

EMILIO CARLOS BARALDI

**ERGONOMIA E ABASTECIMENTO
PLANEJADO EM UMA LINHA DE MONTAGEM AUTOMOTIVA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do Título de Mestre em Engenharia
Automotiva

SÃO PAULO
2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

EMILIO CARLOS BARALDI

**ERGONOMIA E ABASTECIMENTO
PLANEJADO EM UMA LINHA DE MONTAGEM AUTOMOTIVA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do Título de Mestre em Engenharia
Automotiva

Área de concentração:
Engenharia Automotiva
(Mestrado Profissional)

Orientador:
Prof. Dr. Paulo Carlos Kaminski

SÃO PAULO
2006

DEDICATÓRIA

A minha esposa Alessandra, e aos meus filhos Bruno e Enzo, por me apoiarem e por serem a minha fonte de inspiração para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

RESUMO

Os objetivos desta pesquisa foram levantar os benefícios auferidos pela aplicação de melhorias na ergonomia dos postos de trabalho e no abastecimento planejado de peças em uma linha de montagem automotiva, bem como identificar e verificar até que ponto pode-se gerar vantagens competitivas na redução do tempo de montagem do veículo, com a aplicação de investimentos tecnológicos em ergonomia na área de manufatura. A metodologia *Methods Time Measurement* (MTM), foi escolhida para mensurar as diferenças de tempos de processo, e para coleta e identificação de dados. Foram observadas duas linhas de montagem: a primeira denominada de inovadora, construída há três anos com investimentos em soluções ergonômicas, tanto no abastecimento quanto no processo, e outra, tradicional, construída há 20 anos, com poucos investimentos na área. De posse dos dados necessários dos sistemas estudados e com o uso da tecnologia MTM, a pesquisa avalia e propõe meios de mensurar os ganhos com a redução de atividades que não agregam valor ao produto, com o intuito de viabilizar investimentos em ergonomia em postos de trabalho padronizados, manipuladores, instalações mais modernas e até possuir um time de planejamento de processos de produção mais robusto. Neste trabalho, analisa-se também a influência da ergonomia no custo do produto final, qualidade, retrabalhos, afastamentos médicos e absenteísmo entre outros.

ABSTRACT

The objectives of this research were raise the benefits gained for the application of improvements in the ergonomics of the workstation in the planned supplying of parts in the automotive assembly line. As well as identifying and verifying until the point that can generate competitive advantages in the assembly time reduction of the vehicle, with the application of technological investments in ergonomics in the area of manufacture. The methodology Methods Time Measurement (MTM) was chosen to measure the differences of times of process, and for collection and identification of data. Two assembly lines were observed, the first called innovator, built three years ago with investments in ergonomic solutions, as much in the supplying as in the process, and another traditional one built 20 years ago, with few investments in the area. Using all necessary data of the studied systems and with the use of MTM technology, the research evaluates and recommends ways to measure the profits with the reduction of activities that not add value to the product. With the intention to make possible investments in ergonomics standardized workstation, manipulators, more modern installations and until have a planning process production team more robust. This work, also analyze the medical influence of the ergonomics in the cost of the final product, quality, rework, medical dismissal and absenteeism among others.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1. - INTRODUÇÃO	01
1.1. - Objetivos e objeto de estudo.....	06
1.2. - Desenvolvimento do trabalho.....	07
1.3. - Limitações da pesquisa e metodologia.....	10
1.4. - Comparação dos resultados e público alvo.....	10
2. - REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1. - Conceitos de desperdícios de mão de obra, logística, etc.....	16
2.2. - Classificação de atividade.....	19
2.3. - Sistemas de abastecimento.....	21
2.4. - Conceitos MTM.....	25
3. - O USO DA ERGONOMIA NOS POSTOS DE TRABALHO	39
3.1. - Normas de ergonomia.....	40
3.2. - Lista de recomendações básicas exigida em um posto de trabalho.....	42
3.3. - As vantagens da aplicação da ergonomia.....	44
4. - ANÁLISE DOS PROCESSOS DE MONTAGEM	46
4.1. - Montagem de veículos com o sistema tradicional.....	46
4.1.1. - Conceito de montagem com <i>Dress up</i>	48
4.1.2. - Conceito logístico na linha tradicional.....	49
4.2. - Montagem de veículos com o sistema inovador.....	50
4.2.1. - Conceito de montagem com <i>Fahrwerk</i>	52
4.2.2. - Conceito logístico na linha inovadora.....	55
4.3. - Comparação dos processos.....	56

5. - ANÁLISE COMPARATIVA DOS DADOS	70
5.1. - Vantagens e desvantagens de cada um dos sistemas.....	72
5.2. - Observações durante o desenvolvimento do trabalho.....	72
5.3. - Propostas de modificações na linha inovadora.....	77
6. - PROPOSTAS DE APLICAÇÃO	79
6.1. - Método proposto.....	79
6.2. - Exemplo de aplicação do método.....	83
7. - CONCLUSÃO	86
7.1 - Recomendações para trabalhos futuros.....	87
8. - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
9. - ANEXOS	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	- Investimentos da indústria automobilística.....	01
Figura 1.2	- Produção de veículos.....	02
Figura 1.3	- Participação de mercado interno de automóveis.....	04
Figura 1.4	- Faturamento anual dos fabricantes de automóveis.....	04
Figura 1.5	- Preço médio anual dos automóveis.....	05
Figura 1.6	- Elefante com controle de velocidade e altura.....	09
Figura 1.7	- Elefante sem controle de velocidade e altura.....	09
Figura 2.1	- Sistema de escolha de peças e ficha de montagem.....	22
Figura 2.2	- Sistema de seqüenciamento eletrônico de peças.....	23
Figura 2.3	- Ciclos típicos de movimentos.....	30
Figura 4.1	- Sistema tradicional com veículo inclinado.....	47
Figura 4.2	- Sistema tradicional e o método para alterações de altura.....	47
Figura 4.3	- Sistema tradicional de posicionamento do operador.....	48
Figura 4.4	- Montagem do conjunto <i>Dress up</i> - eixo traseiro.....	48
Figura 4.5	- Time de montagem do conjunto <i>Dress up</i> - eixo traseiro.....	49
Figura 4.6	- Sistema de abastecimento - peças grandes linha tradicional.....	49
Figura 4.7	- Sistema de abastecimento - peças pequenas linha tradicional.....	50
Figura 4.8	- Sistema inovador com elefantes com regulagem de altura.....	50
Figura 4.9	- Sistema inovador e a regulagem de altura.....	51
Figura 4.10	- Sistema inovador e a mudança de altura.....	51
Figura 4.11	- Fluxograma de montagem do <i>Fahrwerk</i>	52
Figura 4.12	- Conjunto placa do <i>Fahrwerk</i>	53
Figura 4.13	- Estação de acoplamento com a carroceria.....	53
Figura 4.14	- Estações de fixação dos componentes.....	54
Figura 4.15	- Estação de desacoplamento da placa vazia.....	54
Figura 4.16	- Estação de verificação das fixações.....	55
Figura 4.17	- Sistema de abastecimento - peças grandes linha inovadora.....	55
Figura 4.18	- Sistema de abastecimento - peças pequenas linha inovadora.....	56
Figura 4.19	- Sistema tradicional de elefantes.....	57
Figura 4.20	- Sistema inovador de elefantes.....	57

Figura 4.21	- Análise MTM painel instrumento antes.....	58
Figura 4.22	- Análise MTM painel instrumento depois.....	58
Figura 4.23	- Análise MTM montagem do filtro de ar antes.....	60
Figura 4.24	- Análise MTM montagem do filtro de ar depois.....	61
Figura 4.25	- Parafusadeira elétrica.....	62
Figura 4.26	- Parafusadeira eletrônica.....	62
Figura 4.27	- Parafusadeira pneumática.....	63
Figura 4.28	- Torquímetro de estalo.....	63
Figura 4.29	- Análise MTM colocação das portas.....	64
Figura 4.30	- Análise MTM fixação das portas antes.....	65
Figura 4.31	- MTM fixação das portas depois.....	65
Figura 4.32	- Ficha de montagem <i>Fahrwerk</i>	66
Figura 4.33	- Análise MTM seleção do motor antes.....	66
Figura 4.34	- Análise MTM seleção do motor depois.....	67
Figura 4.35	- Posto de trabalho padronizado.....	68
Figura 4.36	- Abastecimento de peças ergonomicamente planejado.....	68
Figura 4.37	- Abastecimento seqüenciado de peças.....	69
Figura 5.1	- Corda de parada de processo.....	73
Figura 5.2	- Corda <i>andon</i>	74
Figura 5.3	- Painel <i>andon</i>	75
Figura 5.4	- Corda <i>andon</i> na Toyota Motor Manufacturing, U.S.A.....	76
Figura 5.5	- Painel <i>andon</i> na Toyota Motor Manufacturing, U.S.A.....	77
Figura 6.1	- Fluxograma de atividades do método proposto.....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1	- Tipos de ocorrências.....	11
Tabela 1.2	- Itens do índice de satisfação do cliente.....	15
Tabela 2.1	- Demonstrativo de análise MTM bi-manual.....	26
Tabela 2.2	- Influência da distância e grau de dificuldade nos movimentos.....	31
Tabela 2.3	- Tempos normalizados MTM.....	32
Tabela 2.4	- Tempos normalizados MTM.....	33
Tabela 2.5	- Evolução do MTM.....	34
Tabela 2.6	- Tempos normalizados MTM - UAS.....	35
Tabela 2.7	- Tempos normalizados MTM - UAS.....	36
Tabela 5.1	- Análise comparativa dos dados.....	71
Tabela 6.1	- Tabela comparativa de mão de obra.....	80
Tabela 6.2	- Tabela comparativa de investimentos.....	80
Tabela 6.3	- Tabela comparativa de mão de obra do exemplo.....	83
Tabela 6.4	- Tabela comparativa de investimentos do exemplo.....	84

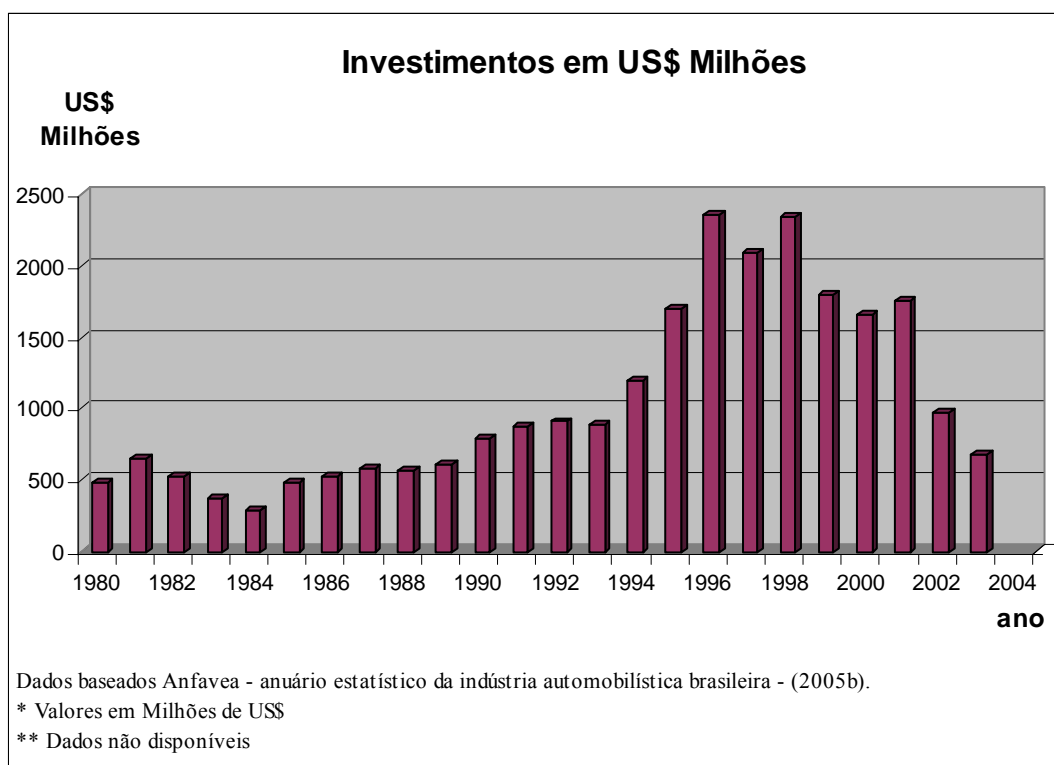
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>Audit</i>	Auditoria de qualidade aos olhos do cliente
<i>Andon</i>	Palavra Japonesa para lanterna, pode ser descrito como quadro eletrônico de aviso de problemas na linha.
CLP	Controladores lógicos programáveis
CPK	Índice de capacidade do processo
DIN	Instituto alemão de normas (<i>Deutsches Institut für Normung e. V.</i>)
<i>Dress up</i>	Instalações de montagem do conjunto agregado (motor, câmbio, escapamento primário e suspensão dianteira)
Elefante	Dispositivo de suporte da carroceria para montagem do veículo
EOM	Sistema elétrico movimentado sobre trilhos (<i>Electric Overdrive Motorrail</i>)
<i>Fahrwerk</i>	Instalações de montagem do chassi posição
FMEA	Análise do modo e efeito das falhas (<i>Failure Modes and Effects Analysis</i>)
JIT	Exatamente na hora certa (<i>Just-in-Time</i>)
MTA	Análise dos tempos dos movimentos (<i>Motion Time Analysis</i>)
MTM	Método de medida de tempos (<i>Methods-Time Measurement</i>)
MTM-UAS	Método de medida de tempos com sistema universal de análise (<i>Universal analyzing System</i>)
NUMA	Núcleo de Manufatura Avançada
Nummi	<i>New United Motor Manufacturing</i>
NOS	Diferença normal de ciclo (<i>Normal of Standard</i>)
NR	Norma regulamentadora
PR	Número PR (<i>primäre Eigenschaftsnummern</i>)
<i>Power free</i>	Sistema de correntes de arraste dos elefantes
REFA	Comitê amplo para determinação do tempo de trabalho (<i>Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung</i>)
RENAVAM	Registro Nacional de Veículos Automotores
<i>Sorten</i>	Número de identificação simplificado
<i>Therbligs</i>	Série de movimentos humanos elementares

TMU	Unidade de medida de tempo (<i>Time Measurement Unit</i>)
UAW	<i>United Auto Workers</i>

1 - INTRODUÇÃO

Conforme a ANFAVEA (2005c), “a indústria automobilística brasileira encerrou 2003 com capacidade instalada de produção anual de 3,2 milhões de automóveis e 86 mil máquinas agrícolas automotrizes. Tais capacidades são fruto especialmente dos investimentos realizados no período 1994 - 2002 que redundaram na ampliação e modernização do parque industrial. Um dos aspectos desse esforço reside em que, do total de 48 unidades que compõem o parque sediado em sete unidades da Federação e em 27 municípios, 22 foram inaugurados no período 1996 -2002 (Fig. 1.1)”.



Ano	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Investimentos	489	645	530	373	293	478	526	580	572	602	790	880	908

Ano	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Investimentos	886	1195	1694	2359	2092	2335	1791	1651	1750	976	673	**	**

Fig. 1.1 – Investimentos da indústria automobilística (ANFAVEA, 2005b).

Apesar da alta capacidade instalada, somente em 2004 a indústria automobilística brasileira conseguiu bater o seu recorde histórico, com a produção de 2,2 milhões de veículos (Fig. 1.2).

Unidades / Units

ANO YEAR	AUTOMÓVEIS CARS	COMERCIAIS LEVES LIGHT COMMERCIALS	CAMINHÕES TRUCKS	ÔNIBUS BUSES	TOTAL TOTAL
1957	1.166	10.871	16.259	2.246	30.542
1958	3.831	26.480	26.998	3.674	60.983
1959	14.495	41.959	36.657	3.003	96.114
1960	42.619	48.735	37.810	3.877	133.041
1961	60.205	54.886	26.891	3.602	145.584
1962	83.876	67.648	36.174	3.496	191.194
1963	94.764	55.397	21.556	2.474	174.191
1964	104.710	54.503	21.790	2.704	183.707
1965	113.772	46.456	21.828	3.131	185.187
1966	128.821	60.735	31.098	3.955	224.609
1967	139.260	54.421	27.141	4.665	225.487
1968	165.045	66.984	40.642	7.044	279.715
1969	244.379	63.073	40.569	5.679	353.700
1970	306.915	66.728	38.388	4.058	416.089
1971	399.863	73.840	38.868	4.393	516.964
1972	471.055	92.329	53.557	5.230	622.171
1973	564.002	110.810	69.202	6.362	750.376
1974	691.310	126.935	79.413	8.262	905.920
1975	712.526	128.895	78.688	10.126	930.235
1976	765.291	125.370	83.891	12.059	986.611
1977	732.360	73.637	101.368	13.828	921.193
1978	871.170	92.235	86.269	14.340	1.064.014
1979	912.018	110.065	93.051	12.832	1.127.966
1980	933.152	115.540	102.017	14.465	1.165.174
1981	585.834	105.264	76.350	13.393	780.841
1982	672.589	130.163	46.698	9.820	859.270
1983	748.371	106.390	35.487	6.206	896.454
1984	679.386	129.429	48.497	7.340	864.652
1985	759.141	134.411	64.769	8.385	966.706
1986	815.152	145.418	84.544	11.218	1.056.332
1987	683.380	148.847	74.205	13.639	920.071
1988	782.411	196.108	71.810	18.427	1.068.756
1989	730.992	205.008	62.699	14.553	1.013.252
1990	663.084	184.754	51.597	15.031	914.466
1991	705.303	182.609	49.295	23.012	960.219
1992	815.959	201.591	32.025	24.286	1.073.861
1993	1.100.278	224.387	47.876	18.894	1.391.435
1994	1.248.773	251.044	64.137	17.435	1.581.389
1995	1.297.467	239.399	70.495	21.647	1.629.008
1996	1.458.576	279.697	48.712	17.343	1.804.328
1997	1.677.858	306.545	63.744	21.556	2.069.703
1998	1.254.016	247.044	63.773	21.458	1.586.291
1999	1.109.509	176.994	55.277	14.934	1.356.714
2000	1.361.721	235.161	71.686	22.672	1.691.240
2001	1.501.586	214.936	77.431	23.163	1.817.116
2002	1.520.285	179.861	68.558	22.826	1.791.530
2003	1.505.139	216.702	78.960	26.990	1.827.791
2004	1.756.594	318.351	107.038	28.758	2.210.741

Fig. 1.2 – Produção de veículos (ANFAVEA, 2005c).

