia de Métodos surgiu através dos estudos de tempos e de movimentos, os quais foram estudados em seus primórdios por três pessoas, sendo o pioneiro Frederick Taylor (Estudo de Tempos - 1881), cujo trabalho foi seguido pelo casal Frank e Lilian Gilbreth (Estudo de Movimentos - 1885). Apesar de Taylor e Gilbreth terem desenvolvido o seu trabalho na mesma época, parece que naqueles primórdios, foi dada mais ênfase ao estudo dos tempos e ao valor por peça do que ao estudo do movimento. Isso se deu porque o foco inicial foi determinar quanto deveria ser pago pelo trabalho assalariado,

condição de trabalho nova àquela época. Foi só a partir da década de 1930 que se iniciou um movimento geral para estudar o trabalho com o objetivo de descobrir métodos melhores e mais simples de executar uma tarefa.

O Desenvolvimento da Engenharia de Métodos, a princípio, se confunde com a própria evolução do trabalho, pois naquela época ocorreram grandes mudanças no cenário do trabalho, conforme cronologia apresentada na Figura 1.

Figura 1- Raízes históricas do desenvolvimento da Engenharia de Métodos



Fonte: (Adaptado de Slack et al, 2002)

A Figura 1 representa um levantamento das invenções tecnológicas que contribuíram para a evolução dos sistemas de produção razão pela qual se torna importante o seu conhecimento, podendo-se destacar os seguintes eventos:

- O desenvolvimento da máquina a vapor por James Watt em 1764;
- A adaptação do tear mecânico por Ely Witney em 1790;

- O estudo do aumento da eficiência possível com a divisão do trabalho por Adam Smith em 1776;
- O desenvolvimento do computador por Charles Babbage em 1832.

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) (2009), as diversas descobertas ocorridas a partir da segunda metade do Século XIX contribuíram significativamente para o desenvolvimento de outras áreas. Em paralelo aos estudos sobre organização industrial, se desenvolviam técnicas de contabilidades e administração de custos, destacando-se a análise econômica de investimentos, a qual deu origem a Engenharia Econômica, viabilizando assim a gestão administrativa das organizações e não apenas fabril.

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) (2009) Na virada do Século XIX para o Século XX surgiram os primeiros cursos de Administração (*business school*) e Engenharia Industrial, ambos nos EUA. O objetivo de suas criações era fortalecer a formação de profissionais graduados e pós-graduados, especializados em gerenciamento da cadeia produtiva e administrativa dos negócios. Nos cursos de Engenharia Industrial havia um viés mais tecnológico na formação dos profissionais enquanto que a Administração estava focada na gestão de negócios (marketing e finanças, além da administração de pessoal). Na segunda metade do século XX surgiu a Pesquisa Operacional (*Operations Research*), uma área caracterizada pela aplicação do método científico na modelagem e otimização, curso inspirado no enfrentamento dos grandes problemas logísticos ocorridos durante a 2ª Guerra Mundial e que se tornou fator decisivo para algumas vitórias e derrotas dos aliados. Na mesma época teve impulso o desenvolvimento do estudo dos tempos e métodos e teoria da decisão, tudo isso propiciado pelo crescimento da informática, que gradualmente foi introduzido nas universidades e nas empresas.

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) (2009) na década de 1970 um conjunto de conhecimentos que envolvia as áreas da Engenharia de Produção (Organização da Produção, Economia e Administração de Empresas, Controle da Qualidade, Planejamento e Controle da Produção, Pesquisa Operacional e Processamento de Dados) formava o núcleo básico da engenharia industrial clássica. Essa miscelânea de saberes era vista com um diferencial em sua formação, pois os profissionais dessa área destacavam-se por ter um conhecimento técnico diferenciando-se dos administradores de empresas.

3.2.1 O interesse mundial pelo desenvolvimento pós-guerra no Japão

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) (2009), na década de 1980 os países industrializados observavam o fenômeno da recuperação e desenvolvimento econômico no Japão, país arrasado ao término da Segunda Guerra Mundial. Em particular, a indústria automobilística e de produtos eletroeletrônicos superaram em desempenho suas concorrentes norte-americanas, oferecendo produtos de melhor qualidade e menor custo dentro do próprio EUA. Esta revolução baseou-se na revisão de paradigmas ocidentais de gestão da produção. Dois conceitos fundamentais norteavam o modelo japonês de produção:

- i) Gestão da Qualidade Total (*Total Quality Management - TQM*);
- ii) Produção *Just-in-Time* (JIT).

A Gestão pela Qualidade total é um sistema permanente e de longo prazo voltado para o alcance da satisfação do cliente através de um processo de melhoria contínua dos produtos e serviços gerados pela empresa. Sendo que de caráter geral, uma gestão pela qualidade total que efetivamente tenha controle sobre a qualidade, tem como necessidade a participação de todos os membros da empresa, incluindo gerentes, supervisores, trabalhadores e seus executivos, na busca do objetivo de melhoria contínua. (MEAR, 1993 apud LIMA p. 04).

Segundo Veras (2009), o Sistema Toyota de Produção é uma combinação dos princípios e técnicas de qualidade total, da administração científica e das tradições culturais japonesas. Esses princípios e técnicas são sustentados pelo sistema *Just in Time* (JIT) e pela automação. O *Just in Time* significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária.

Slack (1997) diz que, flexibilidade significa ser capaz de atender a mudanças de produtos ou serviços, prazos de entregas, volumes de produção, ampliação ou redução da variedade de produtos ou serviços, aptidão a mudanças quando for necessário e com rapidez suficiente.

Com a Gestão da Qualidade Total, houve uma mudança cultural na forma de administrar a qualidade dos produtos e serviços, e na Produção *Just in Time* (JIT) houve um empenho para aumentar a flexibilidade dos sistemas de produção, viabilizando assim a

produção em pequenos lotes com baixos custos e alta produtividade. Esses conceitos foram incorporados de maneira interdisciplinar às áreas da Engenharia de Produção.

Segundo a ABEPRO (2009), na década de 1990 duas tendências foram verificadas. Uma consistiu na integração dos diferentes elos de uma cadeia produtiva, buscando-se um planejamento cooperativo entre empresas, clientes e fornecedoras, com vistas a oferecer produtos com alta qualidade, baixos custos e inovadores nos diferentes mercados mundiais, traduzido no gerenciamento da cadeia de suprimento (*Supply Chain Management*), então viável operacional graças também aos avanços na Tecnologia de Informação em curso. Outra tendência diz respeito à transposição dos conceitos originários da manufatura para empresas do setor de Serviços. Neste caso a fronteira entre a Engenharia de Produção e a Administração de Empresas era menos clara, pois o setor de serviço era pobre em desenvolvimento tecnológico e os dois profissionais acabavam realizando tarefas similares.

Ainda da análise da Figura 2, pode-se citar dois nomes que se destacaram durante os estudos da administração científica e humanista e que deram início aos estudos da Engenharia de Métodos, sendo eles Frederick Winslow Taylor e o casal Frank e Lillian Gilbreth, os quais realizaram trabalhos importantes para as indústrias do aço. Os trabalhos foram desenvolvidos a princípio na *Midvale Steel Company* e na *Bethlehem Steel Works*.

3.2.2 O Movimento da Administração Científica do Trabalho

3.2.2.1 Frederick Winslow Taylor

Frederick Winslow Taylor (1856-1915), engenheiro industrial americano nascido em *Germantown*, Pensilvânia, nos Estados Unidos, ficou famoso por ter introduzido o trato científico na administração de negócios, tornando-se criador e participante mais destacado do movimento da Administração Científica, o que lhe rendeu o título de pai da administração científica do trabalho. Na Figura 2 é mostrada a foto de Taylor.

Figura 2 - Foto histórica de Frederick Winslow Taylor



Fonte: (Gentil, 2009)

Aos 18 anos, apesar de aprovado nos exames de Harvard para o curso de Direito, resolveu não cursar e sim iniciar o seu aprendizado como operário, em uma pequena metalúrgica da Filadélfia, aí permanecendo por quatro anos.

Em 1878, aos 22 anos de idade, Taylor mudou-se para a metalúrgica *Midvale Steel Company*, uma empresa fabricante de bombas hidráulicas localizada no estado da Filadélfia nos EUA. Em 1881 Taylor realizou seu primeiro “estudo de tempo” (que, no futuro, se tornaria a base de seu método). Ele observou e cronometrou as atividades dos trabalhadores, iniciando sua busca pelo *one best way* (o “melhor jeito de fazer”), envolvendo desde o desenvolvimento de ferramentas até o treinamento dos operários. No comando da empresa Taylor teve autonomia para criar os padrões de realização das tarefas e o tempo determinado para sua realização, podendo cobrar dos operários metas de produção e estabelecer premiações para quem as atingisse.

A princípio estabeleceu-se como trabalhador comum, e depois de 6 anos, passou de operário a engenheiro-chefe, em 1884, por ter se graduado no *Stevens Institute of Technology* de Hoboken, Nova Jersey, em 1883. Seus doze anos na *Midvale* (1878-1889) serviram de base para suas ideias sobre administração de oficinas.

Taylor revolucionou os métodos tradicionais de realização do trabalho por meio da aplicação de métodos científicos em várias empresas norte-americanas. Muitos dos métodos de Taylor não eram em si originais. A originalidade estava na aplicação desses métodos com a

visão do engenheiro. Ele não possuía treinamento em administração e se baseava somente em suas investigações sobre o que deveria ser feito. (SILVA, p.109, 2008)

Em 1889 Taylor mudou de empresa, indo para a *Bethlehem Steel Company*, onde realizou experiências com máquinas, ferramentas utilizadas na fabricação de metais, tendo sido sua a descoberta do aço rápido e a revolução na arte de cortar metais.

Um dos princípios essenciais de Taylor era recompensar os operários pelo esforço, pagando um bônus aos que conseguissem produzir mais. Um de seus estudos mais conhecidos é o estudo da movimentação de materiais com o uso de pás, conforme transcrito a seguir:

Em 1898, quando Taylor foi trabalhar na Bethlehem Steel Works, procurou melhorar os métodos de trabalho em diversas seções da fábrica. Uma tarefa que chamou sua atenção foi a movimentação de materiais com o auxílio de pás; 400 a 600 homens empregavam a maior parte de seu tempo nesse trabalho. O material predominante era o minério de ferro, seguido, em tonelagem, pelo carvão. Os bons operários preferiam usar suas próprias pás às fornecidas pela indústria. Um mestre supervisionava de 50 a 60 homens, que movimentavam uma variedade de materiais no transcurso do dia. O pátio tinha aproximadamente 3200 m de comprimento por 400m de largura, de forma que o grupo se movimentava sobre uma área extensa. Com breve investigação Taylor concluiu que os operários movimentavam 1,6 kg por pá, quando trabalhavam com carvão, quantidade que aumentava para 17,2 kg, quando o material era o minério de ferro. Seu problema era, então, determinar qual a carga por pá que permitiria a um bom operário mover a quantidade máxima de material por dia. Taylor escolheu dois dos melhores operários e colocou-os trabalhando em diferentes partes do pátio, estudando suas atividades com o auxílio de dois cronometristas. De início, usaram pás grandes, que acomodavam cargas maiores por pá. Cortadas as pontas das pás, apenas cargas pequenas foram movimentadas e anotaram-se as toneladas deslocadas ao fim do dia com cada tipo de pá. Os resultados obtidos mostraram que, com a carga de 9,75 kg na pá, um homem obteria, em um dia, a tonelagem máxima de material deslocado. Assim, uma pá pequena era fornecida ao operário que movimentava o minério de ferro, e uma pá grande era usada pelo operário que deveria deslocar material mais leve, como cinzas, de tal forma que, em ambos os casos, o peso de material por pá fosse de 9,75 kg. Estabeleceu-se uma ferramentaria e compraram-se pás especiais, que eram entregues aos operários quando necessárias. Além disso, Taylor criou um departamento de planejamento que determinava antecipadamente o trabalho que seria feito no pátio. Esse departamento emitia ordens aos mestres e aos trabalhadores, cada manhã, indicando a natureza do trabalho a ser feito, sua localização no pátio e as ferramentas que seriam necessárias. Em lugar de os operários trabalharem em grupos, o material que cada homem movimentava foi pesado ou medido ao fim de cada dia. O operário que executasse corretamente a tarefa que lhe tivesse sido especificada receberia um prêmio de mais 60% do salário naquele dia. Quando o operário não conseguia obter o prêmio, um instrutor lhe indicava a maneira correta de fazer o trabalho, de forma a possibilitar-lhe a bonificação. Depois de três anos e meio em Bethlehem, Taylor obtinha a mesma produção com 140 homens que, anteriormente, requeria de 400 a 600 homens. BARNES, 1999 apud PEINADO, 2007)

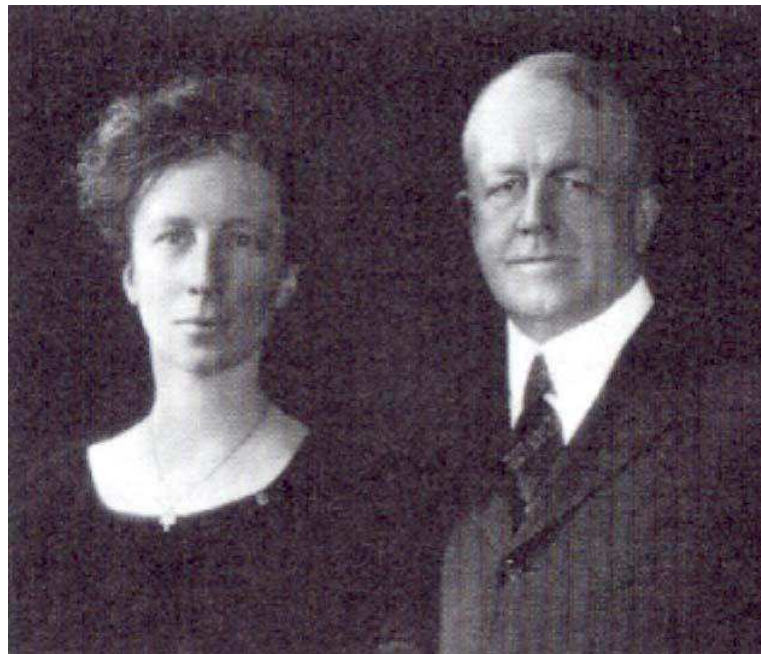
Para Barnes (1963), embora importante, o papel de Taylor no desenvolvimento do estudo de tempos foi apenas uma de suas contribuições ao aumento da eficiência industrial. A

ele devemos a invenção do aço rápido, o estudo sistemático das variáveis que afetam o corte de metais, a introdução do sistema funcional de organização e o desenvolvimento do que se convencionou chamar administração científica.

3.2.2.2 Casal Gilbreth: Frank Bunker Gilbreth e Lillian Moller Gilbreth

O casal Gilbreth contribuiu com o movimento da administração científica do trabalho a partir da análise dos movimentos relacionados à produção, inserindo-se na revolução da produção dos EUA que tinha começado no final do século XIX. A tecnologia da maquinaria continuava a ser o elemento mais importante das empresas, mas novas tecnologias estavam a transformar a forma como as fábricas operavam. O aparecimento da energia elétrica é apenas um exemplo dessas novas tecnologias disponíveis. Enquanto as tecnologias da produção continuavam a determinar as relações sociais dentro das empresas, a importância da gestão das operações crescia a cada dia. Na Figura 3 é mostrada a foto do casal Frank e Lillian Gilbreth.

Figura 3 - Foto histórica de Frank Bunker Gilbreth e Lillian Moller Gilbreth



Fonte: (Gentil, 2009)

3.2.2.2.1 Frank Bunker Gilbreth

Frank Bunker Gilbreth (1868-1924) nasceu em Fairfield, Maine, (EUA). Ele foi um dos primeiros a defender os princípios da administração científica e um pioneiro no estudo dos movimentos. Em 1885, Frank Gilbreth, aos 17 anos de idade, empregou-se como empreiteiro de obras. Como naquela época, os tijolos constituíam parte importante na maioria das estruturas, Frank começou por aprender a maneira pela qual eles eram assentados. Ao analisar cuidadosamente o trabalho de um pedreiro, Frank reduziu o número de movimentos para assentar um tijolo de 18 para 5 movimentos. As alterações no método de assentamento dos tijolos levou à diminuindo da fadiga e ao aumento da produtividade. Para isso foram desenvolvidos os "*therbligs*" que consistiam de 18 movimentos básicos das mãos capazes de representar todas as tarefas efetuadas por elas. Frank foi o inventor de um andaime que podia ser rápido e facilmente elevado, de forma gradual, permitindo que fosse mantida constantemente a altura adequada para o trabalho. Além disso, Frank providenciou que a argamassa fosse mantida com consistência adequada, de forma que o tijolo pudesse ser colocado na sua posição com as mãos.

O rápido reconhecimento e as constantes promoções por onde passava, fez com que o mesmo começasse a trabalhar por conta própria, realizando trabalhos por empreitada. Já que, desde o início ele tinha especial habilidade para analisar os movimentos usados por seus operários. Para ajudar a análise ele tirava fotografias da atividade de pedreiros que eram posteriormente analisadas na busca de melhorias, o que levava ao aumento da produtividade de seus operários pela melhoria dos métodos de realização.