Antes da abertura do mercado automobilístico brasileiro na década de 90, o setor de veículos leves, era dividido praticamente entre 4 montadoras: Ford, GM, VW e FIAT. A partir de então este passou a ser dividido entre 15 montadoras instaladas no país, sendo elas: as quatro mencionadas, Daimler Chrysler, Honda,

IVECO, Karmann Guia, Land Rover, Mitsubishi Motors, Nissan, PSA Peugeot Citroen, Renault e Toyota.

Aconteceram grandes mudanças no cenário automobilístico brasileiro nos últimos anos, seja na quantidade de concorrentes, na modernização e construção de novas plantas ou na aplicação de grandes investimentos no setor; levando a indústria automobilística a possuir uma capacidade produtiva instalada muito acima das necessidades do mercado interno.

Dawar e Frost (1999), comentam que a chegada de uma multinacional em um mercado emergente, pode frequentemente parecer uma sentença de morte para empresas locais, devido a estas não conseguirem competir contra os seus vastos recursos financeiros e tecnológicos. Pode-se dizer, que este não é o caso das 4 grandes montadoras no Brasil, mas deve ser considerado, que com aumento para 15 montadoras em um mesmo mercado, criou-se uma grande competitividade entre elas, onde as novas empresas tentam tomar mercado, e as mais antigas tentam defendê-lo.

Segundo Shingo (1982), “a competitividade entre as montadoras as incentivam o uso do princípio de não custo. Anteriormente os responsáveis pela produção utilizavam o princípio simplista que: $\text{custo} + \text{lucro desejado} = \text{preço de venda}$. Acontece que atualmente a definição do preço final dos automóveis é ditada pelo mercado que define o preço final de venda, e desta forma tem-se: $\text{preço de venda} - \text{custo} = \text{lucro}$. Pode-se notar que a única forma de originar lucro com este princípio, é reduzindo custos, ou seja, eliminando desperdícios”. Pode-se também citar como estratégia das montadoras, agregar valor ao produto, como nos casos de veículos luxuosos (Fig. 1.3).

No Brasil, os fabricantes de automóveis tiveram no passado seu melhor período de vendas no ano de 1997 (Fig. 1.4). Porém em 2004, foram utilizados somente 56% da nova capacidade instalada, impactando diretamente o faturamento destas empresas.

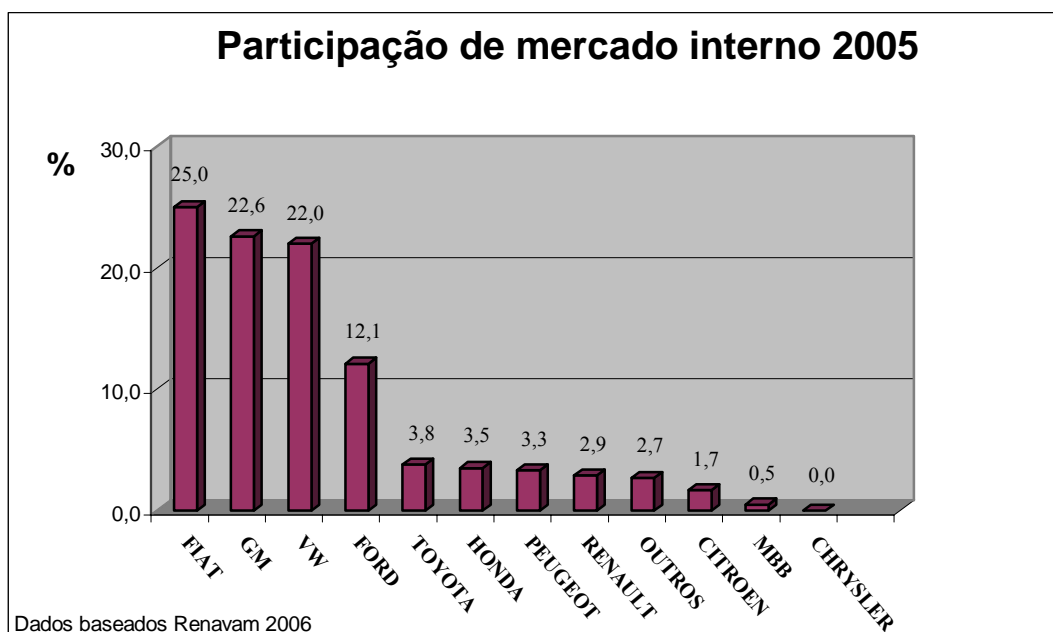


Fig. 1.3 – Participação de mercado interno de automóveis – Renavam 2006

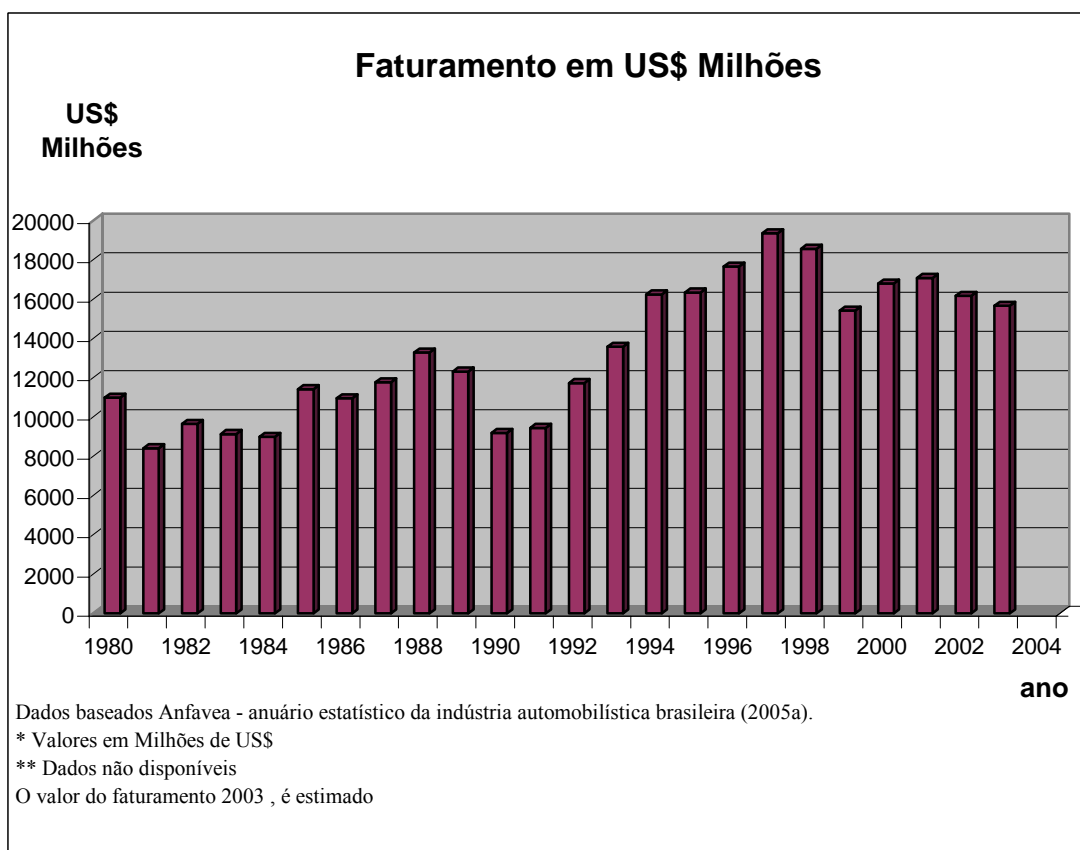


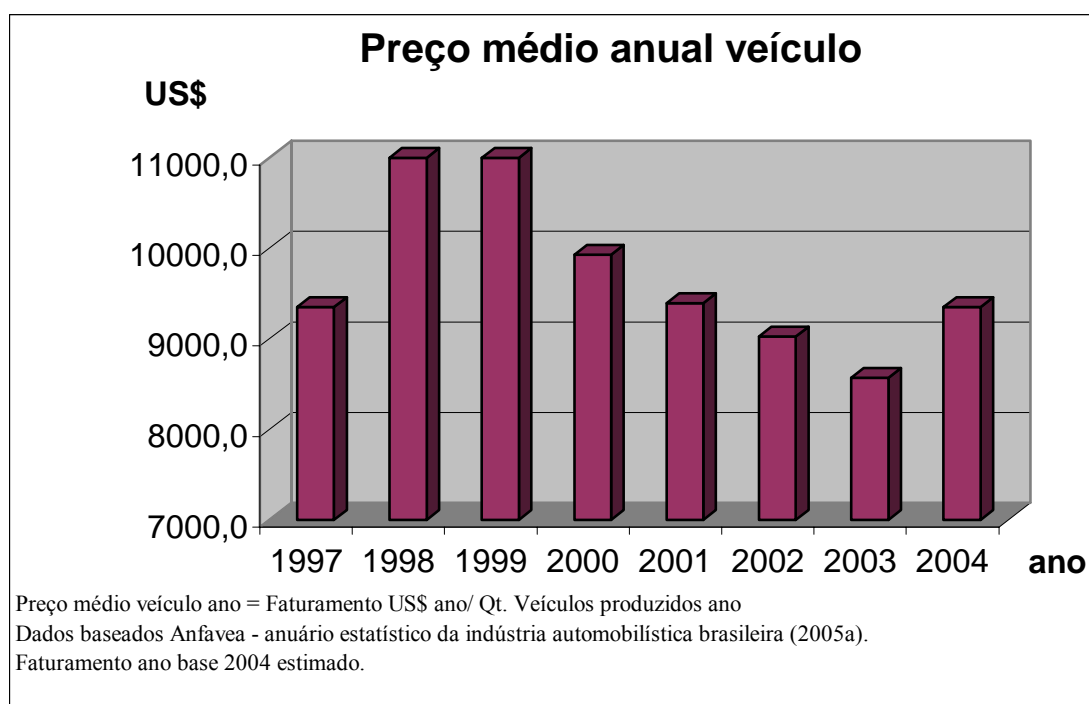
Fig. 1.4 – Faturamento anual dos fabricantes de automóveis (ANFAVEA, 2005a).

Ano	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Faturamento	10977	8411	9644	9128	8986	11415	10943	11762	13279	12312	9182	9438	11720

Ano	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Faturamento	13576	16245	16339	17650	19352	18560	15421	16792	17072	16171	15663	**	**

Fig. 1.4 – Faturamento anual dos fabricantes de automóveis (ANFAVEA, 2005a).

Fatores como estes levam os fabricantes de automóveis a uma acirrada competição para a manutenção de seu faturamento e de sua participação de mercado. Preço final, acabamentos e acessórios de uma determinada faixa de veículo, deixaram de ser uma escolha do fabricante, para serem ditadas pelo próprio mercado como um diferencial de oferta do produto. Estes aspectos levam os fabricantes a reverem o preço final de seus produtos e conseqüentemente suas margens de lucro de acordo com o mercado (Fig. 1.5).



Ano	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
US\$/veic.	9350,1	11700,2	11366,4	9928,8	9395,1	9026,4	8569,4	9352,1

Fig. 1.5 – Preço médio anual dos automóveis

1.1 - Objetivos e objeto de estudo

Levando-se em conta que a redução de custo para a produção de veículos passa cada vez mais a ter um papel fundamental no bom desempenho financeiro das montadoras, estudou-se a influência dos custos da falta de utilização da ergonomia nos postos de trabalho e no abastecimento planejado de peças em uma linha de montagem automotiva.

Os objetos deste estudo são a ergonomia e abastecimento planejado em uma linha de montagem automotiva. E o objetivo é identificar e verificar até que ponto pode-se gerar vantagens competitivas na redução do tempo de montagem no veículo, com a aplicação de investimentos tecnológicos em ergonomia nos postos de trabalho e no abastecimento planejado de peças. Com base nos dados coletados, a pesquisa avalia e propõe meios de se mensurar os ganhos com a redução de atividades que não agregam valor ao produto.

Para a validade da pesquisa e atendendo as exigências do método científico, formulou-se a hipótese de que devido ao custo de não se saber o real impacto da aplicação de investimentos em ergonomia, postos de trabalho padronizados, logística, manipuladores, instalações mais modernas, ou até possuir-se um time de planejamento de processos de produção mais robusto; os recursos acabam por não ser disponibilizados, acabando-se por aumentar o custo do produto final, com acréscimo de tempo não planejado, perda de qualidade, prejuízos a saúde dos colaboradores, etc.

Conforme Blaxill e Hout (1991), com um processo robusto, consegue-se melhorar a qualidade, reduzir os tempos de fabricação e os custos com o time de planejamento. Os autores ainda citam que se pode utilizar a Toyota como exemplo de um beneficiário na utilização do processo robusto, enquanto ela possui menos de um empregado por cada milhão de dólares em vendas, as outras montadoras nos Estados Unidos, possuem por volta de cinco empregados para o mesmo valor.

Segundo Iida (1995), a ergonomia contribui para melhorar a eficiência, a confiabilidade e a qualidade das operações industriais, aperfeiçoando o sistema homem-máquina, organização do trabalho e melhorando as condições de trabalho.

O aperfeiçoamento do sistema homem-máquina pode ocorrer tanto na fase de projeto das instalações, como na introdução em sistemas já existentes, adaptando-os às capacidades e limitações do organismo humano.

Uma segunda categoria da atuação da ergonomia está relacionada com os aspectos organizacionais do trabalho, procurando reduzir a fadiga e a monotonia, principalmente pela eliminação do trabalho altamente repetitivo, dos ritmos mecânicos impostos ao trabalhador, e da falta de motivação provocada pela pouca participação do mesmo nas decisões sobre o seu próprio trabalho.

Em terceiro lugar, a melhoria das condições de trabalho é feita pela análise das condições físicas de trabalho, como temperatura, ruídos, vibrações, gases tóxicos e iluminação.

Pode-se considerar que uma das explicações de não aplicar-se a ergonomia nas instalações, é que os planejadores responsáveis pela compra destas instalações na empresa estudada, não tem seu desempenho medido pelo resultado final do produto, e sim por atingir bons resultados financeiros na compra destas instalações, ou seja, abaixo do valor inicial planejado.

1.2 - Desenvolvimento do trabalho

Com o uso da metodologia *Methods-Time Measurement* (MTM), comparou-se as diferenças de tempo entre duas linhas de montagem, uma construída há três anos mencionada como inovadora, e outra construída a 20 anos mencionada como tradicional *.

De posse desses dados, apresentam-se cálculos financeiros utilizando as diferenças de tempo apuradas entre uma tarefa com sistema tradicional, e outra com sistema inovador (já com o uso da tecnologia MTM), justificando-se os investimentos necessários no aperfeiçoamento dos postos de trabalho, e conseqüentemente fornecendo-se melhores condições aos colaboradores.

- * O modelo tradicional de linha de montagem, é adotado na maioria das montadoras do Brasil.

Demonstra-se neste trabalho que com investimentos (mesmo que pequenos ou médios), pode-se melhorar significativamente as condições de trabalho do homem, ganhando em competitividade, qualidade, produtividade, e qualidade de vida do colaborador.

As duas linhas estão fisicamente em uma mesma planta, e possuem as mesmas influências do meio (RH, salários, alimentação, local de residência, nível de escolaridade, etc.).

O motivo pelo qual as montadoras acabam por utilizar instalações do tipo tradicional, é a necessidade de disponibilizar investimentos para mudança. Estes investimentos na maioria das vezes não ocorrem, devido a falta de uma metodologia para mensurar as vantagens que podem ser obtidas quando aplicados conceitos como: ergonomia, peças em seqüência de montagem, postos de trabalho padronizados, etc., com a conseqüente redução das atividades que não agregam valor ao veículo e do desgaste físico do operador, o que possibilitaria o uso desta mão-de-obra em outras atividades.

Pode-se ainda mencionar que a empresa estudada costuma iniciar efetivamente seus estudos de otimização de mão-de-obra, quando o produto já está na fase inicial de fabricação (ou seja, quando este já está em produção). O problema é que durante esta fase, existe grande dificuldade de se modificar o projeto ou mesmo o planejamento do processo de fabricação, pois geralmente todos os testes e validações necessários em um novo produto já foram executados, restando somente a implementação de ações corretivas no processo.

A linha mencionada como inovadora, possui elefantes (dispositivos que seguram o veículo durante o seu processo de montagem), com altura e velocidade reguláveis por CLP - controladores lógicos programáveis (dispositivos eletrônicos que controlam independentemente cada elefante de acordo com valores previamente definidos), permitindo a alteração da velocidade e da altura independentemente em cada elefante (Fig. 1.6).

Este tipo de tecnologia acaba por agregar uma grande flexibilidade à linha de montagem, pois em um mesmo posto de trabalho, pode-se programar alturas diferentes para modelos de veículos diferentes.

O mesmo não acontece no tradicional sistema *power free*, que por ser basicamente um sistema formado por trilhos e correntes de arraste, a velocidade do elefante é definida pela velocidade desta corrente de arraste, e a sua altura, pela posição dos trilhos de sustentação (Fig. 1.7).



Fig. 1.6 – Elefante com controle de velocidade e altura.



Fig. 1.7 – Elefante sem controle de velocidade e altura.

1.3 - Limitações da pesquisa e metodologia

O estudo foi conduzido no setor automobilístico na área de montagem final. Compararam-se dois processos de montagem mencionados anteriormente como tradicional e inovador, e as observações foram feitas diretamente na área de produção das duas linhas.

A pesquisa é um estudo de caso, onde se pode mensurar as vantagens e desvantagens aplicadas a processos de montagem no Brasil, comparando o inovador e o tradicional.

Utilizou-se como metodologia para a coleta de dados, a observação diretamente na linha de montagem e relatórios internos das áreas de Produção, Logística, Medicina ocupacional e Engenharias.