Segundo Silva (2008), o trabalho mais importante de Frank Gilbreth para a administração científica foi o estudo da fadiga humana. Juntamente com o estudo dos tempos e movimentos, o estudo da fadiga visava a melhor maneira de realizar uma tarefa e aumentar a eficiência do operário. Esses estudos foram abordados em obras publicadas por Frank com co-autoria de sua esposa Lillian Gilbreth, como nos livros intitulados: *Fatigue study* (Estudo da fadiga), em 1916, e *Appli ed motion study* (Estudo do movimento aplicado).

3.2.2.2.2 Lillian Moller Gilbreth

Lillian Moller Gilbreth (1878-1972) nasceu em Oakland, Califórnia. É considerada a primeira psicóloga industrial/organizacional, e com seu marido, Frank Gilbreth, são os

pioneiros da engenharia industrial. (GONÇALVES, 2009). Ela combinou em seus trabalhos vários conhecimentos, dentre eles, os de psicóloga, esposa e mãe o que a ajudou na percepção da importância das dimensões psicológicas do trabalho, sendo a primeira a sintetizar psicologia e administração científica.

Segundo Gonçalves (2009) o trabalho de Lillian era focado no estudo e combate da ineficiência e desperdício, não apenas do movimento e do tempo, mas também da potencial insatisfação humana e completude que poderiam ser derivados do trabalho. Ela acreditava que os trabalhos quando não planejados corretamente os tornavam cansativos e desprazerosos e que os gestores e patrões deveriam estruturar o local de trabalho já que cada trabalhador merecia a dignidade humana básica.

Lillian Gilbreth foi uma das psicólogas que fizeram consideráveis contribuições nos primórdios da psicologia. Koppes apud Muchinsky (2004) , relatou que ela fez um pronunciamento histórico em uma reunião de engenheiros industriais, em 1908. Pediram-lhe sua opinião porque era a única mulher na reunião. Segundo Yost (1943) apud Muchinsky (2004), Lillian Gilbreth levantou-se e comentou que o ser humano, é claro, era o elemento mais importante na indústria e lhe parecia que esse elemento não estava recebendo a devida atenção. O treinamento científico dos engenheiros, disse ela, era voltado para o manuseio de objetos inanimados. Ela chamou a atenção para o fato de que a psicologia estava rapidamente se tornando uma ciência, e o muito que tinha a oferecer estava sendo ignorado pelos engenheiros gerenciais. O apelo em seus comentários improvisados era que a nova profissão de gerência científica abrisse seus olhos para o lugar essencial que a psicologia ocupava em qualquer programa que os engenheiros industriais concebessem (KOPPES, 1997, p. 511 apud MUCHINSKY, 2004, p. 7).

Segundo Muchinsky (2004), o papel do casal Gilbreth nesta revolução fabril era o de consultores, contratados por empresários para melhorar a eficiência das suas fábricas. O seu trabalho tinha dois componentes principais: o objetivo em aumentar a eficiência na forma como os operários levavam a cabo as suas tarefas e ao mesmo tempo o interesse na redução da fadiga resultante das mesmas tarefas. Essa abordagem trazia benefício mútuo para as partes envolvidas (empregados e empregadores).

A formação de Frank em engenharia e os conhecimentos em psicologia de Lillian Gilbreth fizeram com que eles se complementassem de forma que levassem adiante trabalhos que envolviam compreensão do fator humano, bem como conhecimento de materiais, ferramentas e equipamentos.

Embora haja muitas semelhanças entre o trabalho de Taylor e Frank Gilbreth, há diferenças filosóficas substanciais entre eles. Taylor estava preocupado principalmente com a redução do tempo dos processos, enquanto os Gilbreth procuravam tornar os processos mais eficientes visando o bem estar dos trabalhadores, reduzindo a quantidade de movimentos envolvidos. Gonçalves (2009) refere-se ao casal Gilbreth como tendo uma diferenciação do Taylorismo, que segundo ele, aparentava preocupar-se mais com o lucro.

3.2.2.2.3 Evolução dos Andaimes

Segundo a norma DIN 4420, andaimes são construções auxiliares provisórias, ou seja, plataformas necessárias à execução de trabalhos em lugares elevados, onde não possam ser executados em condições de segurança a partir do piso, conforme descreve a Norma Brasileira (NBR) 6494/1990, munidos de plataformas horizontais elevadas, suportadas por estruturas de seção reduzida, tem por função permitir a execução de trabalhos em qualquer altura de forma prática e segura aos seus usuários, permitindo serem montados e desmontados sem dificuldades, além de proteger as pessoas de acidentes e de queda de objetos cumprindo as duas funções simultaneamente e ainda permitindo a ação de escoramento. (RAMOS FILHO, 2012 apud NAKATANI, 2013)

a) Andaime de Madeira

Construir andaimes de madeira envolve técnicas utilizadas já em tempos antigos, o processo envolve uma ligação simplista de armações verticais com pranchas compridas colocadas na horizontal para formar a passagem. A idéia requer a construção de um andaime de tal forma que permita que ele seja desmontado e reutilizado novamente em outro lugar.

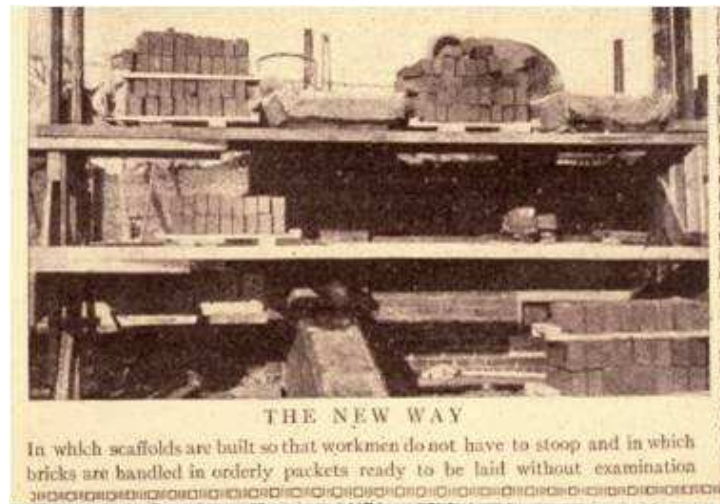
Segundo a NR 18 - condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção, estabelece sobre o uso dos andaimes:

- O dimensionamento dos andaimes, sua estrutura de sustentação e fixação, deve ser realizado por profissional legalmente habilitado;
- Os andaimes devem ser dimensionados e construídos de modo a suportar, com segurança, as cargas de trabalho a que estarão sujeitos;
- Devem ser tomadas precauções especiais, quando da montagem, desmontagem e movimentação de andaimes próximos às redes elétricas;

- A madeira para confecção de andaimes deve ser de boa qualidade, seca, sem apresentar nós e rachaduras que comprometam a sua resistência, sendo proibido o uso de pintura que encubra imperfeições.

Segundo Barnes (1963), a princípio, a invenção de Gilbreth era para aumentar a produção de seus operários, assim ele inventou um andaime que podia ser rápido e facilmente elevado, de forma gradual, permitindo que fosse mantida constantemente a altura adequada para o trabalho. Este andaime também possuía plataforma para se colocar os tijolos e argamassa a uma altura conveniente para o pedreiro. Na Figura 4 é mostrado o andaime inventado por Gilbreth.

Figura 4 - Andaime de Madeira adaptado por Frank Gilbreth



Fonte: (Gentil, 2009)

b) Andaimos Simplesmente Apoiados[

O andaime simplesmente apoiado pode ser metálico ou de madeira caracterizando-se por ter sua estrutura de trabalho somente apoiada, portanto independente da edificação (SAMPAIO, 1998, p.217). Seus montantes são apoiados sobre bases capazes de resistir às cargas transmitidas e compatíveis com a resistência do solo. Eles ainda podem ser fixos ou deslocáveis horizontalmente, conforme descreve a NBR 6494/1990, a qual ainda prevê que sua estrutura deve ser convenientemente contraventada e ancorada ou estaiada. Um exemplo de um andaime simplesmente apoiado móvel com sistema de travamento em seus rodízios é apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Andaime simplesmente apoiado móvel com sistema de travamento em seus rodízios



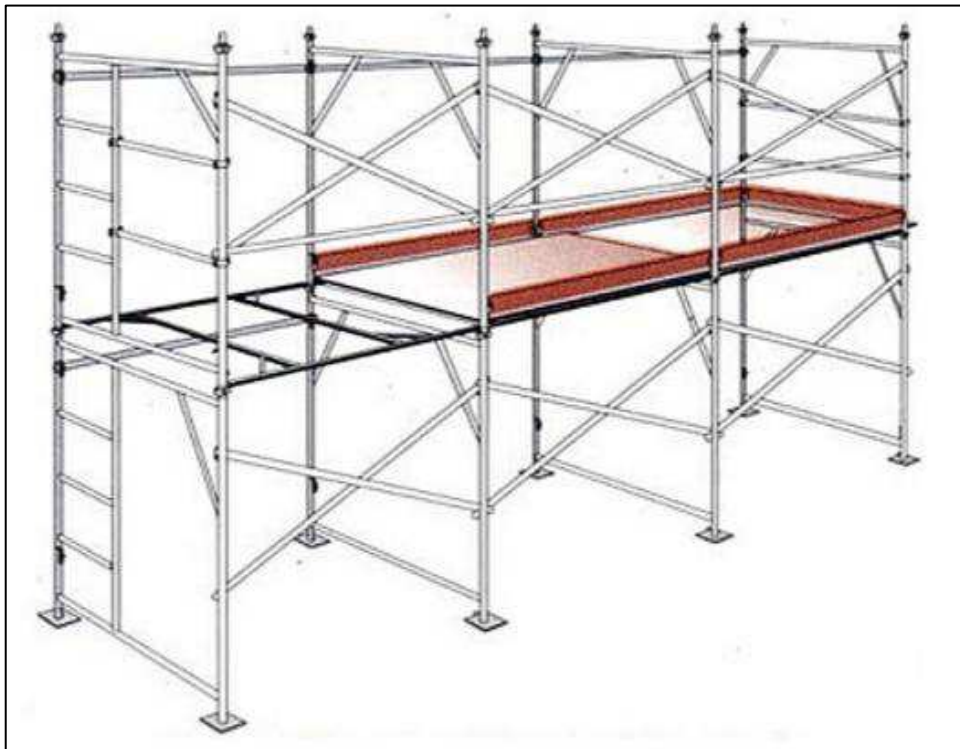
Fonte: (SAMPAIO, 1998 apud NAKATANI, 2013)

c) Andaimos Fachadeiros

Os andaimes fachadeiros são aqueles constituídos de quadros vertical e horizontal, placa de base, travessa diagonal, guarda-corpo, tela e escada. Eles permitem o acesso de pessoas e materiais à obra, sendo muito utilizados em serviços de manutenção de fachadas e de construção, quando não é possível o acesso pela parte interna da obra. (SAMPAIO, 1998 apud NAKATANI, 2013)

Aconselha-se que os andaimes fachadeiros sejam construídos de tubos metálicos, pois são muito mais duráveis e à prova de incêndio” (SAMPAIO, 1998, apud NAKATANI, 2013) Também é importante lembrar que estas estruturas não devem receber cargas superiores as especificadas pelo fabricante, a qual deve ser distribuída de forma uniforme e sem obstruir a circulação de pessoas, além de ser limitada pela resistência da forração da plataforma de trabalho. (NAKATANI, 2013). Um exemplo de andaime fachadeiro é apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Andaime fachadeiro



Fonte: (SAMPAIO, 1998 apud NAKATANI, 2013)

d) Andaimes Suspensos Mecânicos Leves

O andaime suspenso mecânico leve como é mostrado na Figura 7, é suportado por vigas em balanço ou ganchos com dimensões adequadas ao fim a que se destinam, fixados de modo a não provocar esforços horizontais, cuja estrutura é capaz de suportar cargas de trabalho de até 300kgf/m², respeitando-se os fatores de segurança de cada um de seus componentes, conforme descreve a NBR 6494/1990 e com capacidade máxima permitida de dois trabalhadores (item 15.46 da NR-18). (NAKATANI, 2013)

Figura 7 - Andaime suspenso mecânico leve manual



Fonte: (SAMPAIO, 1998 apud NAKATANI, 2013)

3.2.3 O Movimento Humanista do Trabalho

3.2.3.1 O Movimento das Relações Humanas

De acordo com Stoner e Freeman (1982), o termo relações humanas é frequentemente usado para descrever o modo como os administradores interagem com seus subordinados. Quando a administração dos empregados estimula um trabalho maior e melhor, a organização tem relações humanas eficazes, caso contrário, quando a satisfação e eficiência se deterioram, diz-se que as relações humanas são ineficazes. Dessa forma, Oliveira (2010) diz que, a Teoria das Relações Humanas parte do pressuposto de que o trabalhador exerce influência no comportamento organizacional, e como consequência influencia também a qualidade do processo decisório e, portanto o nível de produtividade das organizações.

Segundo Oliveira (2010) a mais importante contribuição para a Teoria das Relações Humanas foi o experimento de Hawthorne realizado por Elton Mayo. De acordo com Maximiano (2006), este experimento provocou em cadeia progressiva o estudo do comportamento humano nas organizações, realizado no período de 1927 a 1933, o que fez nascer a chamada escola das relações humanas, demonstrando que as relações com os colegas e a chefia estão entre os fatores mais importantes para o desempenho individual. Ainda de acordo com o autor, a nova concepção proposta por Mayo não alterou a estrutura do modelo

construído por Ford e Taylor, mas contribuiu para alterar as atitudes dos administradores em relação aos trabalhadores e do papel dos administradores.

3.2.3.1.1 Robert Owen

Robert Owen, (1771-1858), nascido no País de Gales, foi um dos primeiros escritores que chamou a atenção para os problemas humanos da industrialização. Em seu moinho em Nova Lanark, na Escócia, Owen tentou usar a persuasão moral em vez da punição corporal. Ele desenvolveu um mecanismo especialmente singular, o “monitor silencioso”, para ajudar na disciplina e na motivação. Sob esse sistema, o desempenho do trabalhador era avaliado e traduzido em códigos coloridos de preto, azul, amarelo e branco, em ordem ascendente de mérito. Um bloco de madeira era colocado em cada máquina, com os quatro lados pintados de acordo com o código. No final de cada dia, as marcas eram registradas, traduzidas, e ao lado com a cor apropriada era virado para frente do corredor. Qualquer pessoa que passasse e conhecesse o código poderia avaliar imediatamente o esforço daquele trabalhador no dia anterior. Esse indicador de madeira era usado para motivar os lentos a superarem suas deficiências e supostamente para induzir aqueles que tinham conseguido o lado branco do bloco, ou os ‘bonzinhos’, a manterem a sua motivação. Certamente, foi um precursor da informação pública dos dados sobre vendas e produção da administração moderna, para criar orgulho departamental ou encorajar a concorrência. (SILVA, 2008, p.94)

4 DISCUSSÕES

4.1 ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SUAS SUBÁREAS

A definição da Engenharia de Produção quanto a sua competência, de acordo com o *Institute of Industrial Engineering* (A.I.I.E.) e a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) é a seguinte:

Compete à Engenharia de Produção o projeto, a implantação, a melhoria e a manutenção de sistemas produtivos integrados, envolvendo homens, materiais e equipamentos, especificar, prever e avaliar os resultados obtidos destes sistemas, recorrendo a conhecimentos especializados da matemática, física, ciências sociais, conjuntamente com os princípios e métodos de análise e projeto da engenharia.

A Engenharia de Operações e Processos da Produção está relacionada com projetos, operações e melhorias dos sistemas que criam e entregam os produtos (bens ou serviços) primários da empresa e subdivide-se em:

- Gestão de Sistemas de Produção e Operações;
- Planejamento, Programação e Controle da Produção;

- Gestão da Manutenção;
- Projeto de Fábrica e de Instalações Industriais: organização industrial, layout/arranjo físico;
- Processos Produtivos Discretos e Contínuos: procedimentos, métodos e sequências;
- Engenharia de Métodos.

Para se ter uma visão da importância de cada um dos assuntos abordados pela subárea da Engenharia de Operações e Processos da Produção foi realizada uma busca por cada um dos seus termos utilizando a ferramenta de busca do Google. A quantidade de termos de busca encontrados está apresentada na Tabela 1.