1.4 - Comparação dos resultados e público alvo

Para a comparação dos resultados do trabalho, levaram-se em conta documentos dos indicadores internos dos modelos produzidos nos processos, inovador e tradicional:

- *Audit*;
- Tempo total de montagem;
- Tempo adicional de NOS (*Normal of Standard*);
- Índice de satisfação do cliente;
- Custos de garantia;
- Faltas.

Visa-se com este trabalho, fornecer aos profissionais de engenharia de manufatura, engenharia de processos, logística, bem como aos profissionais de outras áreas, noções básicas do custo de atividades que não agregam valor aos produtos manufaturados, além de demonstrar a importância da aplicação de soluções ergonômicas como ferramenta de redução destes desperdícios.

A seguir estão descritos os indicadores internos de forma sucinta.

O *Audit* pode ser descrito como uma auditoria interna, executada diariamente em um ou mais modelos de veículos que devem ser retirados após o processo de montagem estar totalmente concluído (veículo disponível a concessionária).

Onde seguindo uma série de normas internas, o *Audit* tenta simular a avaliação executada por um cliente crítico quando este veículo for retirado na concessionária (entende-se por cliente crítico na empresa estudada, como aquele que em função de uma reclamação em seu veículo, faria uma opção de compra futura por um veículo de outra marca).

Para que a avaliação ocorra de forma padronizada em todas as plantas da empresa, criou-se uma série de procedimentos para a classificação do tipo de ocorrência e o seu peso na nota final do veículo (tabela 1.1).

Tab. 1.1 – Tipos de ocorrências

Categoria da ocorrência	Ocorrência A		Ocorrência B		Ocorrência C	
	A1	A	B1	B	C1	C
Peso das ocorrências	140	80	60	40	20	10
Influência de cada ocorrência	Risco de segurança; veículo invendável; pane	Inaceitável, com certeza levará a uma reclamação do cliente; ocorrência grave de superfície	Aspecto visual desagradável, funções prejudicadas, forte desvio em relação aos padrões recomendados	Desagradável, perturbador, desvio em relação aos padrões definidos e/ou recomendados, quebra de qualidade	Ocorrências que chamam atenção e que serão reclamadas pelos clientes exigentes	Ocorrências com alta frequência, são esperadas reclamações de clientes críticos
Efeito sobre o cliente	Veículo Indisponível	Veículo precisa ir a uma oficina fora da revisão normal	Cliente pedirá solução para a ocorrência quando da revisão normal		Cliente reclama do nível da qualidade	

Utilizando-se padrões pré-estabelecidos de aceitação, avaliam-se aspectos como funcionalidade, condição visual dos acabamentos internos e externos, ajustes,

defeitos de superfície, defeitos pintura, etc. Para após ter sido efetuada a auditoria do veículo, somarem-se todos os pontos dos defeitos encontrados no mesmo, e posteriormente com o uso de uma tabela de conversão (ver anexo2), obter-se a nota final do veículo.

A nota *Audit*, é um número adimensional onde um veículo com a nota 1 apresenta um excelente nível de qualidade (reduzida oferta de defeitos), e um veículo com nota 7, baixo nível de qualidade. (grande oferta de defeitos).

Define-se ainda para cada modelo fabricado na empresa estudada, uma nota mínima de qualidade aceitável, e caso a mesma não seja alcançada em algum veículo auditado, ações como bloqueio de venda dos veículos ou de embarque controlado, são aplicadas até que as ações de melhoria de qualidade sejam introduzidas e o nível mínimo de qualidade aceitável para aquele veículo volte a ser restabelecido.

Conforme PAP (2002), tempo padrão é o tempo necessário para que um operador experiente e qualificado, execute uma operação de acordo com o padrão de qualidade planejado, utilizando-se do método, materiais, equipamentos especificados e trabalhando no ritmo normal durante a jornada de trabalho.

O tempo padrão, se compõe não somente pela atividade do operador e pelo tempo máquina; mas também pelos movimentos necessários para a execução da operação, tolerâncias, suprir necessidades pessoais e demoras inerentes ao processo.

Considera-se o balanceamento de linha, como uma demora variável depende do volume de produção, não fazendo portanto parte do tempo padrão. De acordo com o PAP (2002), esta liberação adicional de mão de obra, deve ser autorizada separadamente como NOS (*Normal of Standard*).

Utiliza-se o *Normal of Standard*, para compensar as esperas variáveis causadas pela impossibilidade da utilização da carga total de trabalho de cada operador na linha de montagem, devido a variação dos opcionais dos veículos, pelos diferentes modelos montados em conjunto, pela distribuição física dos equipamentos na linha, pelas seqüências de montagens que devem ser respeitadas, e pelos diferentes volumes de produção. Todos estes fatores juntos acabam por levar a ocupações variadas em cada posto de trabalho, e conseqüentemente, a perdas no balanceamento das atividades.

Como regra na empresa estudada, primeiro calcula-se o tempo ciclo normal da linha de montagem; e posteriormente, aplica-se o NOS característico de cada área, definindo-se o ciclo real de trabalho da Linha.

Para obter-se o valor em horas do NOS em cada uma das linhas, utilizou-se a expressão (1).

$$\boxed{\text{NOS} = T^{\text{tm}} - T^{\text{tp}}} \quad (1)$$

Onde:

T^{tm} = tempo total real para a montagem do veículo

T^{tp} = tempo total padrão para a montagem do veículo.

O tempo total de montagem é como o próprio nome diz o tempo total gasto na montagem de um veículo na área de montagem final (com todas as perdas e retrabalhos desta área já embutidos), e o resultado final obtido, é em unidades de tempo conforme a expressão (2).

$$\boxed{T^{\text{tm}} = \frac{\Sigma H^{\text{mod}}}{Q^{\text{vp}}}} \quad (2)$$

Onde:

ΣH^{mod} = Somatória das horas utilizadas de mão de obra direta em unidades de tempo.

Q^{vp} = Quantidade de veículos produzidos neste mesmo período de tempo.

O índice de satisfação do cliente (adimensional) é composto pela média das notas atribuídas em uma pesquisa amostral, que é efetuada aos três e ou aos 12 meses após a entrega do veículo ao seu proprietário.

Dentro desta pesquisa, verifica-se o tipo de uso destinado ao veículo (particular, táxi ou comercial), se foram efetuadas modificações significativas no motor, câmbio, suspensão, tipo de combustível e ou a instalação de acessórios, entre muitos outros dados. Pergunta-se também, se o veículo apresentou algum problema até a data da pesquisa, para somente após toda esta indagação, solicitar ao proprietário atribuir uma nota de 1 a 10 a diversos itens descritos na Tab. 1.1, lhe

explicando inicialmente, que uma nota 10 ou 9 significa que está totalmente satisfeito com o veículo, e que, uma nota 1 ou 2, que está completamente insatisfeito com o mesmo.

Os custos de garantia se compõem, por todos os custos de peças e mão de obra, cobrados pelas concessionárias a montadora, em veículos que se encontram durante o período de garantia ou na extensão desta quando autorizado (pelo departamento de atendimento ao cliente da montadora), sendo este índice apresentado em R\$/veículo, conforme a expressão (3).

(3)

$$C^g = \frac{\sum C^{pmo}}{Q^{vg}}$$

Onde:

$\sum C^{pmo}$ = Somatória do custo de peças e de mão de obra cobrados pelas concessionárias a montadora.

Q^{vg} = Quantidade de veículos dentro do período de garantia.

O índice de faltas (adimensional) é a razão entre a soma de horas de todas as ausências contabilizadas dos colaboradores no seu setor de origem, incluídas dispensas médicas, faltas, atrasos, licenças previstas em lei, etc., e a soma de horas disponíveis (conforme expressão 4).

(4)

$$A = \frac{\sum H^a}{\sum H^d}$$

Onde:

$\sum H^a$ = Somatória de horas de ausências contabilizadas pelos setores de origem.

$\sum H^d$ = Somatória de horas disponíveis (quantidade de trabalhadores disponíveis em cada setor, multiplicado pela jornada de trabalho).

2 - REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 - Conceitos de desperdícios de mão de obra, logística, etc.

Um dos grandes problemas encontrados na manufatura de veículos da atualidade são os desperdícios não identificados ou sem causa definida, mas que são percebidos quando se compara o tempo planejado de montagem com tempo utilizado.

Tomam-se como exemplos de desperdícios com difícil identificação das causas, as faltas, os atrasos, retrabalhos, afastamentos médicos, excesso de movimentação, etc.

Segundo Iida (1995), decisões na empresa geralmente costumam ser tomadas com base em dados objetivos, baseadas na análise de custo benefício, ou seja, qualquer investimento só se realiza se os benefícios previstos forem maiores que os seus custos. No caso de uma mudança na produção, devem ser estimados os aumentos de produtividade e de qualidade, a redução dos desperdícios, as economias de energia, mão-de-obra, manutenção, e assim por diante.

Fazendo-se uma análise mais profunda das faltas, retrabalhos e afastamentos médicos, pode-se chegar a conclusão que estes têm, por muitas vezes ligação com as condições de trabalho do indivíduo por estas serem muito penosas, extremamente extenuantes, ou pelo tempo requerido da tarefa não ser o suficiente. Como o colaborador não possui meios para influenciar ou para melhorar estas condições no ambiente de trabalho, ou ainda por ter receio de reclamar (pelo medo de ser demitido, ou punido), acaba por utilizar outros meios para se poupar.

Segundo Shingo (1982), durante um experimento na linha de montagem de espelhos para veículos da Toyota, observou-se que no processo de encaixe do espelho na carcaça, ocorriam muitas quebras e a linha tinha de ser parada duas vezes por turno para limpeza. Procurando a origem do problema, foi observado que para encaixar o espelho na armação existia uma peça de borracha na sua parte posterior, e que durante sua montagem era necessário apertar a sua superfície para encaixá-la na armação. O número de espelhos danificados aumentava, quando o colaborador, que normalmente executava a tarefa faltava por algum motivo e era substituído por

outro, ou se os cuidados necessários para o encaixe não fossem respeitados (ser encaixado com calma). Definindo-se a causa, criou-se posteriormente como solução, um dispositivo para propiciar a montagem correta do espelho sem depender da perícia do colaborador, evitando desta forma a quebra do mesmo e abrindo a possibilidade da tarefa ser feita por outros colaboradores sem danificar as peças.

O exemplo citado é uma demonstração da falta de robustez de processos, e de que o tempo de ocupação influencia diretamente na qualidade final do produto. Pode-se ainda comentar um caso de uma linha de montagem na montadora estudada, onde um motor com baixo volume de produção (150 unidades/dia), que apresentava um índice de perda de 5% do volume total de motores produzidos, devido ao espanamento de uma fixação no bloco do motor. Após estudos nesta linha de montagem foram levantados os seguintes dados:

- O tempo necessário para a atividade era acima do tempo disponível da linha, levando-o a trabalhar com um rendimento acima de 100%;
- A tarefa não podia ser facilmente dividida, pois era necessária a montagem com uma seqüência de aperto cruzada dos parafusos, e não existiam operações próximas para agregar a tarefa, criando-se um segundo posto de montagem;
- Foram observados, em algumas peças, defeitos derivados de fundição, além de um erro de liberação da Engenharia, onde o parafuso indicado não era introduzido até o final da rosca de 40 mm (menor no comprimento total em 10 mm);
- A ferramenta utilizada, no aperto final era um torquímetro de estalo. Uma das características desta ferramenta é não propiciar robustez no processo, permitindo a aplicação de sobre torque, sendo ainda essa ferramenta demasiadamente pesada;
- O maior número de espanamentos ocorria após o horário do almoço, e geralmente durante a primeira fixação da peça.

Concluiu-se que parte dos refugos vinham a ocorrer devido ao comprimento 10 mm menor da rosca, e aos defeitos derivados da fundição que fragilizavam o material na região, e uma outra parte devido a deficiências do balanceamento da linha, levando o operador a trabalhar com um rendimento acima de 100%,

categorizando-se a atividade como penosa. Os pontos mencionados, aliados à falta de robustez do processo, favoreciam a ocorrência da falha. Interessante mencionar, que passadas mais de 6 horas de trabalho, o colaborador encontrava-se com um alto índice de fadiga, não conseguindo executar sua tarefa no tempo requerido da linha, e começando a atrasar sua operação prejudicando seus colegas dos postos seguintes e conseqüentemente desagradando seu chefe.

Neste momento, ele provocava um torque excessivo logo na primeira fixação do cabeçote, refugando o motor completamente. Desta forma, era paralisada a atividade de montagem naquele motor, e passava para o próximo, onde recuperava o tempo de atraso voltando ao seu local de trabalho ou ainda mais adiantado.

Aplicaram-se as seguintes soluções para o problema:

- Rebalanceou-se totalmente a linha de montagem, criando-se 2 postos para a atividade em questão, levando-se o tempo de ocupação abaixo dos 100%;
- Acertou-se a liberação do parafuso com a Engenharia para utilização de outro parafuso mais comprido, aproveitando-se o comprimento total da rosca no cabeçote (40 mm);
- Posteriormente instalou-se uma parafusadeira elétrica para a montagem dos parafusos, onde este equipamento além de ser mais leve e rápido não possibilita aplicação de sobre torque. Com o incremento de velocidade obtida com esta parafusadeira elétrica, possibilitou-se voltar a ter somente um posto para a operação.

O resultado obtido com as modificações foi a redução de refugos e retrabalhos, de 5 % para 0,5%.

O exemplo demonstra como a falta de robustez de processos, aliada a sobrecarga de trabalho no colaborador (neste caso uma ocupação de 130%), levam estes a se utilizar de outros meios para poupar-se, o que pode acabar por aumentar o absenteísmo, retrabalhos e afastamentos médicos dentro da empresa.

Axelsson e Eklund (2005), sugeriram após 25 estudos de caso conduzidos durante seis anos, que de 30 a 50% dos problemas de qualidade dentro da manufatura, estão ligados a mas condições de trabalho, mostrando que desta perspectiva, existe ainda muito a se fazer pela integração de programas de ergonomia e qualidade.

A qualidade deve ser vista como um grande diferencial para o futuro competitivo das empresas, e deve ser observada com profundidade, para redução de custos, melhoria na produtividade, para o cumprimento de prazos e dos programas de produção. Más condições de trabalho acabam por gerar problema com a ergonomia e como citado anteriormente, acabam por gerar problemas com a qualidade dos produtos, aumento de custos e desperdícios.

Lee e Quazi (2000), colocaram que o gerenciamento da qualidade, leva a práticas que além de satisfazerem o cliente, reduzem custos e aumentam a produtividade.

Magd e Curry (2003), sugeriram que produzir e entregar qualidade em produtos e serviços, vão ser a chave da sobrevivência da vantagem competitiva em nosso mercado.

2.2 - Classificação de atividade

De acordo com Guérin et al. (2001), pode-se dizer em uma primeira análise, que a atividade se opõe à inércia, sendo um conjunto de fenômenos (fisiológicos, psicológicos, psíquicos, etc.) que caracterizam o ser vivo cumprindo atos. Estes resultam de um movimento do conjunto do homem (corpo, pensamento, desejos, representações, história) adaptado a esse objetivo. No caso do trabalho, esse objetivo é socialmente determinado. Sem atividade humana não há trabalho, mas pode haver uma produção. Um automatismo, por exemplo, materializa de certo modo o trabalho necessário a sua concepção, fabricação e manutenção e transmite a cada unidade produzida uma parte do valor desse trabalho.

Segundo Womack e Jones (1996), classifica-se como desperdício qualquer atividade humana que absorve recursos e não agrega valor ao produto, como aquelas onde o cliente obterá algum benefício da atividade, como por exemplo: montar uma peça, fazer uma regulagem, montar uma proteção de transporte, etc. As atividades que não agregam valor ao produto, são aquelas que podem ser imprescindíveis para a fabricação do produto, mas o cliente não verá nenhum benefício, pois estas não agregam algo ao produto, como por exemplo: pegar uma máquina ou uma ferramenta, estoques intermediários, andar 20 metros para pegar uma peça, abaixar,

transportar uma peça, etc. Atividades como estas são facilmente encontradas no processo de fabricação, mas devem sempre ser vistas como um desperdício, e como qualquer desperdício, se não pode ser eliminado, deve pelo menos ser reduzido ao máximo.

Como a proposta deste trabalho é de se mensurar as vantagens competitivas na redução do tempo de montagem no veículo, com a aplicação de investimentos tecnológicos em ergonomia nos postos de trabalho e no abastecimento planejado de peças, nos concentraremos na redução das atividades que não agregam valor.

De acordo com Kazmierczak et al. (2005), classificam-se as tarefas no trabalho, entre trabalho necessário que são os que agregam valor, e perdas.

Segundo Shingo (1982), o fenômeno transporte não aumenta o valor agregado ao trabalho, mas somente eleva os custos, e que apesar disto, geralmente nas fábricas a logística envolve 45% do percentual nos processos; ficando as operações de processamento com os outros 45% e dividindo-se os restantes 10% igualmente entre a inspeção e estocagem; onde os trabalhos de processamento são idênticos ao percentual de transporte. Apesar disto, mesmo se o trabalho de transporte for mecanizado com a utilização de esteiras, por exemplo, isto simplesmente significa que altos custos requeridos para o transporte manual são convertidos para os mecânicos, os quais são perdas sem retorno. Precisa-se considerar a absoluta eliminação do transporte, melhorando-se o lay out das instalações, reduzindo-se estoques entre processos, que significam, por exemplo, um lote inteiro de peças de artigos que se encontram no estado de espera pelo próximo processo.

Pode-se afirmar que um dos objetivos dos fabricantes de veículos é montar veículos na quantidade solicitada e com qualidade necessária. Isto parece simples, mas quando se fala de milhares de partes de veículos e centenas de veículos por turno de trabalho, este objetivo torna-se muito difícil de ser atingido. Desta forma, pode-se entender a importância do JIT - *Just-in-Time* na manufatura moderna, onde além da completa eliminação de estoques intermediários, com a aplicação de software para seqüenciamento, elimina-se a necessidade de escolha pelo colaborador, pois a peça correta para aquele veículo, lhe é entregue seqüenciada para a montagem. A Toyota define *Just-in-Time*, como sendo a parte certa, na hora

certa, e na quantidade certa. Pode-se incluir no local certo, para se ter um requerimento completo.

Nota-se dentro das montadoras cada vez mais esforços para não ocorrerem paradas de linha, devido ao custo e perda de produção que estas paradas representam. Para estes objetivos serem atingidos, os colaboradores da área de manufatura, devem estar treinados em: o que, como, e em que momento montar determinada peça no veículo. Além de se ter todas as peças requeridas para os veículos disponíveis no momento necessários.

2.3 - Sistemas de abastecimento

A montadora estudada, utiliza-se basicamente de três sistemas de abastecimento: o tradicional onde as peças são dispostas ao lado do posto de trabalho, o JIT (*Just-in-Time*), onde o fornecedor por meio de um sistema de informação eletrônica é informado da necessidade da peça para um determinado veículo, entregando no momento de uso e o seqüenciamento interno onde também por meio eletrônico, provedores ou colaboradores internos são avisados da necessidade de peças, escolhendo-as e entregando-as no ponto de montagem.

A base do sistema de escolha de peças se inicia na liberação do produto, onde o uso de cada peça é descrito em um banco de dados utilizando-se um número primário chamado de número PR (*primäre Eigenschaftsnummern*), do mesmo modo *marketing* monta a composição dos veículos com o uso deste mesmo PR, como por exemplo, quando se deseja um veículo 1.6L, o PR que constará no pedido do veículo e na sua ficha de montagem será o MY0. Utilizando-se estes números primários, obtém-se uma série de códigos que dispostos em uma ficha são utilizados para a montagem do veículo, como no exemplo da Fig. 2.1.

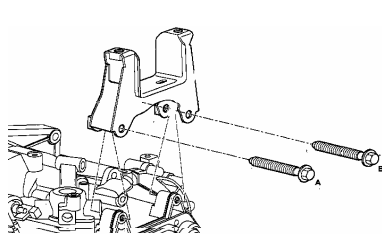
Nota-se no exemplo mostrado na Fig. 2.1, o funcionamento da metodologia de códigos empregada para peças escolhidas ao lado da linha. Considera-se na montadora estudada, que um nível de complexidade de até quatro PR's é aceitável para o colaborador, e em situações com maior nível de complexidade que permitam a montagem de peças erradas, procuram-se utilizar outros meios facilitadores na

seleção de peças, como folhas de instrução de montagem, seleção eletrônica das peças, etc.

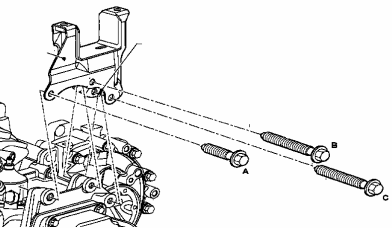
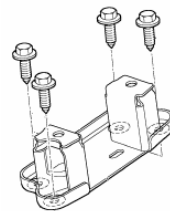
CHASSI: [Barcode]

Ficha de montagem

	A	B			G	H		
1	MY0 MOTOR	A8C V. BÁSICA	B41 EXPG. ESP.	B1D PAÍSES	G0C CÂMBIO	G16 SUSP. DIANT.	L0L DIREC.	L17 EIXO DIANT.
2	0AS ESTAB. DIANT.	OEM DIF. CLASSE	1A4 SIST. ALIM.	0N2 EIXO TR.	0YB EIXO TRAS.	1AL SIST. FREIO	1KM FREIO TR.	1LG FREIO TR.
3	1N4 DIREÇÃO	CONTR. PESO	8GD ALTERNAD.	9AB AQUEC/AC		7GL EMIS. GAS	OEM DIF. PEÇAS	7PA GP. PLAT.
4	MOTOR BAS.	0CX DIF. CLASSE	0G4 TRANSMIS.	0P0 PONT. ESCAP.	9U0 CONTR. PAST.		K8B Carroçaria	
5	7363 CÂMBIO	4102 MOTOR	21B Parafusamentos	44= REF.			MY2005 Liberação	



Peça Nº 6Q0 199 111K/Q



Peça Nº 6Q0 199 111.R

Peça	número	PR
console coxim 1.4 AUT	6Q0 199 111 P	MN7/G0F+0EL
console coxim 1.0/1.4/1.6L	6Q0 199 111 K	G0C+MY0 MN7/MP0/MY9- OEM
console coxim 2.0/SDI	6Q0 199 111 Q	G0C+M0R /ME0/+OEM
console coxim 1.4 TDI	6Q0 199 111 R	G0C+M6F+OEJ

Fig. 2.1 – Sistema de escolha de peças e ficha de montagem

Os sistemas JIT (*Just-in-Time*) e de seqüenciamento de peças, são utilizados na montadora estudada geralmente em peças onde não existe espaço de abastecimento físico na linha, ou nas peças de maior custo.

Segundo Kaplan e Atkinson (1998), dentre várias ações para redução de custos utilizadas em um dos seus casos de estudo para aumento de eficiência operacional e redução de custos, aplicou-se o sistema JIT, técnicas para efetivar entregas no prazo, qualidade total, auxílio a produção pelos departamentos de suporte da manufatura na solução de problemas, e técnicas para mover a responsabilidade pela solução de problemas a níveis operacionais mais baixos. Conforme os autores, os resultados destas mudanças foram expressivos na empresa estudada.

Reduziram-se substancialmente os tempos de ciclo, as horas diretas trabalhadas por unidade produzida, e o excesso de inventário, e notou-se ainda um aumento na produtividade por empregado. Comenta-se que problemas de eficiência em uma linha que trabalhe com o sistema JIT são facilmente estudados, estoques intermediários não mais existem e é impossível para qualquer pessoa, trabalhar mais rápido ou devagar do que a linha se move. Os autores comentam, que caso tenha-se qualquer problema na linha de montagem, este se torna imediatamente aparente devido a interrupção do fluxo, tendo de ser imediatamente resolvido com a implementação de uma contenção ou correção, evitando desta forma uma parada de linha, ou retrabalhos posteriores.

Pode-se também colocar como uma vantagem do sistema JIT, a redução dos índices de retrabalho por erros de montagem, pois as peças do sistema JIT são fornecidas escolhidas pelo seu fabricante, evitando-se desta forma os erros de leitura. As vantagens na redução dos índices de retrabalhos devido a escolha errada aplicam-se também às peças seqüenciadas, onde peças que necessitam de uma escolha complexa, que não tenham local para abastecimento na linha, ou que tenham possibilidade de montagem errada, são priorizadas para estes métodos. Toma-se como exemplo o motor do veículo da Fig. 2.2.



Fig. 2.2 – Sistema de seqüenciamento eletrônico de peças

Peça	numero	PR
motor 1,6 L - 4843	032 100 014 A	+B0A/B1E/B1G/B1Q/B1D+MY0+0CX
motor 1,6 L - 4959	032 100 014 R	+B1C/ B1U/ B3A/ B3B/ B3C + MY0+0CX
motor 1,6 L - 4102	032 100 014 AG	+B1D+MY0+0CX+7GL

Fig. 2.2 – Sistema de seqüenciamento eletrônico de peças

No exemplo apresentado na Fig. 2.2, mostra-se a utilização de um sistema de seqüenciamento eletrônico de peças, em comparação com o processo de escolha por PR's. No sistema tradicional, o operador combina 4 PR's (B1D+MY0+0CX+7GL), para seleccionar o motor 1,6L com número 032.100.014.AG.

Já com o uso do seqüenciamento eletrônico de peças, o operador compara o número *sorten* do motor (número de identificação simplificado, fornecido na etiqueta de identificação do motor), com número fornecido na ficha de montagem do veículo (formado com base no sistema de dados da empresa a partir da combinação dos PR's do veículo a ser montado), cabendo ao operador somente pegar o motor com o mesmo número na ficha de montagem e na etiqueta do motor.

Para aplicações onde este número *sorten* não está disponível na peça (somente o número completo da mesma), utiliza-se a técnica de disponibilizar o final do número da peça na ficha, que seria no exemplo da peça 032.100.014.AG o número 14AG, ou mesmo em outros casos, o número completo da peça.

Segundo Slack, Chamber e Johnston (2002), existem dois benefícios da crescente automação em tecnologia de processo: a economia de custos de mão-de-obra direta, e a redução da variabilidade da operação. Ou seja, a tecnologia desempenha tarefas mais rapidamente e ainda de forma mais segura do que uma pessoa, pois o sistema computadorizado, não está sujeito ao erro humano, aumentando-se a confiabilidade no processo, reduzindo-se os erros de montagem e retrabalho no produto final.

Com a utilização dos métodos expostos, o problema de leitura incorreta é bastante reduzido na montadora, mesmo levando em conta os grandes volumes de produção, as grandes quantidades de leituras, e as repetições constantes de acabamentos.

Segundo Iida (1995), “a confiabilidade humana é simplesmente a probabilidade de um desempenho bem sucedido de uma tarefa pelo homem. Ela é expressa como uma probabilidade. Por exemplo, se a confiabilidade para leitura de um tipo de painel for de novecentos e oitenta e dois milésimos, significa que, em mil leituras, podem-se esperar novecentas e oitenta e duas leituras corretas e dezoito erradas”.

2.4 - Conceitos MTM

Segundo REFA (1994a), impulsos importantes para o desenvolvimento do sistema de tempos pré-determinados, partiram de Taylor (apud REFA, 1994a), e especialmente de Gilbreth (apud REFA, 1994a). Nestes estudos, descobriu-se que o tempo de execução de uma atividade, desde que considerando-se a mesma tarefa (produtividade), com aptidão (habilidade), com operatividade (esforço), e dentro dos limites corretos de trabalho das pessoas envolvidas no processo, depende exclusivamente do método empregado. Sabe-se hoje, que esta é ‘uma visão muito mecânica’, pois as influências que resultam, por exemplo, da motivação do ser humano, das influências ambientais ou das características do objetivo do trabalho encontram-se excluídas dessa consideração.

Segundo Corrêa e Corrêa (2004), Frank Gilbreth, estendeu os estudos de tempo de Taylor para o que chamou de estudos de movimentos, a respeito dos quais fez extensivos estudos na área de construção civil, buscando procedimentos mais eficientes. Em publicações de 1924 identificava em seus estudos (que utilizavam, já nesta época, câmeras filmadoras) uma série de movimentos humanos elementares realizados na execução de tarefas, aos quais denominou *therbligs*, hoje em número de 18, que podem ser usados na análise (divisão) de tarefas complexas.

Realizaram-se ainda estudos dos movimentos, procurando-se encontrar os métodos de execução que levassem aos menores tempos de realização, eliminando-se todos os *therbligs* que não agregavam valor ao produto. Dentro deste estudo analisaram-se os movimentos feitos para a mão direita e esquerda, sendo por isto denominada análise bi-manual (Tab. 2.1).

Pode-se mencionar que os pontos fracos do estudo dos movimentos, se encontravam, em princípio, no fato de que não se podia relacionar tempo com movimentos e assim, avaliar alternativas de método. Isto conduziu finalmente ao desenvolvimento dos sistemas de tempos pré-determinados que são um desenvolvimento adicional do “futuro dos movimentos” na medida em que se eliminavam seus pontos fracos, permitindo relacionar tempos de execução com movimentos analisados, ou seja, avaliar quantitativamente. Assim Gilberth, desenvolveu, entre o ano de 1919 a 1924, o primeiro sistema de tempos pré-determinados, MTA (*Motion Time Analysis*).

Tab. 2.1 – Demonstrativo de análise MTM bi-manual

Tarefa: aparafusar parafuso 8 X 40 utilizando chave de fenda.		
Nº.	mão esquerda	mão direita
1	movimento de mão vazia => parafuso	
2	pegar	
3	parafuso => acertar posição do parafuso	
4	posicionar parafuso no lugar	
5		movimento de mão vazia => chave de fenda
6		pegar
7		chave de fenda => parafuso

O desenvolvimento histórico do sistema MTM, aconteceu no ano de 1940. Os pesquisadores do estudo do trabalho, os americanos: H. B. Maynard, J. L. Schawab, G. J. Stegemerten (apud REFA, 1994a), participaram de um trabalho de assessoria na firma “*Methods Engineering Concil*”, em Pittsburg, Pensylvania (EUA). Pesquisavam-se então dados básicos do sistema MTM que, nos anos subseqüentes, viriam a ser complementados e comprovados no ambiente industrial. No ano de 1948 ocorria a publicação da revista “*Factory Management and Maintenance*”. No mesmo ano surgia o livro “*Methods-Time Measurement*”, no qual se encontravam publicadas as bases do sistema MTM.

Sistemas mais complexos baseados no sistema MTM, foram desenvolvidos na década de 1960, como por exemplo, os valores básicos MTM, ou o sistema MTM-2, assim como o sistema Básico MTM, que fundamentou-se em princípios formulados pelos responsáveis pela sua elaboração, visando-se atender as seguintes exigências:

- O sistema deve ser aplicável a todos os ramos de atividades econômicas;
- O sistema deve ser facilmente compreendido por todos e sua aprendizagem deve dispensar a exigência de conhecimentos específicos como pré-requisito;
- O sistema deve ser estruturado de tal forma que o tempo de execução para um determinado método “seja consequência desse método”;
- O procedimento deve ser utilizado internacionalmente de modo uniforme.

No dia 18 de outubro de 1962 empresários alemães fundaram a Associação Alemã MTM (DMTM-V), cujos os estatutos foram registrados em 1963 no Registro de Associações do Tribunal de Comarca de Frankfurt. Onde de acordo com o parágrafo 2 de seu Estatuto, a finalidade principal da DMTM-V consiste em:

“Servir ao estudo do trabalho e ao estudo de tempos, divulgando especialmente o sistema de tempos pré-determinados, que foi desenvolvido nos EUA, sob o título de “*Methods-Time Measurement (MTM)*”, bem como, promover sua correta e uniforme utilização prática”.

O total de dados que levaram ao desenvolvimento do sistema MTM, se encontra arquivado na Universidade de Michigan em Ann Arbor (EUA), bem como, no Conselho de Pesquisa Maynard, em Pittsburg, Pensylvania (EUA) e podem ser consultados pelos interessados. Eles formaram as bases para as pesquisas realizadas nos anos cinquenta e sessenta pela Associação americana de MTM para Padrões e Pesquisa. Ao lado da obra de Maynard, Schwab e Stegemerten, “*Methods-Time Measurement*”, publicada em 1948 (apud REFA, 1994a), os relatórios de pesquisas básicas representam o “Manual Original” do Sistema MTM.

Para a determinação dos movimentos elementares e seus tempos, os autores filmaram uma grande quantidade de processos de trabalho industriais, para posteriormente, através da contagem dos quadros do filme pertencentes a cada movimento (velocidade do filme de 16 quadros/segundo), determinar os tempos

efetivos empregados; o procedimento da pesquisa de dados está detalhadamente descrito no ensaio de Maynard, Schwab e Stegemerten.

No caso de outros movimentos, como o caminhar, os tempos efetivos foram pesquisados com auxílio da cronometragem.

Conforme Lowry, Maynard e Stegemerten (apud REFA, 1994a), a dispersão de tempos resultante da dispersão operacional interpessoal, foi compensada com auxílio de um processo americano de avaliação do grau de rendimento, o sistema LMS como o “correspondente ao trabalho de um ser humano medianamente treinado que pode executar esse trabalho por longo tempo sem se cansar”. Na avaliação do grau de rendimento através do sistema LMS são avaliadas as seguintes características: habilidade, esforço (aptidão), uniformidade do tempo de execução e condição de trabalho.

O nivelamento em 100% que a avaliação do grau de rendimento estabeleceu é consequência de uma série de experiências práticas nas empresas e foi obtido do seguinte modo:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Tempo pesquisado} \\ \text{pelos autores, com} \\ \text{uso da filmagem.} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Grau médio de} \\ \text{rendimento LMS, da} \\ \text{série de experiências de} \\ \text{avaliação.} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Rendimento} \\ \text{normal} \\ \text{MTM.} \\ \hline \end{array}$$

Os tempos normais de acordo com o rendimento MTM foram com auxílio de procedimentos estatísticos, trabalhados para compensar as dispersões dos valores obtidos pela mecanização direta dos tempos. Disto, resultou a tabela de valores de tempo padrão MTM que, desde sua primeira edição (Tab. 2.6 e 2.7), só foram ligeiramente alterados em função de resultados de novas pesquisas realizadas em 1973, quando da redefinição do movimento básico premir (aplicar pressão).

Segundo a REFA (1994a), MTM ou *Methods-Time Measurement*, o tempo necessário para a execução de uma determinada operação, depende do método empregado para executá-la, ou em outras palavras, o tempo é uma função do método.

MTM é um sistema usado para estruturar seqüências de movimentos manuais em movimentos básicos, onde cada movimento básico corresponde a valores de tempo normais pré-determinados de acordo com as grandezas de

influência de cada movimento. Pode-se dizer que os limites da metodologia MTM, é que esta somente pode ser utilizada para análise de operações manuais, ou seja, totalmente influenciáveis pelo homem. Outros tempos de processo, como tempo máquina, por exemplo, devem ser calculados ou pesquisados com registros de tempos com cronômetro. É importante salientar, que tarefas intelectuais (que necessitam de decisão), tempos de descanso, falta de habilidade (colaboradores sem o treinamento necessário), ou necessidades pessoais, não estão contidos no tempo padrão.

Segundo Iida (1995), pode-se dizer que existem basicamente dois tipos de enfoques para analisar o posto de trabalho, o enfoque tradicional que é baseado nos princípios de economia de movimentos, e o enfoque ergonômico baseando-se principalmente na análise biomecânica da postura.

Entende-se que o posto de trabalho é um importante item a ser considerado no processo de fabricação. Pode-se definir postos de trabalho como um dos componentes do sistema de produção que envolve três fatores básicos: o homem, os elementos físicos como as máquinas e o ambiente em que ele se encontra.

Dentre as vantagens do MTM, entende-se que a metodologia obriga o usuário a planejar detalhadamente os métodos de trabalho, os meios de produção e o desenho de como será o futuro posto de trabalho ainda durante no estágio de planejamento para a formação dos tempos de execução, acabando por levar a um planejamento muito mais profundo e elaborado.