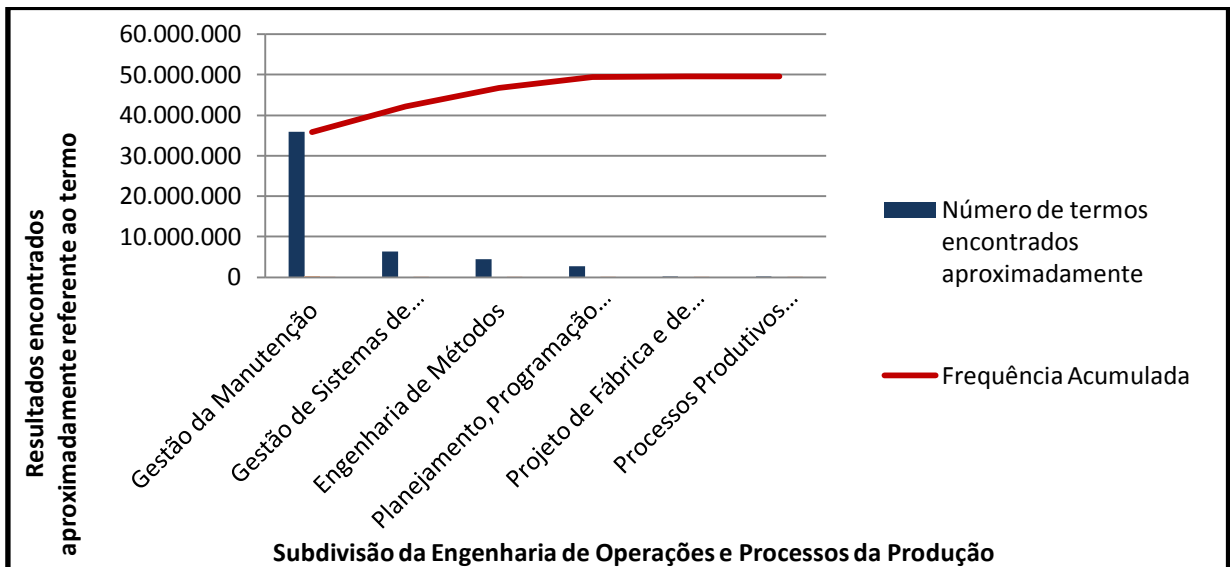
Tabela 1 - Tabela dos números aproximadamente de termos relacionados à subdivisão da Engenharia de Operações e Processos da Produção.

Subdivisão	Números de termos encontrados aproximadamente	Frequência acumulada	Porcentagem	Porcentagem acumulada
Gestão da Manutenção	35.900.000	35.900.000	72,43	72,43
Gestão de Sistemas de Produção e Operações	6.320.000	42.220.000	12,75	85,18
Engenharia de Métodos	4.500.000		9,08	94,26
Planejamento, Programação e Controle da Produção	2.720.000	46.720.000	5,49	99,74
Projeto de Fábrica e de Instalações Industriais	112.000	49.552.000	0,23	99,97
Processos Produtivos Discretos e Contínuos	14.700	49.566.700	0,03	100,00

Fonte: (Ferramenta de busca do Google)

Como pode ser observado na Tabela 1, o assunto Engenharia de Métodos foi relacionado com 4.500.000 buscas, sendo o terceiro assunto em número de citações na rede da internet buscada pelos algoritmos da ferramenta de busca do Google. Para uma melhor visualização será explanado no gráfico da Figura 8, a frequência e porcentagem dos dados, onde é possível ver que o termo Engenharia de Métodos foi o terceiro mais encontrado pelo buscador.

Figura 8 - Gráfico dos resultados encontrados aproximadamente referente ao termo da subdivisão da Engenharia de Operações e Processos da Produção.



Fonte: (Elaborado pelo autor)

Segundo Peinado (2007), a engenharia de métodos é uma atividade dedicada à melhoria e desenvolvimento de equipamentos de conformação e processos de produção para suportar a fabricação. Preocupa-se em estabelecer o método de trabalho mais eficiente, ou seja, procura otimizar o local de trabalho com relação a ajuste de máquinas, manuseio e movimentação de materiais, leiaute, ferramentas dispositivos específicos, medição de tempos e racionalização de movimentos. Também é chamada de engenharia industrial, engenharia de processo ou engenharia de manufatura.

4.2 FERRAMENTAS DA ENGENHARIA DE MÉTODOS

Durante as investigações realizadas no final do Século XIX para o estudo do trabalho, visando capturar movimentos para a análise posterior aos estudos eram auxiliados por fotografias. As imagens fotográficas foram importantes, porém, possibilitava apenas uma visão estática de uma cena específica. No século XXI para o estudo do trabalho, as fotografias foram substituídas pelas filmagens, que possibilitam uma visão dinâmica e mais completa de tudo que acontece, porém na criação dos padrões operacionais ainda são comumente utilizadas.

Na Figura 9 é mostrada a imagem de uma máquina fotográfica antiga, a qual era usada para análise dos estudos dos movimentos de Frank e Lillian Gilbreth.

Figura 9 - Imagem de uma máquina fotográfica antiga



Fonte: (Gentil, 2009)

Na Figura 10 é mostrada a imagem de uma filmadora moderna a qual possui capacidade de memória interna de 160GB, possui *slot* para cartão de memória. Possui uma lente grande que oferece muito mais qualidade de imagem e ainda com múltiplas opções que podem ser em modo paisagem e grupos.

Figura 10 - Filmadora moderna



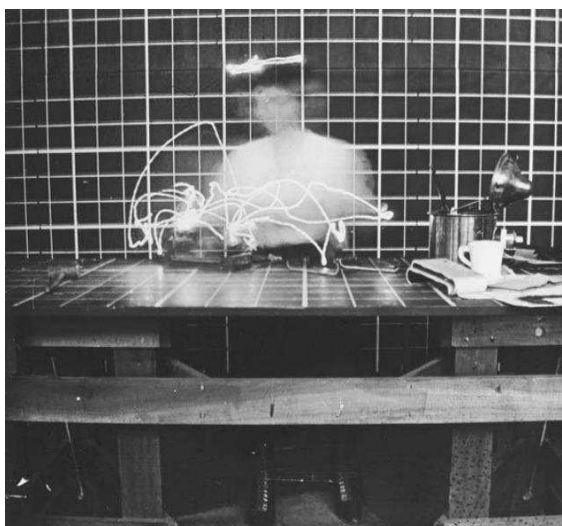
Fonte: (Ferramenta de imagem do Google)

Barnes (1963) considerava a máquina de filmar o equipamento mais importante para trabalhos em estudo de movimentos e estudos de micro-movimentos. As primeiras câmeras usadas eram do tipo manual e usava filmes consumíveis de 35 mm. A máquina, montada em um tripé, podia tirar exposições simples ou filmes com velocidade de 100 quadros por segundo ou até mais.

Dois técnicas de estudo dos movimentos e micro-movimentos vieram a partir da utilização de fotografias e filmagens: a análise ciclográfica e a análise cronociclográfica. Com essas técnicas se tornou possível o registro e estudo das trajetórias dos movimentos de um operário.

O estudo ciclográfico consiste no registro das trajetórias prendendo-se uma pequena lâmpada elétrica ao dedo, mão ou outra parte qualquer do corpo e fotografando-se, com uma câmera imóvel de obturador aberto, o deslocamento da luz no espaço (BARNES, 1963). O estudo ciclográfico está ilustrado na Figura 11. Já o cronociclográfico une a ciclografia com a cronoanálise que segundo Peinado (2007), é uma forma de mensurar o trabalho por meio de métodos estatísticos, permitindo calcular o tempo padrão que é utilizado para determinar a capacidade produtiva da empresa, elaborar programas de produção e determinar o valor da mão de obra direta no cálculo do custo do produto vendido (CPV), dentre outras aplicações.

Figura 11 - Estudo ciclográfico



Fonte: (Gentil, 2009)

As técnicas de ciclografia e cronociclografia estão desatualizadas atualmente, mas na época foram essenciais no estudo do trabalho e na evolução das várias outras técnicas que surgiram. A partir desses estudos, de técnicas e da utilização de equipamentos que hoje é

disponível no mercado oriundos do avanço tecnológico, é possível tratar com mais detalhes o trabalho humano, alguns adaptados de acordo com a necessidade da análise.






O uso de fotografias, filmagem e cronômetro, juntamente com ferramentas de registro como o fluxograma, mapofluxograma e diagrama de spaghetti tem dado uma nova dinâmica à área de estudo de movimentos e tempos da Engenharia de Métodos e possibilita uma análise muito mais rica do trabalho.

4.2.1 Fluxograma

Segundo Gentil (2010), fluxograma é um processo de padronização que visa facilitar o entendimento do funcionamento do fluxo de informações e do fluxo produtivo dos produtos, facilitando a detecção de pontos críticos nas várias partes do processo, onde estão envolvidos homens, equipamentos e informações.

A simbologia utilizada para confecção dos fluxogramas foi estabelecida em 1947 pela *Amerinan Society of Mechanical Engineers* (ASME). Naquela época a simbologia era formada por apenas cinco símbolos, que podem ser descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Simbologia adotada pela ASME

Símbolo	Atividade	Descrição
	Operação	Execução de alguma tarefa ou modificação física de um objeto
	Transporte	Quando há um deslocamento
	Inspeção	Comparação com um padrão
	Espera	Quando a próxima atividade não pode ser realizada
	Armazenagem	Estocagem do objeto

Fonte: (GENTIL *et al*, 2010)

Na Tabela 3, é demonstrada a utilização do fluxograma para descrição do processo de pintura de peças. Sua utilização possibilita que se tenha exata noção de quais atividades devem ser realizadas e a sequência. Com a utilização dessa ferramenta é possível verificar onde ocorre estoques, transporte, inspeções e até mesmo espera. Os sistemas modernos de gestão da produção consideram estoques, transportes, inspeção e esperas perdas que devem ser minimizadas ou até mesmo eliminadas, quando possível.