Conforme Couto (1996), a tecnologia de tempos e métodos e de cronoanálise, apresenta um conjunto de conhecimentos impressionante sobre o trabalho, e se bem feita, é capaz de estabelecer o ritmo de trabalho compatível com uma ótima produtividade e com ausência de fadiga. O autor menciona ainda, que em ergonomia estas técnicas têm importância fundamental para a definição do tempo padrão de determinada tarefa, e propiciam conhecimento sobre os diversos elementos do trabalho, dos fatores de dificuldade inerentes aos mesmos, e da compensação necessária ao tempo-padrão para realizar-se a tarefa.

Segundo Evans e Schlaich, (apud REFA,1994a), as tarefas totalmente influenciáveis pelo homem, são compostas de 80 a 85% por movimentos básicos, onde também os típicos ciclos de movimentos se seguem (Fig. 2.3).

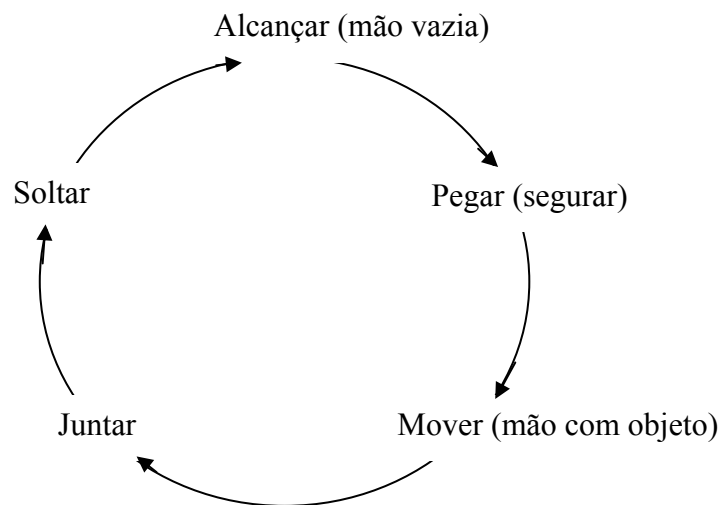


Fig. 2.3 – Ciclos típicos de movimentos

Considera-se dentro dos dados *standard* MTM (tempos padrão), os movimentos básicos das mãos: pegar, posicionar, premir, separar e torcer, e as duas funções visuais: movimento dos olhos e examinar.

Além destes, são descritos os movimentos: do pé, pernas e mudança do tórax com ajuda dos movimentos do corpo.

- Movimento do pé sem desvio do eixo do corpo;
- Movimento da perna sem desvio do eixo do corpo;
- Passo lateral com desvio do eixo do corpo;
- Torção do corpo com desvio do eixo do corpo;
- Andar com desvio do eixo do corpo;
- Inclinar e erguer com inclinação do eixo do corpo;
- Abaixar e erguer com inclinação do eixo do corpo;
- Ajoelhar e erguer com inclinação do eixo do corpo;
- Sentar e erguer com inclinação do eixo do corpo;

Pode-se comentar que, além dos itens mencionados anteriormente, a metodologia MTM considera nos movimentos executados, as variáveis:

- Distância do movimento;
- Grau de dificuldade.

Toma-se como exemplo, a Tab. 2.2, com a base de dados da tabela MTM:

Tab. 2.2 – Influência da distância e grau de dificuldade nos movimentos

Tipo de movimento	Distância (cm)	Tempo (seg)
Alcançar um objeto solitário que se encontra sempre exatamente no mesmo lugar	8	0,2
Alcançar um objeto solitário que se encontra sempre exatamente no mesmo lugar	80	0,7
Alcançar um objeto solitário que se encontra misturado com outros, sendo necessário sua escolha	8	0,3
Alcançar um objeto solitário que se encontra misturado com outros, sendo necessário sua escolha	80	1,0

Nota-se pelos dados apresentados (Tab. 2.2), que o tempo necessário para se alcançar um objeto, não é uma simples interpolação de valores em relação a distância, mas sim tempos estudados para cada uma das condições.

Segundo a REFA (1994a), a publicação atualmente válida da Tabela de Valores Normais de Tempo é a MTM-Data-Card 101 A, edição de 1955, da associação MTM dos EUA e Canadá. Na tabela Original MTM 101 A se baseiam as tabelas nacionais reconhecidas pelo Diretório Internacional. Ocorrendo desta forma, uma concordância em nível internacional, onde a única diferença encontrada, é a tradução das medidas em polegadas para o sistema métrico, para diversas Associações Nacionais Tab. 2.3 e Tab. 2.4.

Novaski (2002), comenta que o conceito e o método MTM, não ficaram estáticos ao longo do tempo (Tab. 2.5), ocorrendo uma evolução do conceito inicialmente elaborado em 1948, atingindo-se altos níveis de aperfeiçoamento e sofisticação, acabando por ter aplicações bastante diversificadas. Colocando o autor, várias observações em relação á alguns dos módulos MTM:

- MTM-UAS e MEK: São módulos continuamente desenvolvidos, sendo ratificados pelos novos processos compactados;

Tab. 2.3 – Tempos normalizados MTM

MTM	MTM
Tabela de Tempos Normalizados	Tabela de Tempos Normalizados
Associação Alemã de MTM Elchnaussee 352, 22609 Hamburg Tel.: (0049)40-823011 - Fax: (0049)40-826594	Associação Alemã de MTM Elchnaussee 352, 22609 Hamburg Tel.: (0049)40-823011 - Fax: (0049)40-826594
REFA	REFA

Os valores de Tempo desta Tabela correspondem ao Grau de Rendimento 100% conforme LMS	
TMU	Segundo
1	0,036
27,8	1
1666,7	1
100000	1

A utilização desta Tabela sem os conhecimentos básicos de MTM poderá conduzir o usuário a resultados falsos

Movimentos Básicos Simultâneos										
Alcançar	Separar	Junta	Pegar	Mover	Alcançar					
R	D	P	G	M	R	1A	2	3	4	5
A, E	2	1NS	1S	1A	A					
B	1E	2SS	2S	2B	B					
C	1D	2NS	2S	2C	C					
A, B, m	D	1E	1D	1E	D					
B	E	1D	1E	1D	E					
C	D	1E	1D	1E	D					
A, B, m	X	X	X	X	X					
B	X	X	X	X	X					
C	X	X	X	X	X					
1A, 2, 3	X	X	X	X	X					
1B, 1C	X	X	X	X	X					
4	X	X	X	X	X					
1S	X	X	X	X	X					
1SS, 2S	X	X	X	X	X					
1NS, 2SS, 2NS	X	X	X	X	X					
1E, 1D	X	X	X	X	X					
2	X	X	X	X	X					

Movimentos Básicos que não figuram nesta tabela:

W = Dentro do Campo Normal de Visão
 O = Fora do Campo Normal de Visão
 E = Manejo fácil
 D = Manejo difícil

Funções Visuais

W = Dentro do Campo Normal de Visão
 O = Fora do Campo Normal de Visão
 E = Manejo fácil
 D = Manejo difícil

Possibilidade de execução simultâneas:

- Fácil
 - Com prática
 - Difícil

Movimentos Básicos que não figuram nesta tabela:

T = Tercer
 Normalmente fácil com todos os Movimentos Básicos, exceto quando o Tercer for controlado ou houver um Separar.
 A P = Premir
 P3 = Juntar
 D3 = Separar
 RL = Soltar
 Sempre difícil.
 Normalmente difícil.
 Sempre fácil.

Símbolo	TMU	Descrição
ET	16,2 = T D	Movimento dos Olhos (Eye Travel) T = Distância entre os pontos observados D = Distância dos olhos à linha dos pontos observados
EF	Máx. 20,0 7,3	Examinar (Eye Focus)

Simb.	Estorço	em kg	Ângulo de Torção em Graus											
			30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	
S	Pequeno	≤ 1	2,8	3,5	4,1	4,8	5,4	6,1	6,8	7,4	8,1	8,7	9,4	
M	Médio	> 1 até ≤ 5	4,4	5,5	6,5	7,5	8,5	9,6	10,6	11,6	12,7	13,7	14,8	
L	Grande	> 5 até ≤ 16	8,4	10,5	12,3	14,4	16,2	18,3	20,4	22,2	24,3	26,1	28,2	

Corpo, Perna e Movimentos do Pé		
Simb.	TMU	Descrição do movimento
FM	8,5	Movimento do Pé
FMP	19,1	Movimento do Pé com forte pressão
LM	7,1	Movimento da Perna
LM	0,5	até 15 cm cada cm adicional
SS-C1	17,0	Passo lateral, deslocamento lateral do eixo do corpo
	0,2	até 30 cm cada cm adicional
SS-C2	34,1	Caso I : O passo lateral está terminado quando a perna movida tocar novamente o solo.
	0,2	até 60 cm cada cm adicional
TBC 1	16,6	Caso II : A segunda perna movida deve tocar novamente o solo antes de poder ser iniciado o movimento seguinte.
TBC 2	37,2	Torção do corpo para a esquerda ou para a direita de 45° - 90°.
B, S, KOK	29,0	Caso I : A torção do corpo está terminada quando a perna movida tocar novamente o solo.
AB, AS, AKOK	31,9	Caso II : A segunda perna movida deve tocar novamente o solo antes de poder ser iniciado o movimento seguinte.
KBK	69,4	Indinar, abaixar, ajoelhar sobre um joelho
AKBK	76,7	Levantar-se
SIT	34,7	Ajoelhar sobre os dois joelhos
STD	43,4	Levantar-se
W-P	15,0	Sentar-se
W-PO	17,0	Levantar-se
W-PL	17,0	andar sem obstáculos
		andar com obstáculos
		andar com carga

Os dados inseridos correspondem todos aos da Tabela Original - MTM 101 A 1955.
 Direitos autorais legalmente protegidos - Reprodução Proibida - Copyright © 1955, © 1965
 Registrado no cadastro de autores do Registro de Patentes da Alemanha sob n.º 59
 Propriedade da REFA - Associação para o Estudo do Trabalhador e a Organização Empresarial

Tab. 2.4 – Tempos normalizados MTM

Ext. do Mov. em cm	Tempo normalizado em TMU										Descrição dos Casos
	R-A	R-B	R-C	R-E	mR-A R-Am	mR-B R-Bm	m-Valor para B				
até 2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	0,4	A Alcançar um objeto solitário, que se encontra sempre exatamente no mesmo lugar, que está na outra mão ou sobre o qual a outra mão repousa.			
4	3,4	3,4	5,1	3,2	3,0	2,4	1,0	B Alcançar um objeto solitário, que de ciclo em ciclo da operação se encontra em lugar diferente.			
6	4,5	4,5	6,5	4,4	3,9	3,1	1,4	C Alcançar um objeto que se encontra misturado com outros iguais ou diferentes, sendo necessário sua escolha.			
8	5,5	5,5	7,5	5,5	4,6	3,7	1,8	D Alcançar um objeto muito pequeno ou que exija um pegar exato ou com cuidado.			
10	6,1	6,3	8,4	6,8	4,9	4,3	2,0	E Colocar a mão em local indeterminado para obter o equilíbrio, para preparar-se para o próximo movimento, ou para retirar a mão da zona de trabalho.			
12	6,4	7,4	9,1	7,3	5,2	4,6	2,6				
14	6,8	8,2	9,7	7,8	5,5	5,4	2,8				
16	7,1	8,8	10,3	8,2	5,8	5,9	2,9				
18	7,5	9,4	10,8	8,7	6,1	6,5	2,9				
20	7,8	10,0	11,4	9,2	6,5	7,1	2,9				
22	8,1	10,5	11,9	9,7	6,8	7,7	2,8				
24	8,5	11,1	12,5	10,2	7,1	8,2	2,9				
26	8,8	11,7	13,0	10,7	7,4	8,8	2,9				
28	9,2	12,2	13,6	11,2	7,7	9,4	2,8				
30	9,5	12,8	14,1	11,7	8,0	9,9	2,9				
35	10,4	14,2	15,5	12,9	8,8	11,4	2,8				
40	11,3	15,6	16,8	14,1	9,6	12,8	2,8				
45	12,1	17,0	18,2	15,3	10,4	14,2	2,8				
50	13,0	18,4	19,6	16,5	11,2	15,7	2,7				
55	13,9	19,8	20,9	17,8	12,0	17,1	2,7				
60	14,7	21,2	22,3	19,0	12,8	18,5	2,7				
65	15,6	22,6	23,6	20,2	13,5	19,9	2,7				
70	16,5	24,1	25,0	21,4	14,3	21,4	2,7				
75	17,3	25,5	26,4	22,6	15,1	22,8	2,7				
80	18,2	26,9	27,7	23,9	15,9	24,2	2,7				

Ext. do Mov. em cm	Tempo normalizado em TMU										Descrição dos Casos
	M-A	M-B	M-C	mM-B M-Bm	m-Valor para B						
até 2	2,0	2,0	2,0	1,7	0,3	A Mover um objeto para a outra mão ou contra um encosto					
4	3,1	4,0	4,5	2,8	1,2	B Mover um objeto para um local aproximado ou indeterminado					
6	4,1	5,0	5,8	3,1	1,9	C Mover um objeto para um local exatamente determinado					
8	5,1	5,9	6,9	3,7	2,2						
10	6,0	6,8	7,9	4,3	2,5						
12	6,9	7,7	8,8	4,9	2,8						
14	7,7	8,5	9,8	5,4	3,1						
16	8,3	9,2	10,5	6,0	3,2						
18	9,0	9,8	11,1	6,5	3,3						
20	9,6	10,5	11,7	7,1	3,4						
22	10,2	11,2	12,4	7,6	3,6						
24	10,8	11,8	13,0	8,2	3,6						
26	11,5	12,3	13,7	8,7	3,6						
28	12,1	12,8	14,4	9,3	3,5						
30	12,7	13,3	15,1	9,8	3,5						
35	14,3	14,5	16,8	11,2	3,3						
40	15,8	15,6	18,5	12,6	3,0						
45	17,4	16,8	20,1	14,0	2,8						
50	19,0	18,0	21,8	15,4	2,6						
55	20,5	19,2	23,5	16,8	2,4						
60	22,1	20,4	25,2	18,2	2,2						
65	23,6	21,6	26,9	19,5	2,1						
70	25,2	22,8	28,6	20,9	1,9						
75	26,7	24,0	30,3	22,3	1,7						
80	28,3	25,2	32,0	23,7	1,5						

Simb.	Ajuste	Descrição	Junta - P - (Position)		
			Alinhar mm	Simetria	E D
P1	Folgado	Desnecessário pressão	≤ ± 6,0	S	5,6 11,2
P2	Justo	Necessário leve pressão	≤ ± 1,5	SS	9,1 14,7
				NS	10,4 16,0
				S	16,2 21,8
P3	Firme	Necessário forte pressão	≤ ± 0,4	SS	19,7 25,3
				NS	21,0 26,6
				S	43,0 48,6
			SS	46,5 52,1	
			NS	47,8 53,4	

Simb.	Ajuste	Descrição	Premir - AP - (Apply - Pressure)		
			Componentes	AF -3,4	Empregar força
APA	10,6	Sem repegar	AF + DM + RLF	DM -4,2	Tempo mínimo de manter força
APB	16,2	Com repegar	G2 + APA	RLF-3,0	Reduzir força

Simb.	Ajuste	Descrição	Separar - D - (Disengage)		
			Componentes	E	D
D1	Folgado	Força muito pequena - retrocesso reduzido		4,0	5,7
D2	Justo	Media Força - traco retrocesso, até 10 cm		7,5	11,8
D3	Firme	Força grande - forte retrocesso, acima de 10 cm		22,9	34,7

Simbolo	TMU	Descrição dos Casos	Solitar - RL - (Release)	
			Simbolo	TMU
RL1	2,0	Através da abertura dos dedos	RL2	0,0
				Através da eliminação do contato

Simbolo	TMU	Descrição dos Casos	Pegar - G - (Grasp)	
			Simbolo	TMU
G1A	2,0	Pegar um objeto fácil de pegar, que se encontra solitário		
G1B	3,5	Pegar um objeto muito pequeno ou um objeto plano que se encontra sobre uma superfície plana.		
G1C1	7,3	Pegar um objeto aproximadamente cilíndrico, com dificuldade devido a existência de obstáculos em um lado e de baixo.		
G1C2	8,7		≥ 25 x 25 x 25 mm	
G1C3	10,8		≥ 12 mm Ø	
G2	5,6	Repegar. Mudar o ponto de controle de um objeto, sem perder o controle do mesmo.		
G3	5,6	Transferir. Uma mão assume o controle sobre um objeto, enquanto a outra mão deixa de controlá-lo.		
G4A	7,3	Pegar escolhendo. Pegar um objeto que se encontra misturado com outros, exigindo procura e seleção		
G4B	9,1		6 x 6 x 3 até 25 x 25 x 25 mm	
G4C	12,9		≤ 6 x 6 x 3 mm	
G5	0,0	Pegar por contato. Conseguir o controle suficiente sobre um objeto através do contato, de forma a poder executar o movimento básico seguinte		

- MTM-SD: São dados Padrão desenvolvidos pela Associação MTM Alemã desde 1965, e propagados em todas as regiões em que se fala o idioma alemão, sendo o Sistema de Dados Standards, o único que teve aceitação plena na região. O MTM-SD da Associação Alemã encontra-se disponível em variados níveis de complexidade, sendo composto por módulos de extensões diferentes, e já traduzido para vários idiomas;
- MTM – 2: É um módulo que foi desenvolvido pela Associação MTM da Suécia, exercendo um papel muito importante na Escandinávia e na Grã-Bretanha, porém na, Alemanha, o módulo não encontrou muita receptividade;
- MTM – *Sichprüfen* ou Controle visual: É um processo para avaliar as atividades considerando-se o tamanho de campo de visual, o ajuste e o deslocamento dos olhos.

Tab. 2.5 – Evolução do MTM

1970	MTM – SD (Dados Standard) – desenvolvido pela Associação MTM Alemã MTM – 2 : desenvolvido pela Associação MTM da Suécia MTM – 3: representa uma compactação adicional ao MTM – 2
1980	MTM – BSD – dados para “escritório-especialista” MTM – UAS – sistema de análise universal – produção em série MTM – MEK – voltado para produção de peças avulsas e séries pequenas
2000	PROKON – Construção adequada da linha produção MTM – Sichprüfen – Tarefas realizadas com controle visual

Conforme o exposto pode-se concluir, que ainda ocorre uma efetiva evolução do conceito inicialmente elaborada em 1948, atingindo-se altos níveis de aperfeiçoamento e de sofisticação, tendo este aplicações planejadas bastante diversificadas.

O módulo escolhido para ser utilizado neste trabalho, foi o MTM UAS do método de medida de tempos com sistema universal de análise (*Universal analysing System*) Tab. 2.6 e 2.7, voltado para a produção em série.

Tab. 2.6 – Tempos normalizados MTM UAS

MANEJAR MEIOS AUXILIARES (Pegar, Posicionar e Dispor)		Classe	1	2	3
Aproximado		Simbolo	TMU		
Folgado		HA	25	45	65
Justo		HB	40	60	75
		HC	50	70	85

ACIONAR		Classe	1	2	3
Simples		BA	10	25	40
Composto		BB	30	45	60

CICLOS DE MOVIMENTOS	Um movimento		5	15	20
	Um ciclo completo	ZA	10	30	40
Recolocar em um mov.	ZB	30	45	55	
Prender e soltar	ZC	20			
	ZD				

MOVIMENTOS DO CORPO		Simbolo	TMU
Andar/m / <i>Sitar 180°</i>		KA	25
Inclinar, Abaixar, Ajoelhar/Levantar		KB	60
Sentar e Levantar		KC	110

CONTROLE VISUAL		VA	15
MÃO DIREITA			
MOVIMENTOS SIMULTANEOS	Com controle e/ou peso (força)	Sem controle e/ou peso	
	Com controle e/ou peso (força)	"SIMULTANEO"	
MÃO ESQUERDA			
Com controle e/ou peso (força)		Considere os movimentos das duas mãos e anote só o de maior valor de tempo	
Sem controle e/ou peso			

MM	Edição: Dezembro de 1998 - REFA	
-----------	---------------------------------	--

SISTEMA UNIVERSAL DE ANÁLISE		Unidades de Tempo			
A utilização desta tabela sem a adequada formação em MTM-UAS, conduzirá a resultados falsos		TMU	Seg.	Min.	Horas
		1	0,036	0,0006	0,00001
PEGAR E POSICIONAR	Fácil	Classe de dist. (cm)	≤ 20	> 20 ≤ 50	> 50 ≤ 80
		Simbolo	1	2	3
≤ 1kgf	Aproximado	AA	20	35	50
	Folgado	AB	30	45	60
	Justo	AC	40	55	70
> 1 e ≤ 8kgf	Aproximado	AD	20	45	60
	Folgado	AE	30	55	70
	Justo	AF	40	65	80
> 8 e ≤ 22kgf	Aproximado	AG	40	65	80
	Folgado	AH	25	45	55
	Justo	AJ	40	65	75
POSICIONAR ADICIONAL	Aproximado	AL	80	105	115
	Folgado	AM	95	120	130
	Justo	AN	120	145	160
G1A; G1B; G5	Aproximado	PA	10	20	25
	Folgado	PB	20	30	35
	Justo	PC	30	40	45
G4; G1C	Aproximado	Folgado		Justo	
	Difficil	P1		P2; P3	
	M-A; M-B; M-C				

■ = Movimentos com controle

Tab. 2.7 – Tempos normalizados MTM UAS

<p>REGRAS DE APLICAÇÃO</p> <p>Geral</p> <p>Movimentos da mão ou dos braços após movimentos do corpo, são geralmente analisados como movimentos residuais (classe de distância1).</p> <p>PEGAR E POSICIONAR</p> <p>Se o movimento Pegar e Posicionar é feito em sequência contínua com movimento do corpo, isto é, entre o Pegar e Posicionar existem movimentos de corpo intercalados, deverá ser analisado como um só elemento o Pegar e Posicionar.</p> <p>Se o Pegar e Posicionar é interrompido por um movimento independente, determinante do tempo, como seja um controle visual, à ação de movimento posterior deverá ser analisado um Posicionar Adicional.</p> <p>Os objetos de grandes dimensões (que ultrapassem o âmbito de 80 cm ou 2 medidas principais de 30 x 30 cm) são classificados na classe de peso imediatamente superior, caso possam ser pegos com facilidade (G1 A, G5 ou G1 B)</p> <p>Caso, excepcionalmente, essa grande dimensão apareça juntamente com dificuldades no pegar (G1C) ou G4), a classificação é feita na classe de peso mais alta ($> 8 \leq 22$ kg).</p> <p>POSICIONAR ADICIONAL</p> <p>O retardamento de tempo, devido a peso, já está considerado na tabela de valores para o Posicionar Adicional.</p>	<p>MANEJAR MEIOS AUXILIARES</p> <p>Se antes de dispor o meio auxiliar a seu lugar, o mesmo é sóto para fazer alguma outra atividade intermediária, analisa-se a sequência com 2 elementos AXx (e não com "utilização do meio auxiliar").</p> <p>ACIONAR</p> <p>No acionar é determinante considerar, a efeito de definir a classe de distância, a extensão do movimento de alcançar o "elemento de acionamento".</p> <p>CICLOS DE MOVIMENTOS</p> <p>No virar manivela ou volante a extensão do movimento é a distância real percorrida pela mão ou dedo, e não o diâmetro da manivela.</p> <p>Escrever letras ou cifras analisa-se com ZBx com frequência 2 por letra (sinais de pontuação não são considerados).</p> <p>MOVIMENTOS DO CORPO</p> <p>Ajoelhar-se sobre ambos os joelhos deve ser analisado com KB, frequência 2.</p> <p>Uma cadeira elevada (para postos de trabalho onde se pode trabalhar em pé ou sentado) analisa-se KC, frequência 2.</p> <p>CONTROLE VISUAL</p> <p>O elemento Controle Visual só é analisado quando é um movimento independente e determinante do tempo.</p> <p>Para ler até 3 cifras, palavras de até 3 sílabas e sinais simples analisa-se com VA frequência 1.</p>	<p>Esta tabela de tempos MTM-UAS é de nossa exclusiva propriedade. Reprodução, uso ou entrega a terceiros, expõe o infrator, a sanções legais.</p>
--	---	--

Importante levar-se em conta, que a unidade de tempo adotada na Tabela MTM, é o TMU, que significa unidade de medida de tempo (*Time Measurement Unit*). Esta unidade é 1/100.000 hora = 1 TMU, ou seja:

1 TMU	=>	0,036 Segundos
1 TMU	=>	0,0006 Minuto
1 TMU	=>	0,000001 Hora

Entende-se que a aplicação de todo este cuidado antes do início de produção, tende-se a criar um processo de padronização de trabalho, definindo-se o tipo de abastecimento, seqüência, movimentação do colaborador no posto de trabalho e conseqüentemente as condições ergonômicas necessárias para o trabalhador.

Segundo Slack, Chamber e Johnston (2002), pode-se tomar como exemplo das vantagens da padronização de trabalho a fábrica Nummi - *New United Motor Manufacturing*, instalada em *Freemont na Califonia*. Em 1982, a GM acabou por fechar a Nummi, devido à baixa produtividade, baixa qualidade dos produtos, alto absenteísmo (em torno de 20%), graves problemas com as representações trabalhistas (que possuía uma reputação nacional de militância e greves sem organização), além do abuso do álcool e drogas dentro e fora da fábrica.

Em 1983, a Toyota assinou um contrato para fabricar um carro, projetado e produzido pelos métodos japoneses, a ser vendido com nome da GM. Em 1984, a fábrica Nummi foi aberta, incrementando progressivamente em dois anos seus níveis de produção, contratando mais trabalhadores, inclusive cerca de 85 % dos quais haviam anteriormente trabalhado na fábrica antes da GM fechá-la.

No fim de 1986, a produtividade da Nummi, foi mais do que o dobro da antiga fábrica, e maior que qualquer outra fábrica da GM, com produtividade e qualidade, quase tão grande como a fábrica da Toyota de Takaoka e com índice de absenteísmo de cerca de 3 a 4%.

Entre as razões para o sucesso da fábrica da Nummi, foram identificados: metas organizacionais mais claras, abordagem seletiva no recrutamento, padronização do trabalho, o orgulho de trabalhar com um produto mais bem projetado e padronização das tarefas, resultando em menos variabilidade no desempenho dos colaboradores.

Pretendeu-se com este capítulo criar e fortalecer conceitos como a identificação de desperdícios, classificação de atividades que agregam ou não valor ao produto, entender os sistemas de abastecimento mais usuais na indústria automobilística, os métodos de escolha de peças em uma linha de montagem e os conceitos básicos do MTM. Procurou-se ainda, demonstrar a grande aplicabilidade e as vantagens do uso destas metodologias, por meio dos exemplos apresentados.

3 - O USO DA ERGONOMIA NOS POSTOS DE TRABALHO

Hägg (2003), citou que a ergonomia é uma nova ciência, com raízes no final dos anos de 1940 onde os crescentes esforços em pesquisas, levaram ao conhecimento do corpo humano, de ferramentas e de postos de trabalho, prevenindo o desconforto, doenças, absenteísmo, e melhorando ainda a produtividade e a qualidade do trabalho dos colaboradores, evitando-se desta forma desconforto, doenças e o absenteísmo.

Conforme Wilson (1999) apud Hägg (2003), durante os anos de 1990, o interesse em ergonomia cresceu dentro das empresas devido a crescente preocupação com valores como produtividade, qualidade e mudanças no processo. Dentro de várias pesquisas nos mais variados campos, notaram-se redução no absenteísmo, nos custos, melhoria na produtividade, qualidade dos produtos, e na saúde dos colaboradores. Notou-se ainda, que baixa qualidade em produtos e serviços, está relacionada com más condições de trabalho.

Klatte, (1997) apud Hägg (2003), coloca que para a Volkswagen, a relação entre qualidade e ergonomia é conhecida e aplicada em auditorias de processo dentro de programas de desenvolvimento para a produção.

Segundo Iida (1995), “A ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem”. O trabalho aqui tem uma aceção bastante ampla, abrangendo não apenas aquelas máquinas e equipamentos utilizados para transformar os materiais, mas também toda a situação em que ocorre o relacionamento entre o homem e seu trabalho. Isso envolve não somente o ambiente físico, mas os aspectos organizacionais de como esse trabalho é programado e controlado para os resultados desejados.

De acordo com Corrêa e Corrêa (2004), seja qual for o trabalho, sempre implicará em pessoas interagindo com recursos físicos. A forma como estas interações ocorrem, podem trazer conseqüências imediatas para a saúde e bem-estar dos indivíduos que executam o trabalho ou suas conseqüências podem manifestar-se ao longo do tempo, restringindo-lhe as capacidades ou mesmo o tempo de vida. Estas interações entre o indivíduo e o ambiente físico na realização do trabalho deverão merecer atenção especial do projeto do trabalho.

Aplica-se como norma na empresa estudada, que durante os FMEA de processos, e na aprovação de novos postos de trabalho, a obrigatoriedade na participação de times multifuncionais para análise de riscos, e para procura de soluções ergonômicas para o novo processo de trabalho. Os times multifuncionais mencionados são formados pela medicina ocupacional, segurança do trabalho, produção, engenharia de processos, engenharia de manufatura, manutenção, e outros convidados quando necessário. Com esta prática, auxilia-se muito a identificação de futuros problemas de ergonomia, possivelmente evitando-se futuras reclamações trabalhistas e grandes somas de dinheiro dispensadas em indenizações.

De acordo com Laring et al. (2002), os engenheiros devem utilizar-se de considerações ergonômicas quando fazem o planejamento do processo de produção. Os métodos mais práticos e freqüentes de utilização destas considerações são listas contendo alturas de pega, limitação do peso para objetos a serem manipulados, etc., levando-os a se lembrar das limitações humanas. Pode-se dizer que uma deficiência encontrada nesta metodologia, é que ela não calcula a carga biomecânica no operador. A Volvo está utilizando uma evolução destas considerações ergonômicas. Com um programa de computador baseado na tecnologia MTM-UAS, calcula com a utilização das variáveis, demanda, força, postura e a carga biomecânica no operador. Finalmente com o uso deste artifício, acaba por colocar uma carga biomecânica no operador dentro de níveis aceitáveis.

3.1 – Normas de ergonomia

De acordo com o MTE - Ministério do Trabalho e Emprego (2005), deve-se respeitar as normas que regulamentam a segurança e saúde no trabalho. Cita-se como específica neste trabalho a NR 17, que trata da Ergonomia, e coloca: “Esta Norma Regulamentadora visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente”.

Conforme ABNT (2005), a normalização é uma atividade que estabelece, em relação a problemas existentes ou potenciais, prescrições destinadas à utilização

comum e repetitiva com vistas à obtenção do grau ótimo de ordem em um dado contexto, e os objetivos da normalização são:

- Economia: proporcionar a redução da crescente variedade de produtos e procedimentos;
- Comunicação: proporcionar meios mais eficientes na troca de informação entre o fabricante e o cliente, melhorando a confiabilidade das relações comerciais e de serviços;
- Segurança: proteger a vida humana e a saúde;
- Proteção do consumidor: prover a sociedade de meios eficazes para aferir a qualidade dos produtos;
- Eliminação de barreiras técnicas e comerciais: evitar a existência de regulamentos conflitantes sobre produtos e serviços em diferentes países, facilitando assim, o intercâmbio comercial.

Pode-se afirmar que na prática, a normalização está presente na fabricação dos produtos, na transferência de tecnologia, na melhoria da qualidade de vida através de normas relativas à saúde, à segurança e à preservação do meio ambiente.

Conforme DIN (2005b), com a padronização melhora-se o fluxo de bens e serviços, estipulam-se as regras técnicas, harmonizam-se as necessidades dos bens materiais ou não, ainda ajudando a rápida disseminação da técnica, do conhecimento e inovação, aumentando a competitividade dos negócios, e promovendo a segurança do sucesso, garantindo que novos conhecimentos e tecnologias possam ser acessados mundialmente.

Dentre as normas DIN disponíveis, enfatiza-se a série de normas voltadas a ergonomia do ser humano, que pertence a série DIN 33400 (2005a), e para este trabalho destacam-se:

- DIN 33402 (*Körpermasse des Menschen*), Dimensões do corpo humano.
- DIN 33406 (*Arbeitsplatzmasse im Produktionsbereich*), Dimensões dos postos de trabalho na área de produção.
- DIN 33407 (*Arbeitsanalyse*), Análise do trabalho.
- DIN 33415 (*Fliessarbeit*), Trabalho na linha de montagem.

3.2 – Lista de recomendações básicas exigida em um posto de trabalho

Conforme citado anteriormente por Laring et al. (2002), engenheiros devem utilizar-se de considerações ergonômicas quando fazem o planejamento do processo de produção. O departamento de medicina ocupacional da Volkswagen do Brasil (2002), disponibiliza uma listagem de recomendações básicas exigidas para um posto de trabalho, a ser utilizada durante o planejamento inicial de um novo processo, ou em modificações de processos existentes. Com esta ação pretende-se, contemplar as normas básicas de segurança e ergonomia em modificações em novos postos de trabalho. Apresenta-se a seguir, a listagem mencionada fornecida pelo departamento de medicina ocupacional da Volkswagen do Brasil (2002):

- Prever acesso ao posto de trabalho, assim como espaço para que o empregado possa realizar sua movimentação, caso contrário o local deverá ser desbloqueado;
- Postos de trabalho, assim como os dispositivos para acondicionamento de peças, deverão ter suas alturas e inclinações reguláveis. Caso não seja possível, recomenda-se que o ponto de operação esteja situado entre 900 mm e 1.300 mm do piso para as linhas de produção;
- No transporte manual de peças, a distância entre o armazenamento de peças e o ponto de operação deverá ser menor ou igual a 1.000 mm, para trabalho em pé, e 300 mm para trabalho sentado;
- Deve-se sempre evitar rotação lateral da coluna vertebral;
- Ferramentas manuais devem possuir empunhadura de forma a fazer contato com toda a superfície da mão, evitando que, para o seu manuseio, adote-se uma postura anormal dos membros superiores, pressão estática dos dedos, mãos, antebraços e vibrações;
- Ferramentas e dispositivos, devem ter a aprovação da medicina do trabalho, antes da aquisição;
- No esforço físico leva-se em conta o peso das peças, ponto da pega, distâncias de levantamento, de abaixamento, de deslocamento, ângulo de rotação da coluna e frequência da operação, onde a análise deverá ser realizada pela medicina do trabalho;

- Mesmo sendo o esforço físico compatível, deve-se instituir um sistema de rodízio dos operadores;
- Manoplas de carrinhos de transporte devem possuir revestimento de material isolante térmico e elétrico, e altura entre 900 e 1.300 mm do piso, preferencialmente utilizar altura de 1.100 mm do piso, e angulação de 30° em relação à base do carrinho;
- Sistema de rodas em carrinhos, devem ser previstos de forma a apresentarem o menor esforço inicial para quebra da inércia, que não deve ultrapassar 25 kgf;
- Caixas de prateleiras devem ter alças, não pesar mais que 18 Kg no total com o conteúdo, estando sempre situadas numa altura entre 600 mm e 1.300 mm do piso. Esta regra é válida para atividades de armazenamento e abastecimento de peças, ou seja, sem ritmo de trabalho definido;
- Em trabalhos realizados com os braços parados, afastados da posição vertical ou mesmo em movimento acima do ombro, deverão ser previstos sistemas de contra peso ou braço mecânico, até ser corrigida a situação;
- Trabalhos que exijam posição agachada ou de joelhos, devem ter um rodízio entre os empregados a cada duas horas, e este rodízio, deve ser sempre para outras operações sem riscos ergonômicos;
- Trabalhos que permitam a posição sentada devem possuir cadeiras com regulagem da altura do banco, do encosto e apoio para os pés;
- Os estudos de tempos devem contemplar a dificuldade de acesso ao posto de trabalho;
- Devem ser previstas pausas e rodízio de pessoal em atividades que não puderem ser atendidas as normas citadas anteriormente;
- Todas as aprovações de máquinas, incluindo robôs, dispositivos fixos ou móveis, ferramentas, alterações na linha de montagem em bancadas, embalagens, ou resumindo, todos os itens que possam interferir na posição e nos movimentos dos empregados, devem ser acompanhados e aprovados pela medicina do trabalho;
- Recomendam-se meios auxiliares, do tipo talha ou braço mecânico, para as atividades que exigirem manuseio de peças com peso superior a 5 kg;

- Casos que não atendem as recomendações acima, devem ser motivo de estudo pela Medicina do Trabalho, que relacionará posturas, frequência de manipulação e condições físicas dos empregados, fornecendo posteriormente suas recomendações.