Tabela 3 - Fluxograma do Processo de Pintura de Peças

Processo de Pintura de Peças		
1	▽	Peças em estoque
2	○	Pegar a peça a ser pintada
3	→	Colocar no centro da mesa
4	○	Pegar a tinta
5	→	Colocar a tinta no centro da mesa
6	→	Pegar o pincel
7	○	Colocar o pincel junto a tinta
8	○	Abrir a tinta e umedecer o pincel na tinta
9	○	Pintar a peça
10	D	Deixar a peça secando
11	□	Inspecionar
12	→	Colocar a peça pintada na caixa
13	▽	Estoque de peças pintadas

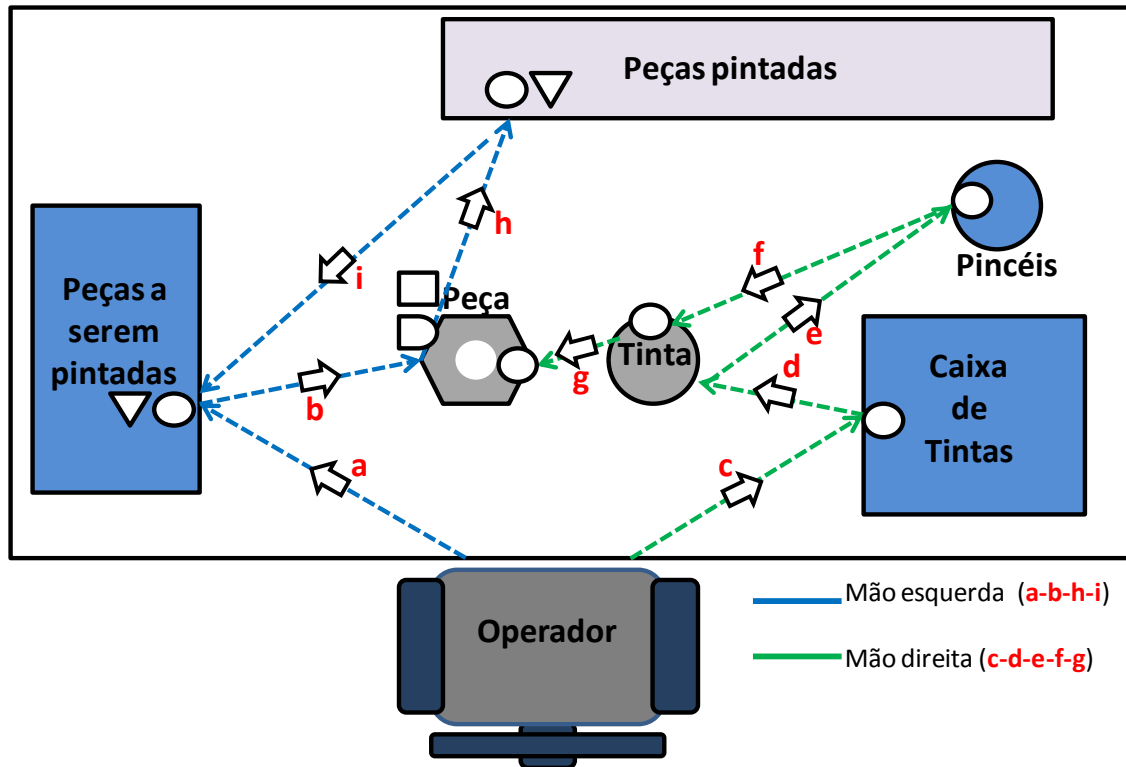
Fonte: (Elaborada pelo autor)

4.2.2 Mapofluxograma

O mapofluxograma, segundo Barnes (1977), possibilita descrever como ocorre a movimentação física de um item através dos centros de processamentos existentes no arranjo físico de uma instalação produtiva, seguindo uma sequência ou rotina fixa. Portanto, o entendimento de um processo exige uma série de informações, que, analisadas em conjunto, permite uma abordagem mais completa de possíveis problemas, tornando mais ágil a identificação de causas e a proposição de melhorias.

O fluxograma permite saber a sequência de tarefas envolvidas na produção de um determinado item, porém não se tem uma ideia de como ocorre fisicamente o trabalho. Para se facilitar o entendimento da diferença entre o fluxograma e o mapofluxograma na Figura 12 é apresentado um mapofluxograma do processo de pintura de peças.

Figura 12 - Mapofluxograma e Gráfico (Mão direita x Mão esquerda) do processo de pintura de peças



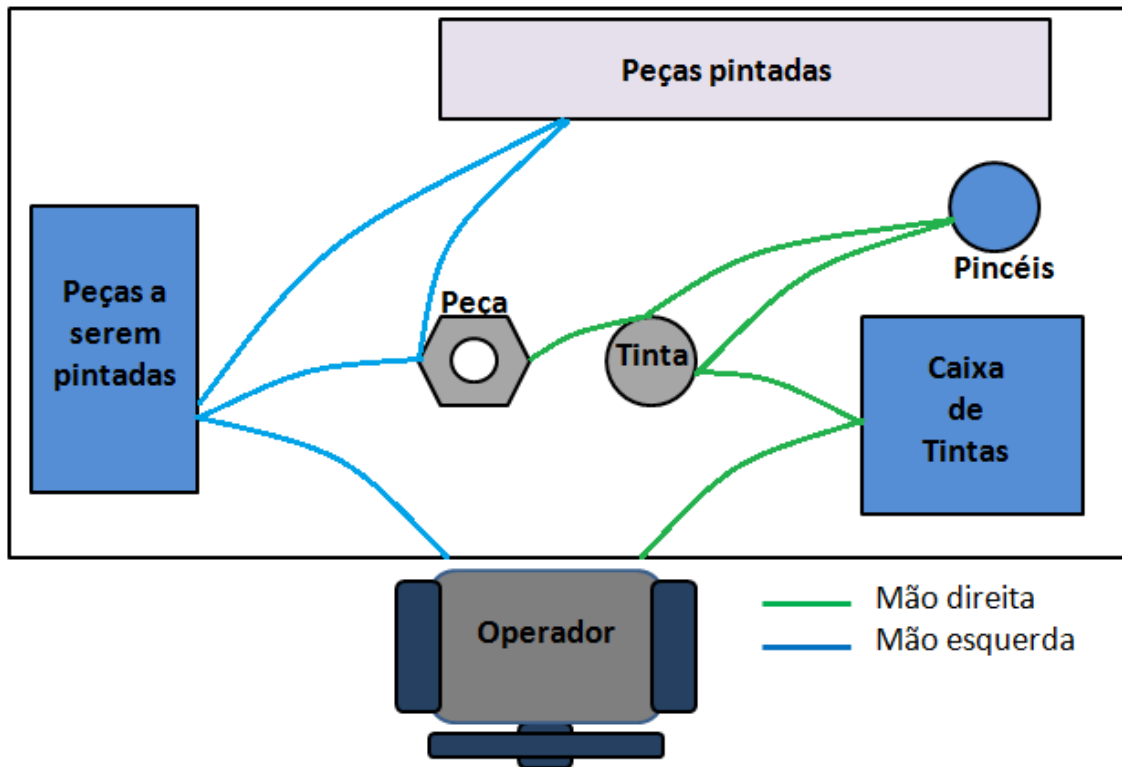
Fonte: (Elaborado pelo autor)

O ponto negativo de se utilizar o mapofluxograma é a necessidade de se elaborar previamente o fluxograma do processo produtivo, o que torna sua aplicação condicionada ao entendimento prévio de como ocorre o trabalho.

4.2.3 Diagrama de Spaghetti

O Diagrama de Spaghetti é utilizado para visualizar o fluxo de materiais ou pessoas envolvidas no processo, facilitando assim a análise da movimentação, de uma maneira rápida, já que o conhecimento prévio da tarefa não se torna tão necessário. Para elaborar um diagrama de spaghetti, é necessário apenas o layout do processo, o qual é rabiscado sobre ele o fluxo dos recursos envolvidos como é mostrado na Figura 13. Essa ferramenta não é adequada para fazer análise de estoques ou esperas, pois ela não dispõe de informações específicas de cada atividade ou etapa realizada, sendo mais adequado para análise de transportes e movimentos desnecessários, o qual pode ser implementado um plano de ação fazendo com que os mesmos sejam eliminados.