3.3 – As vantagens da aplicação da ergonomia

Pode-se dizer que a aplicação da ergonomia beneficia tanto o trabalhador com uma melhor qualidade de vida, quanto o empresário com uma maior lucratividade e qualidade nos seus produtos.

Bradley (2003), coloca como exemplo, o programa de ergonomia realizado em conjunto nos Estados Unidos pela UAW - *United Auto Workers* e a *Ford Motor Company*. Dentro do programa, ambas as partes descobriram que dividir a responsabilidade de certos aspectos dos negócios, traz benefícios para todos. Uma das maiores partes deste programa dedicou-se a saúde e a segurança, utilizando-se para a identificação de problemas ergonômicos, as reclamações informais de chão de fábrica, os postos de trabalho com histórico de problemas médicos e os locais identificados como de risco durante auditorias de ergonomia. Nos casos mencionados, basicamente aplicaram-se duas soluções: soluções de engenharia e soluções administrativas.

Consideraram-se como soluções de engenharia, mudanças de ferramentas, de layout dos postos de trabalho ou no produto, e como soluções administrativas, mudanças de tempo de ciclo dos trabalhos e no revezamento das tarefas, aumentando-se a diversificação dos movimentos executados pelos operadores e diminuindo o risco de problemas de saúde.

Demonstraram-se no programa, melhorias na saúde e segurança, assim como na produtividade e na qualidade, porém cita-se, grande dificuldade em mensurar os custos e os benefícios gerados no programa.

Conforme Moreau (2003), na Peugeot-Scochaux, utiliza-se uma metodologia, onde todos os movimentos durante a montagem de cada peça no veículo são cuidadosamente observados, com o objetivo de se reduzir movimentos e posturas difíceis, priorizando o conforto do trabalhador e facilitando a montagem

das peças nos veículos, estas ações acabam por reduzir o tempo necessário para a montagem e por melhorar as condições ergonômicas do trabalhador.

Como apresentado anteriormente, o uso da ergonomia nos postos de trabalho pode ser utilizado como um diferencial competitivo, acabando por resultar em uma melhor qualidade, produtividade e na redução de retrabalhos.

Pretendeu-se com este capítulo criar e fortalecer conceitos para a aplicação da ergonomia, demonstrando suas vantagens ao trabalhador e ao empresário, prevenindo doenças, reduzindo o absenteísmo, melhorando a produtividade, a qualidade e a qualidade de vida dos seus colaboradores. Procurou-se ainda com o uso de exemplos, demonstrar que a sua utilização na indústria automobilística é conhecida e aplicada em muitos casos até como vantagem competitiva sobre seus concorrentes. Apresentou-se ainda, a sua norma regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego.

Ressalta-se, que a aplicação da ergonomia na indústria, não necessariamente é uma coisa complicada, podendo ser feita de forma simples, como por exemplo, com o uso de uma lista de recomendações básicas exigida em um posto de trabalho.

4 - ANÁLISE DOS PROCESSOS DE MONTAGEM

Conforme REFA (1994b), considerando-se a repetição de operações iguais ou semelhantes em condições de trabalho constantes, acaba-se levando o operador a um aumento na eficiência. Para a validade comparativa neste estudo nas duas linhas de produção, só serão considerados operadores que possuem o processo de domínio do método de trabalho, também chamado de prática, onde este domínio começa a ser notado pela melhoria da qualidade e redução do tempo de execução da tarefa.

Basicamente o processo de montagem dos veículos nas duas linhas de montagem é o mesmo, a carroceria é abastecida pintada e seqüenciada de acordo com o programa de produção, iniciando-se uma seqüência lógica de montagem até termos o veículo completo sobre rodas no final da linha de montagem.

4.1 - Montagem de veículos com o sistema tradicional

No processo de montagem de veículos no sistema tradicional, utilizam-se elefantes fixos, movimentados pelo sistema *power free* (correntes de arraste). Neste tipo de instalação existem duas particularidades que vão ser mostradas a seguir.

A primeira é que os locais onde ocorrem às mudanças na altura da linha não são geralmente utilizados para a montagem, pois esta inclinação as dificultaria (Fig. 4.1 e 4.2).

A segunda é que quando existe a necessidade de mudar a altura da linha, as instalações têm que ser modificadas fisicamente, levando a necessidade de investimentos e quando estes investimentos não podem ser efetuados, acabam por ser criados postos de montagem não adequados ergonomicamente (Fig. 4.3).



Fig. 4.1 - Sistema tradicional com veículo inclinado



Fig. 4.2 - Sistema tradicional e o método para alterações de altura



Fig. 4.3 - Sistema tradicional de posicionamento do operador

4.1.1 - Conceito de montagem com *Dress up* (conjunto motor e suspensão dianteira)

No sistema tradicional (*Dress up*), o conjunto motor, câmbio, suspensão e periféricos (alternador, chicote, compressor do ar condicionado, etc.), são montados separadamente em uma linha de montagem específica, para posteriormente serem montados manualmente por operadores em baixo do veículo (Fig. 4.4 e 4.5).



Fig. 4.4 - Montagem do conjunto *Dress up* - eixo traseiro



Fig. 4.5 - Time de montagem do conjunto *Dress up* - eixo traseiro.

4.1.2 - Conceito logístico na linha tradicional

No sistema tradicional, o sistema logístico é composto de um misto de abastecimento por empilhadeiras para peças maiores, que são dispostas no chão (Fig. 4.6), e por rebocadores para caixas menores, que são dispostas ocupando geralmente toda a prateleira (Fig. 4.7).



Fig. 4.6 – Sistema de abastecimento - peças grandes linha tradicional.



Fig. 4.7 – Sistema de abastecimento - peças pequenas linha tradicional

4.2 - Montagem de veículos com o sistema inovador

O processo de montagem inovador utiliza-se de elefantes com regulagem de altura automática e EOM (com regulagem de velocidade individual via motor), Fig. 4.8. Uma das vantagens deste sistema, é poder adaptá-lo de acordo com a melhor



Fig. 4.8 - Sistema inovador com elefantes com regulagem de altura

altura para o operador executar a sua operação, inclusive considerando-se o modelo do veículo que está sendo montado. Outra vantagem a ser destacada, é que a alteração de altura ocorre de forma vertical, sem perda de áreas de montagem devido à inclinação do veículo como ocorre no outro método (Fig. 4.9 e 4.10).



Fig. 4.9 - Sistema inovador e a regulagem de altura



Fig. 4.10 - Sistema inovador e a mudança de altura

4.2.1 - Conceito de montagem *Fahrwerk* (chassi posição)

O sistema inovador utiliza-se do sistema de montagem chamado *Fahrwerk*. Descreve-se este processo como a montagem da parte inferior do veículo por sobre um chassi posição, que posteriormente é acoplado à carroceria, ver o fluxograma de montagem do *Fahrwerk* na Fig. 4.11.

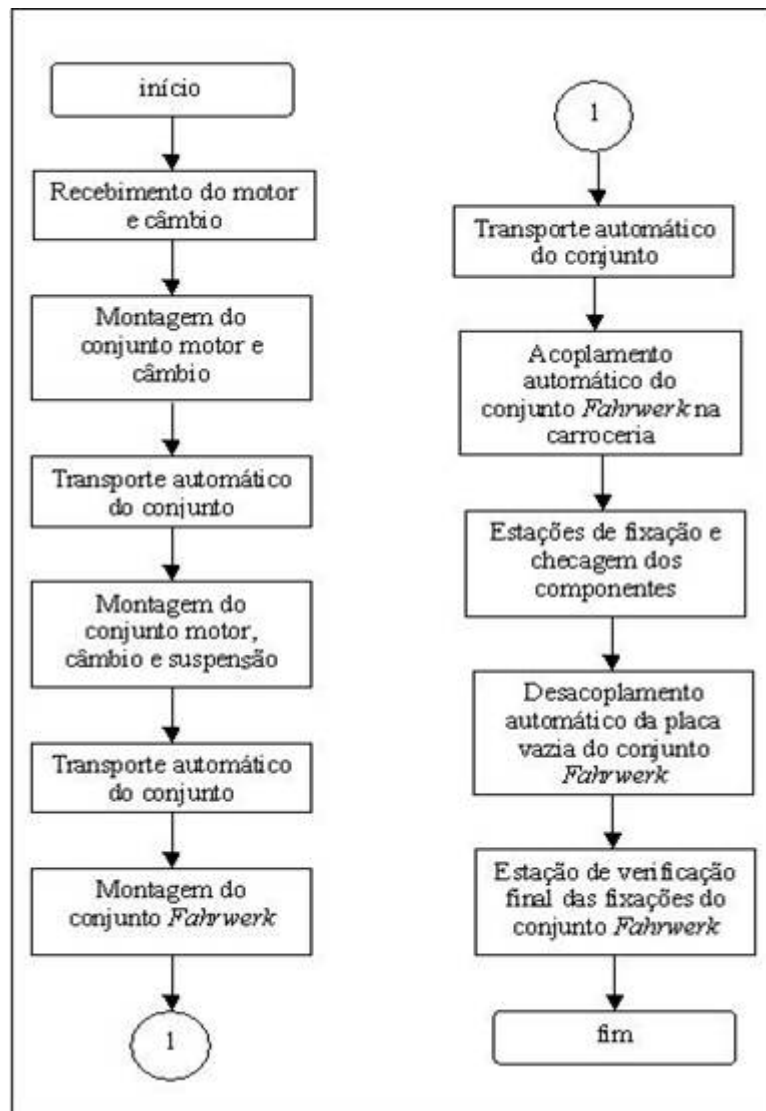


Fig. 4.11 - Fluxograma de montagem do *Fahrwerk*.

O processo inicia-se como no sistema tradicional: o conjunto motor, câmbio, suspensão e periféricos, são montados, e este conjunto depois de completado, é movimentado automaticamente e posicionado sobre uma placa vazia do *Fahrwerk*. Neste ponto montam-se os outros componentes da parte inferior do veículo, o escapamento, tanque de combustível, suspensão dianteira e traseira com

amortecedores, alavanca de câmbio e chapas defletoras Fig. 4.12. Posteriormente, todo o conjunto *Fahrwerk* é transportado por um elevador para o primeiro andar, onde passará por oito estações: uma de acoplamento com a carroceria Fig. 4.13, quatro para fixação de componentes e uma para checagem de fixações Fig. 4.14, para posteriormente passar na de desacoplamento da placa vazia Fig. 4.15, e por último na estação de verificação final das fixações e montagem da mola Fig. 4.16.



Fig. 4.12 - Conjunto placa do *Fahrwerk*.



Fig. 4.13 - Estação de acoplamento com a carroceria



Fig. 4.14 - Estações de fixação dos componentes



Fig. 4.15 - Estação de desacoplamento da placa vazia



Fig. 4.16 - Estação de verificação das fixações

4.2.2 - Conceito logístico na linha inovadora

No sistema inovador, o abastecimento é feito somente por rebocadores, as caixas das peças maiores são dispostas sobre carrinhos para rebocadores (Fig. 4.17), e as caixas menores, dispostas em prateleiras, procurando-se utilizar somente a altura entre 900 e 1.300 mm do piso, conforme recomendado pela medicina ocupacional (Fig. 4.18).

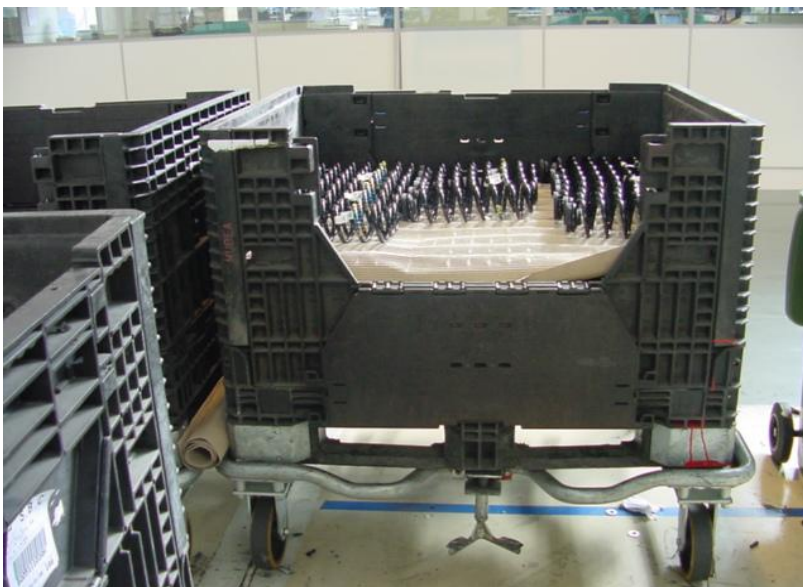


Fig. 4.17 – Sistema de abastecimento - peças grandes linha inovadora.

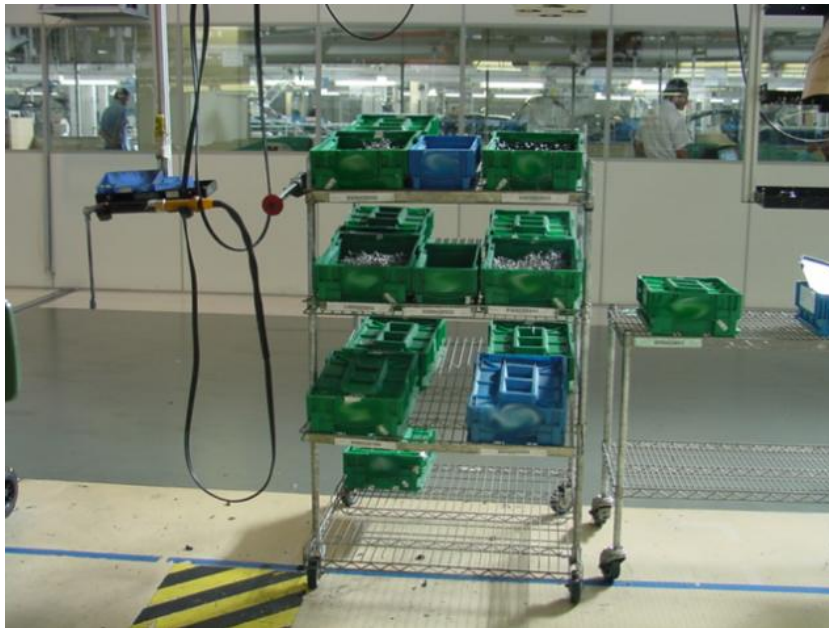


Fig. 4.18 – Sistema de abastecimento - peças pequenas linha inovadora.

4.3 - Comparação dos processos

Devido se ter duas linhas de montagem conceitualmente diferentes, e modelos de veículos não compatíveis ao ponto de possibilitar a montagem de um veículo da linha tradicional na linha inovadora, ou da linha inovadora na linha tradicional, escolheram-se para a comparação proposta entre as duas linhas, partes dos processos destes veículos que possuíssem similaridade tanto no produto, como na seqüência de montagem, para posteriormente simular-se a transferência do processo da linha tradicional para a linha inovadora.

Com utilização da tecnologia MTM-UAS, e a simulação anteriormente citada, mensuraram-se as reduções de tempo aplicando-se a tecnologia inovadora em postos de trabalho existentes que se utilizam do sistema tradicional (Fig. 4.19), comparando-os com a linha inovadora, onde o elefante adapta-se a melhor altura de montagem, e as peças são dispostas próximas dos postos de trabalho, evitando-se desta forma movimentações desnecessárias (Fig. 4.20).



Fig. 4.19 – Sistema tradicional de elefantes (o operador se adapta a altura)



Fig. 4.20 – Sistema inovador de elefantes (o elefante se adapta a altura)

Na folha de análise MTM Fig. 4.21, pode-se notar vários movimentos que não agregam valor ao produto. Este trabalho estará concentrado nos itens evidenciados que são os itens trabalhados no sistema inovador: a redução na distância do andar, e a eliminação do movimento abaixar, (Fig. 4.22).