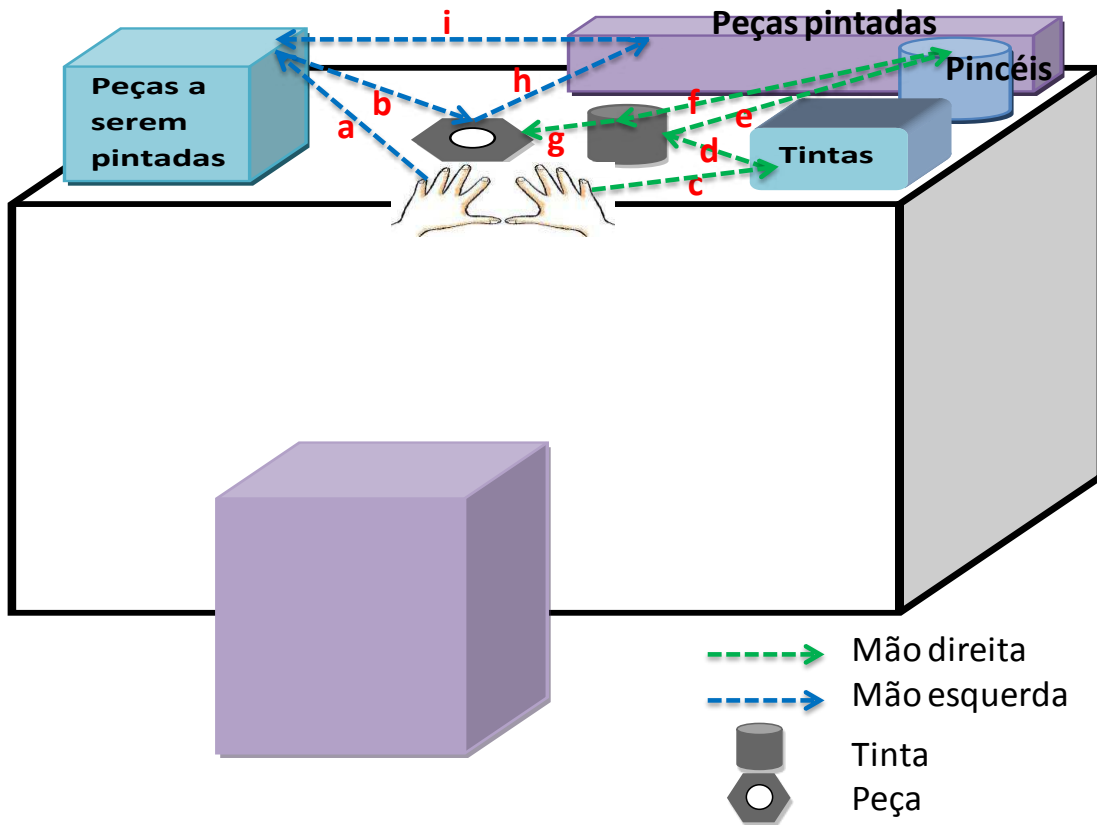
Figura 13 - Diagrama de Spaghetti do Processo de Pintura de Peças em 2D



Fonte: (Elaborado pelo autor)

O diagrama de spaghetti pode ainda ser utilizado usando imagens em 3 dimensões (3D) como mostra na Figura 14, facilitando assim a análise dos movimentos das mãos do operador, podendo este, substituir o ciclográfico. Sua utilização permite analisar a quantidade de vezes em que são levantados os braços, por exemplo, a distância que as mãos percorrem, as assimetrias de movimento e os cruzamentos de fluxo. Sua construção pode ser auxiliada com a utilização de filmadoras para registrar todas as ações feitas pelos operadores, o que possibilita rever a operação a quantidade de vezes necessária.

Figura 14 - Diagrama de Spaghetti e Gráfico (Mão direita x Mão esquerda) do Processo de Pintura de Peças em 3D



Fonte: (Elaborado pelo autor)

4.2.4 Comparação entre as ferramentas de registro e a análise do trabalho

Tabela 4 - Comparação entre as ferramentas de registro e a análise do trabalho

Fluxograma	Mapofluxograma	Spaghetti
É usado quando as informações de movimentação e transporte são menos importante, é ideal para saber a sequência das atividades envolvidas no processo.	É usado para entender a complexidade do fluxo, distâncias, contra-fluxos, movimentação e transporte.	É usado para ter um entendimento da complexidade do fluxo, onde houver alta movimentação e transporte com uma alta frequência de repetições. Mais usado quando se busca respostas, sem detalhamentos profundos do processo.

Fonte: (Elaborada pelo autor)

4.3 INTERVENÇÕES NA TAREFA REAL X INTERVENÇÃO NO AMBIENTE DE TRABALHO

Os estudos de tempos e movimentos proporcionaram diversos benefícios para os operários e as organizações. Dentre eles destacam-se:

- A eliminação de desperdício de esforço humano;
- A adaptação dos operários a própria tarefa
- O treinamento dos operários para melhor adequação a seus trabalhos;
- O estabelecimento de normas detalhadas de execução do trabalho;
- O aperfeiçoamento e surgimento de novas tecnologias.

Dentre as tecnologias que vinham sendo utilizadas, podemos citar as criações de Frank Gilberth. Frank, inventou dispositivos como andaimes móveis, misturadores de concreto, correias transportadoras, barras de reforço, tudo com o objetivo de evitar o desperdício de movimentos e aumentar a eficiência. O foco do trabalho dos Gilbreth não se restringia apenas a análise dos movimentos do operador, mas também, a análise de todo o ambiente de trabalho.

4.3.2 Evolução do processo de fabricação de concreto









Outra invenção de Frank Gilbreth foi os misturadores de concreto, que hoje são conhecidos como betoneiras. Esse invento é atualmente considerado essencial em construções de grande porte por proporcionar maior produtividade e melhor qualidade do concreto. Para preparar o concreto manualmente é gasto muito tempo e a homogeneização é mais difícil. Além disso, o preparo manual do concreto é uma atividade que exige bastante esforço físico em posições ergonômicas inadequadas. Atualmente a preparação de concreto manualmente só está presente em construções de pequeno porte e reformas.

4.3.2.1 Fabricação manual do Concreto

Na fabricação manual do concreto é aconselhável uma preparação prévia do posto de trabalho, onde deve ter uma superfície rígida, limpa e impermeável para facilitar o manuseio. Também se deve deixar espaço suficiente para a movimentação do operador durante o

transporte e homogeneização do material. Na Tabela 5 é apresentada a sequencia operacional de preparação do concreto manual utilizando a ferramenta de fluxograma.

Tabela 5 - Fluxograma do preparo do concreto manualmente

Fluxograma do Preparo do Concreto Manual		
1		Material em estoque
2		Coloca-se a areia, numa camada de aproximadamente 15 cm
3		Em seguida adiciona-se o cimento e mistura-se bem, usando enxadas e pás
4		A mistura de cimento e areia deve ser feita até apresentar cor homogênea
5		Juntam-se as britas e prossegue-se com a mistura até ficar bem homogênea
6		A camada deve apresentar agora uma altura de aproximadamente 20 cm
7		Abre-se um buraco no meio da camada e adiciona-se a água aos poucos, misturando-a, tomando o cuidado de não perder água
8		Mistura-se bem até obter uma massa plástica (moldável) e homogênea







Fonte: (Elaborada pelo autor)

4.3.2.2 Fabricação mecanizada do concreto

A fabricação mecanizada do concreto ocorre utilizando-se um equipamento comumente chamado de betoneira. Basicamente uma betoneira que consiste num tambor com paletas internas que giram em torno de um eixo. O giro do tambor com as paletas proporciona a mistura dos materiais que se encontram no seu interior. No processo de produção mecanizado de concreto obtém-se uma mistura mais homogênea e uma maior produção do que no processo manual.

Existem betoneiras de vários tipos e capacidades. Esse equipamento comumente utiliza energia elétrica e exige instalação adequada na obra e treinamento para sua operação. Na Tabela 6 é mostrado o procedimento de preparo do concreto na betoneira utilizando um fluxograma.

Tabela 6 - Fluxograma do Preparo do Concreto Usando Betoneira

Fluxograma do Preparo do Concreto Usando Betoneira		
1		Material em estoque
2		Betoneira já funcionando
3		Colocam-se inicialmente as pedras e metade da água, misturando-se por um minuto
4		Adiciona-se o cimento
5		Adiciona-se a areia e o restante da água
6		Misturar por 3 a 4 minutos

Fonte: (Elaborada pelo autor)

4.4 AS EXPERIÊNCIAS EM HAWTHORNE

O movimento das relações humanas desenvolveu-se a partir de uma famosa série de estudos realizados na *Western Electric Company*, entre 1924 e 1933. Em certo momento, eles passaram a ser conhecidos como os Estudos de *Hawthorne*, porque a maioria foi realizada na fábrica *Hawthorne*, da *Western Electric Company*, perto de Chicago. Os estudos de *Hawthorne* começaram como uma tentativa de investigar a relação entre o nível de iluminação no local de trabalho e a produtividade dos operários – um tipo de questão que poderia muito bem ter sido levantado por Frederick Taylor e seus seguidores.

As pesquisas de Hawthorne foram coordenadas por: Elton Mayo, G. A. Pennock, H. A. Wright, e M. L. Putnam e por Fritz. J. Roethlisberger.

Segundo Silva (2008), Elton Mayo teve atuação destacada nesses estudos. Os experimentos em Hawthorne são de extrema importância na teoria das organizações, por diversas razões. Primeiro, porque foi durante esses estudos que os teóricos das organizações começaram a aprender como o trabalho de grupos, as atitudes e as necessidades dos empregados afetavam sua motivação e seu comportamento. Segundo, porque o programa pesquisou e mostrou a enorme complexidade do problema da produção em relação à eficiência (produtividade).

Segundo Silva (2008), os estudos de Hawthorne, que se desenvolveram de 1924 a 1932, foram divididos em quatro fases ou experiências:

- os estudos da iluminação;

- os estudos da sala de teste de montagem de relés;
- o programa de entrevistas;
- os estudos da sala de observação de montagem de terminais.

4.4.1 Contribuição da Abordagem das Relações Humanas

Stoner (2012) diz que, ao enfatizar as necessidades sociais, o movimento das relações humanas avançou além da abordagem clássica, que tratava a produtividade quase exclusivamente como um problema de engenharia. Em certo sentido, Mayo redescobriu o conceito de Robert Owen, criado um século antes, de que uma verdadeira preocupação com os trabalhadores, aquelas “máquinas vitais”, produzia dividendos.

Segundo Silva (2008 p.193), a experiência de Hawthorne, como um todo, permitiu chegar a algumas conclusões de relativa importância elencadas a seguir:

- Os empregados não eram motivados somente por fatores externos, como pagamento e condições físicas do ambiente de trabalho; havia fatores psicológicos que afetavam a produtividade, e não só fisiológicos;
- Pausas no trabalho demonstraram bons resultados no que se refere à produtividade dos operários, mas não poderiam ser analisadas como elemento isolado;
- O relacionamento social entre as operárias e a supervisão provocava condições de trabalho que favoreciam o aumento da produtividade das funcionárias;
- Havia tendência de liderança em grupos mais sociáveis, o que significa maior cooperação do grupo para ultrapassar dificuldades de trabalho;
- A satisfação ou (insatisfação) com as tarefas realizadas afetava fortemente o resultado da produção e a intenção dos operários;
- Os grupos informais (organização informal) afetavam mais os resultados de produção do que as determinações da alta administração;
- O grupo exercia enorme poder sobre o indivíduo, isto é, o comportamento do indivíduo era fortemente afetado pelas diretrizes estabelecidas pelo grupo;
- O volume de produção gerada por um operário não dependia de sua habilidade ou inteligência, mas da restrição do grupo ao qual pertencia;
- Inovações e melhorias técnicas introduzidas pela administração da organização não eram bem vistas pelos operários, que se sentiam explorados nessas condições: produzir mais ganhando o mesmo salário.

4.4.2 Os estudiosos da perspectiva humanística

Os experimentos de Hawthorne revelaram ser a organização do trabalho um sistema social e apontaram para a necessidade de um exame rigoroso dos aspectos psicológicos e sociais do comportamento organizacional.

O estudo da sociologia teve início no fim do século XIX, como um desenvolvimento da filosofia, mais do que um estudo aplicado. Max Weber, Émile Durkheim e Vilfredo Pareto formaram uma tríade de intelectuais teóricos da sociologia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito deste trabalho foi mostrar que a Engenharia de Produção teve origem da Engenharia de Métodos, a qual teve 3 fases: a primeira de forte aceitação no início do século XX devido ao processo de advento da industrialização e crescimento econômico, de desenvolvimento tecnológico, em conjunto da expansão da malha férrea de transporte, da origem as premissas das corporações, incentivando assim a produção de larga escala e o surgimento de um forte mercado interno de consumo. Uma segunda, de baixa aceitação no final do século XX, por não ter uma preocupação com o bem estar do trabalhador, e uma terceira, de nova aceitação a partir da visualização de que suas ferramentas e princípios eram importantes, desde que o foco na pessoa fosse o objetivo inicial como vetor de todas as melhorias.

A Engenharia de Métodos utiliza-se de recursos esquemáticos para desenvolver métodos simples e eficazes seguindo padrões que podem ser observados posteriormente. Tais observações visam à busca contínua de melhorias no processo, possibilitando a correção de erros quando detectados, para isso as ferramentas mencionadas ao longo do trabalho são muito utilizadas atualmente por profissionais que trabalham nessa área.

Esses recursos têm colaborado eficazmente na análise dos processos produtivos, pois com sua aplicação é mais fácil de identificar as falhas ocasionando assim a adoção de correção imediata, contribuindo desta forma, para uma qualidade dentro do processo, a qual tem um papel preponderante na qualidade percebida.

Então, é de suma importância a contribuição dos trabalhos desses estudiosos que deram enfoque aos estudos de tempos e movimentos, sendo esses, adaptados de acordo com as necessidades dos sistemas de produção.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. 2009. Disponível em: <http://construfacilrj.com/mistura-e-preparo-do-concreto/>. Acesso em: 06/03/14

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ABEPRO. **Áreas e subáreas da engenharia de Produção**. FARIA, A. F.; MÁSCULO, F. S.; CUNHA, G. D. et al. 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&ss=1&c=362>. Acesso em: 08/08/14.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ABEPRO. **Contexto filosófico da produção e da engenharia de produção**. MÁSCULO, F. S. 2006/9. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/interna.asp?ss=1&c=924>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 6494**: Segurança nos andaimes. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24p.

BARNES, R. M. **Estudo de Movimentos e de Tempos**: projeto e medida do trabalho. São Paulo. Edgard Blucher, 1963.

BARNES, R. M. **Estudo de Movimentos e de Tempos**: projeto e medida do trabalho. 8a. edição. São Paulo. Edgard Blucher, 1977.

BARNES, R. M. **Estudo de Movimentos e de Tempos**: projeto e medida do trabalho. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

GENTIL, J. B. S.; SANTOS. C. M. S.; GRILO JUNIOR, T. F. et all. **Recursos esquemáticos como fator de agregação de valor da Engenharia de métodos à melhoria dos processos da qualidade**. 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GONÇALVES JUNIOR, G. J. **História da Administração**. 2009. Disponível em: <http://www.historiadaadministracao.com.br/jl/gurus/200-lillian-moller-gilbreth>. Acesso em: 26/09/14.

GONÇALVES JUNIOR, G. J. **História da Administração**. 2009. Disponível em: <http://www.historiadaadministracao.com.br/jl/imagens/197-frank-gilbreth-trabalho-e-familia>. Acesso em: 01/10/14.

LIMA, J. A.; SANTIAGO, P. O. **Os primeiros conceitos da gestão da qualidade total**. In: ENCONTRO REGIONAL E ESTUDANTES DE BIBLIOTECONOMIA, DOCUMENTAÇÃO, CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO E GESTÃO DA INFORMAÇÃO, n.14, 2011. São Luís.

MARCONI, M. A. e LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho Científico**. São Paulo: Atlas, 1982.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria geral da administração. Da revolução urbana à revolução digital**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MEARS, P. **How to stop talking about, and Begin progress toward total quality management**. In: Business Horizons. V. 36. Greenwich, 1993, p. 66-68.

MUCHINSKY, M. P.; **Psicologia Organizacional**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2004.

NAKATANI, L. A. **Aplicação da norma de segurança nr-18 com relação aos andaimes em obras da construção civil**. Monografia de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho.

OLIVEIRA, D. P. R. **Teoria Geral da Administração**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

PEINADO, J.; REIS, A. G. - **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba : UnicenP, 750 p. 2007.

RAMOS FILHO, J. M. **Andaimes: tecnologia europeia**. 1. ed. Florianópolis: Insular, 2012.

SAMPAIO, J. C. A. **Manual de aplicação da NR18**. 1. ed. São Paulo: Pini Ltda., 1998.

SAMPAIO, J. C. A. **PCMAT: Programa de condições e meio ambiente do trabalho na indústria da construção**. São Paulo: Pini Ltda., 1998.

SILVA, Reinaldo O. **Teorias da administração**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

SLACK, N. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. - **Administração da produção**; tradução Maria Teresa Corrêa de Oliveira. – 3. Ed. – São Paulo: Atlas, 2002.

STONER, J. A. F.; FREEMAN, R. E. **Administração**. 5 ed. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1982.

STONER, J. A. F.; FREEMAN, R. E. **Administração**; tradução Alves Calado; revisão de conteúdo Agrícola de Souza Bethlem. – 5.ed. – [Reimpr.]. – Rio de Janeiro: LTC, 2012.

VERAS, C. M. A. **Sistema Toyota de produção (Toyota way)**. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO MARANHÃO. Curso de Engenharia Industrial Elétrica e Mecânica Administrativa. São Luis. 2009.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1998.