IMPRIMIR										FOLHA DE ANÁLISE MTM - SD/UAS			
() Planejado					(x) Executado								
Num Produto		Denominação: Painel de instrumento											
Num. Operação		Descrição: Pegar manual de bordo e dispor no porta objeto							Folha nº		1		
Emitido por NETO			Data: 8/10/2004			RENDIMENTO				100%			
TEMPO TOTAL(MIN)		0,3090		TOTAL(TMU)		515							
num.	Descrição/Observação	Cód.	Dist.	TMU		Freq	Sub-total TMU		TMU EM SEGUNDOS				
				MANUAL	MEC.		NORMAL	CORRIGIDO					
1	DISPOR MANUAL DE BORDO NO PAINEL									0,0			
	DESLOCAR-SE ATÉ PAINEL DE INSTRUMENTO	KA		25		2	50	50	1,8				
	LER IMON	VA		15		4	60	60	2,2				
	DESLOCAR-SE ATÉ CX. COM MANUAL DE BORDO	KA		25		4	100	100	3,6				
	INCLINAR CORPO	KB		60		1	60	60	2,2				
	PEGAR MANUAL DE BORDO	AB 2	30	45		1	45	45	1,6				
	DESLOCAR-SE ATÉ PAINEL DE INSTRUMENTO	KA		25		4	100	100	3,6				
	ABRIR PORTA OBJETO	AA 2	30	35		1	35	35	1,3				
	ARRUMAR MANUAL DE BORDO NO PORTA OBJETO	PB 2	30	30		1	30	30	1,1				
	FECHAR PORTA OBJETO	AA 2	30	35		1	35	35	1,3				
SOMATÓRIA TOTAL TMU							515						
Observações							Total TMU		515				
Valor de tempo (min)		Perdas Gerais (%)		Perdas Pessoais(5,26%) Min		Tempo Final (min)		0,3090		SEGUNDOS COM P.P. 18,5			

Fig. 4.21 – Análise MTM painel instrumento antes

IMPRIMIR										FOLHA DE ANÁLISE MTM - SD/UAS			
() Planejado					(x) Executado								
Num Produto		Denominação: Painel de instrumento											
Num. Operação		Descrição: Pegar manual de bordo e dispor no porta objeto							Folha nº		1		
Emitido por NETO			Data: 8/10/2004			RENDIMENTO				100%			
TEMPO TOTAL(MIN)		0,2130		TOTAL(TMU)		355							
num.	Descrição/Observação	Cód.	Dist.	TMU		Freq	Sub-total TMU		TMU EM SEGUNDOS				
				MANUAL	MEC.		NORMAL	CORRIGIDO					
1	DISPOR MANUAL DE BORDO NO PAINEL									0,0			
	DESLOCAR-SE ATÉ PAINEL DE INSTRUMENTO	KA		25		2	50	50	1,8				
	LER IMON	VA		15		4	60	60	2,2				
	DESLOCAR-SE ATÉ CX. COM MANUAL DE BORDO	KA		25		2	50	50	1,8				
	INCLINAR CORPO	KB		60									
	PEGAR MANUAL DE BORDO	AB 2	30	45		1	45	45	1,6				
	DESLOCAR-SE ATÉ PAINEL DE INSTRUMENTO	KA		25		2	50	50	1,8				
	ABRIR PORTA OBJETO	AA 2	30	35		1	35	35	1,3				
	ARRUMAR MANUAL DE BORDO NO PORTA OBJETO	PB 2	30	30		1	30	30	1,1				
	FECHAR PORTA OBJETO	AA 2	30	35		1	35	35	1,3				
SOMATÓRIA TOTAL TMU							355						
Observações							Total TMU		355				
Valor de tempo (min)		Perdas Gerais (%)		Perdas Pessoais(5,26%) Min		Tempo Final (min)		0,2130		SEGUNDOS COM P.P. 12,8			

Fig. 4.22 – Análise MTM painel instrumento depois

Comparando-se as duas folhas de análise MTM Fig. 4.21 e 4.22, conclui-se que, com a aplicação do sistema inovador e de um processo de abastecimento planejado, se reduziria o tempo necessário para efetuar a tarefa de: 0,3090 min para 0,2130 min, fornecendo-se uma redução de 31% ou 0,096 min no tempo da tarefa.

No próximo exemplo da aplicação da tecnologia inovadora, estudar-se-á o posto de montagem do filtro de ar no veículo. Assim como no exemplo anterior, será feita uma análise MTM antes no posto de trabalho Fig. 4.23, e depois de como ficaria com a utilização da tecnologia inovadora Fig. 4.24.

Comparando-se as duas folhas de análise MTM Fig. 4.23 e 4.24, conclui-se também que, com a aplicação do sistema inovador e de um processo de abastecimento planejado, se reduziria o tempo necessário para efetuar a tarefa de 1,7880 min para 1,4130 min, tendo-se uma redução de 20,9 % ou 0,375 min no tempo da tarefa.

Outro desperdício trabalhado no processo inovador é o duplo manuseio de ferramentas, necessário para poder se alcançar o resultado final desejado no processo de montagem.

O processo inovador utiliza-se de parafusadeiras elétricas Fig. 4.25, onde o índice de capacidade do processo (CPK*), chega a dois, ou de parafusadeiras eletrônicas Fig. 4.26 (preferencialmente utilizadas em fixações de segurança).

Parafusadeiras eletrônicas possuem um transdutor de torque interno, medindo efetivamente o torque aplicado na fixação, o que acaba por oferecer maior precisão de aperto, e em alguns casos o arquivo e a transmissão dos dados dos torques aplicados, além de poder alcançar CPK de até cinco.

O processo tradicional se utiliza de máquinas com menor precisão para aplicar um pré-torque, como por exemplo, as pneumáticas Fig. 4.27, onde seu CPK chega no máximo oito décimos, para posteriormente aplicar o torque final com uso de torquímetro de estalo Fig. 4.28, e atingir um CPK de até um e meio.

No processo tradicional, existe a necessidade de utilizar-se de movimentação adicional e de meios adicionais, para poder se alcançar um resultado final no processo de montagem, próximo ao alcançado na instalação inovadora.

A análise MTM da Fig. 4.29, descreve a pré-montagem da porta no veículo fixando-a com uma parafusadeira pneumática, para posteriormente aplicar-lhe o torque final estipulado, como descrito na análise MTM da Fig. 4.30.

* De acordo com Amaral e Rozenfeld (2006), CPK pode ser descrito como um índice que mede a capacidade, ou seja, a capacidade de um dado processo de fabricar produtos dentro de uma faixa especificada, ver também o anexo 3.

IMPRIMIR										FOLHA DE ANÁLISE MTM - SD/UAS			
(X) Planejado					() Executado								
Num Produto 377201 041 D		Denominação: Conjunto Carroceria											
Num. Operação		Descrição: PRÉ MONTAR E MONTAR FILTRO NO VEÍCULO							Folha nº 1				
Emitido por			Data: 6/8/2004		RENDIMENTO 100%								
TEMPO TOTAL(MIN)		1.7880		TOTAL(TMU)		2980							
num.	Descrição/Observação	Cód.	Dist.	TMU		Freq	Sub-total TMU		TMU EM SEGUNDOS				
				MANUAL	MEC.		NORMAL	CORRIGIDO					
PRÉ MONTAR FILTRO													
	DESLOCAR-SE 1M	KA		25		1	25	25	0,9				
	LER IMON	VA		15		1	15	15	0,5				
	DESLOCAR-SE ATÉ BANCADA 6M	KA		25		6	150	150	5,4				
	DISPOR TORQUIMETRO												
	DESLOCAR-SE ATÉCX. C/ TUBO 1M	KA		25		1	25	25	0,9				
	PEGAR 1 TUBO 16V (377 201231 JJ/77 201 231)	AB 2	30	45		1	45	45	1,6				
	DESLOCAR-SE ATÉ BANCADA 1M	KA		25		1	25	25	0,9				
	RETRAIR PROTEÇÃO DO TUBO E DISPOR NO LIXO	AA 2	30	35		1	35	35	1,3				
	DESLOCAR-SE ATÉCX. C/ FILTRO 1M	KA		25		1	25	25	0,9				
	PEGAR 1 FILTRO (377 201 041 D/5X0 201 511)	AA 2	30	35		1	35	35	1,3				
	DESLOCAR-SE ATÉ BANCADA 1M	KA		25		1	25	25	0,9				
	RETRAIR PROTEÇÃO DO TUBO E DISPOR NO LIXO	AA 2	30	35		1	35	35	1,3				
	PEGAR 1 LADO DO TUBO E ENCAIXAR NO FILTRO	AC 2	40	55		1	55	55	2,0				
	PEGAR 1 PRESILHA E ENCAIXAR NO TUBO (N019538 6)	AC 1	40	55		1	55	55	2,0				
	PEGAR 2 PRESILHA E ENCAIXAR NO TUBO (477 971 851)	AC 1	30	55		2	110	110	4,0				
MONTAR FILTRO NO VEÍCULO													
	PEGAR 2 PORCAS(N021 176.1) E TUBO	AB 2	40	45		3	135	135	4,9				
	DESLOCAR-SE ATÉ VEÍCULO 5M	KA		25		5	125	125	4,5				
	DISPOR PARAFUSADERA NO ELEFANTE REG. CX. RODA TRAS. LE	AA 2	30	35		1	35	35	1,3				
	POSICIONAR FILTRO NO VEÍCULO	AF 2	50	65		1	65	65	2,3				
	ENCAIXAR NO SUPORTE 2VEZES	PC 2	40	40		2	80	80	2,9				
	APONTAR 2 PORCAS NO FILTRO	ZB 1	20	10		2	20	20	0,7				
ENCAIXAR TUBULAÇÕES NO VEÍCULO													
	RETRAIR 2 PROTEÇÕES DO TUBO JÁ EXISTENTE NO VEÍCULO	AA 1	20	20		2	40	40	1,4				
	ENCAIXAR OS 2 TUBOS	AC 2	30	55		2	110	110	4,0				
	ENCAIXAR 2 PRESILHAS PRESSIONANDO-AS 2 VEZES	PC 2	30	40		2	80	80	2,9				
FIXAR													
	PEGAR PARAFUSADERA	HB 1	30	60		1	60	60	2,2				
	FIXAR 2 PARAFUSOS	PT		75		2	150	150	5,4				
	DESLOCAR-SE ATÉ BANCADA 5M	KA		25		5	125	125	4,5				
	DISPOR PARAFUSADERA NA BANCADA												
DAR TORQUE NO FILTRO NO VEÍCULO													
	PEGAR 2 TORQUIMETRO	HA 1	10	25		2	50	50	1,8				
	PEGAR TINTA E POSICIONAR NO TORQUIMETRO 2 VEZES	AC 2	40	55		2	110	110	4,0				
	DISPOR TINTA NA BANCADA												
	DESLOCAR-SE ATÉ VEÍCULO 5M	KA		25		5	125	125	4,5				
	DAR TORQUE EM 2 PORCAS	AC 2	40	55		2	110	110	4,0				
	ACIONAR TORQUIMETRO	ZB 1	20	10		6	60	60	2,2				
	DAR TORQUE EM 1 PARAFUSO DO CANISTER	AC 2	40	55		1	55	55	2,0				
	ACIONAR TORQUIMETRO	ZB 1	20	10		3	30	30	1,1				
LIBERAR FEC													
	DESLOCAR-SE ATÉ LADO ESQ. 3M	KA	20	25		3	75	75	2,7				
	PEGAR FEC NO ELEFANTE	AB 1	20	30		1	30	30	1,1				
	PEGAR CARIMBO NO BOLSO	AA 1	20	20		1	20	20	0,7				
	VISUALIZAR OS 3 CAMPOS DA FEC	VA	10	15		3	45	45	1,6				
	CARIMBAR FEC 3X (2 PARAF. DO FILTRO + 1 CANISTER)	AA 1	10	20		3	60	60	2,2				
	ACIONAR CARIMBO NA FEC	PC 1	10	30		3	90	90	3,2				
	DISPOR FEC NO ELEFANTE												
	DISPOR CARIMBO NO BOLSO												
8V MIX PR MK7													
	DESLOCAR-SE ATÉ BANCADA 7M	KA		25		7	175	175	6,3				
	PEGAR 1 MANTA TÉRMICA (5X0 971 820)	AA 2	10	20		1	20	20	0,7				
	ABRI-LA P/ FACILITAR A COLOCAÇÃO.	AA1	10	20		1	20	20	0,7				
	DESLOCAR-SE ATÉVEÍCULO 5M	KA		25		5	125	125	4,5				
	PASSAR MANTA PELO CHICOTE 16V	AC 2	40	55		1	55	55	2,0				
	REPOSICIONAR ADICIONAL	PA 1	10	10		4	40	40	1,4				
							SOMATÓRIA TOTAL TMU						
							2980						
Observações						Total TMU		2980					
Valor de tempo (min)	Perdas Gerais (%)	Perdas Pessoais(5,26%) Min				Tempo Final (min)	SEGUNDOS COM P.P.						
1.7880						1.7880	107,3						

Fig. 4.23 –Análise MTM montagem do filtro de ar antes

IMPRIMIR										FOLHA DE ANÁLISE MTM - SD/UAS										
(X) Planejado										() Executado										
Num Produto 377201 041 D					Denominação: Conjunto Carroceria										Folha nº 1					
Num. Operação					Descrição: PRÉ MONTAR E MONTAR FILTRO NO VEÍCULO															
Emitido por					Data: 6/8/2004					RENDIMENTO 100%										
TEMPO TOTAL(MIL)			1,4130			TOTAL(TMU)			2355											
num.	Descrição/Observação	Cód.	Dist.	TMU		Freq	Sub-total TMU		TMU EM SEGUNDOS											
				MANUAL	MEC.		NORMAL	CORRIGIDO												
PRÉ MONTAR FILTRO																				
	DESLOCAR-SE 1M	KA		25		1	25	25	0,9											
	LER IMON	VA		15		1	15	15	0,5											
	DESLOCAR-SE ATÉ BANCADA 2M	KA		25		2	50	50	1,8											
	DISPOR TORQUIMETRO																			
	DESLOCAR-SE ATÉCX. C/ TUBO 0M	KA		25																
	PEGAR 1 TUBO 16V (377 201231 J/377 201 231)	AB 2	30	45		1	45	45	1,6											
	DESLOCAR-SE ATÉ BANCADA 0M	KA		25																
	RETRAIR PROTEÇÃO DO TUBO E DISPOR NO LIXO	AA 2	30	35		1	35	35	1,3											
	DESLOCAR-SE ATÉCX. C/ FILTRO 0M	KA		25																
	PEGAR 1 FILTRO (377 201 041 D/5X0 201 511)	AA 2	30	35		1	35	35	1,3											
	DESLOCAR-SE ATÉ BANCADA 0M	KA		25																
	RETRAIR PROTEÇÃO DO TUBO E DISPOR NO LIXO	AA 2	30	35		1	35	35	1,3											
	PEGAR 1 LADO DO TUBO E ENCAIXAR NO FILTRO	AC 2	40	55		1	55	55	2,0											
	PEGAR 1 PRESILHA E ENCAIXAR NO TUBO (N019538.6)	AC 1	40	55		1	55	55	2,0											
	PEGAR 2 PRESILHA E ENCAIXAR NO TUBO (477 971 651)	AC 1	30	55		2	110	110	4,0											
MONTAR FILTRO NO VEÍCULO																				
	PEGAR 2 PORÇAS(N021 176.1) E TUBO	AB 2	40	45		3	135	135	4,9											
	DESLOCAR-SE ATÉ VEÍCULO 2M	KA		25		2	50	50	1,8											
	DISPOR PARAFUSADERA NO ELEFANTE REG. CX. RODA TRAS. LE	AA 2	30	35		1	35	35	1,3											
	POSICIONAR FILTRO NO VEÍCULO	AF 2	50	65		1	65	65	2,3											
	ENCAIXAR NO SUPORTE 2VEZES	PC 2	40	40		2	80	80	2,9											
	APONTAR 2 PORÇAS NO FILTRO	ZB 1	20	10		2	20	20	0,7											
ENCAIXAR TUBULAÇÕES NO VEÍCULO																				
	RETRAIR 2 PROTEÇÕES DO TUBO JÁ EXISTENTE NO VEÍCULO	AA 1	20	20		2	40	40	1,4											
	ENCAIXAR OS 2 TUBOS	AC 2	30	55		2	110	110	4,0											
	ENCAIXAR 2 PRESILHAS PRESSIONANDO-AS 2 VEZES	PC 2	30	40		2	80	80	2,9											
FIXAR																				
	PEGAR PARAFUSADERA	HB 1	30	60		1	60	60	2,2											
	FIXAR 2 PARAFUSOS	PT		75		2	150	150	5,4											
	DESLOCAR-SE ATÉ BANCADA 2M	KA		25		2	50	50	1,8											
	DISPOR PARAFUSADERA NA BANCADA																			
DAR TORQUE NO FILTRO NO VEÍCULO																				
	PEGAR 2 TORQUIMETRO	HA 1	10	25		2	50	50	1,8											
	PEGAR TINTA E POSICIONAR NO TORQUIMETRO 2 VEZES	AC 2	40	55		2	110	110	4,0											
	DISPOR TINTA NA BANCADA																			
	DESLOCAR-SE ATÉ VEÍCULO 2M	KA		25		2	50	50	1,8											
	DAR TORQUE EM 2 PORÇAS	AC 2	40	55		2	110	110	4,0											
	ACIONAR TORQUIMETRO	ZB 1	20	10		6	60	60	2,2											
	DAR TORQUE EM 1 PARAFUSO DO CANISTER	AC 2	40	55		1	55	55	2,0											
	ACIONAR TORQUIMETRO	ZB 1	20	10		3	30	30	1,1											
LIBERAR FEC																				
	DESLOCAR-SE ATÉ LADO ESQ. 3M	KA	20	25		3	75	75	2,7											
	PEGAR FEC NO ELEFANTE	AB 1	20	30		1	30	30	1,1											
	PEGAR CARIMBO NO BOLSO	AA 1	20	20		1	20	20	0,7											
	VISUALIZAR OS 3 CAMPOS DA FEC	VA	10	15		3	45	45	1,6											
	CARIMBAR FEC 3X (2 PARAF. DO FILTRO + 1 CANISTER)	AA 1	10	20		3	60	60	2,2											
	ACIONAR CARIMBO NA FEC	PC 1	10	30		3	90	90	3,2											
	DISPOR FEC NO ELEFANTE																			
	DISPOR CARIMBO NO BOLSO																			
8V MIX PR MK7																				
	DESLOCAR-SE ATÉ BANCADA 2M	KA		25		2	50	50	1,8											
	PEGAR 1 MANTA TÉRMICA (5X0 971 820)	AA 2	10	20		1	20	20	0,7											
	ABRI-LA P/ FACILITAR A COLOCAÇÃO.	AA1	10	20		1	20	20	0,7											
	DESLOCAR-SE ATEVEÍCULO 2M	KA		25		2	50	50	1,8											
	PASSAR MANTA PELO CHICOTE 16V	AC 2	40	55		1	55	55	2,0											
	REPOSICIONAR ADICIONAL	PA 1	10	10		4	40	40	1,4											
SOMATÓRIA TOTAL TMU							2355													
Observações							Total TMU			2355										
Valor de tempo (min)			Perdas Gerais (%)			Perdas Pessoais(5,26%) Min			Tempo Final (min)			SEGUNDOS COM P.P.								
1,4130									1,4130			84,8								

Fig. 4.24 –Análise MTM montagem do filtro de ar depois

Introduzindo-se uma parafusadeira elétrica neste posto de trabalho da linha tradicional (análise MTM da Fig. 4.29 e Fig. 4.30), eliminou-se a necessidade de aplicar-se o torque final, eliminando desta forma, a dupla movimentação e o manuseio adicional de ferramentas evidenciado na análise MTM da Fig. 4.31. Ver também anexo.



Fig. 4.25 – Parafusadeira elétrica



Fig. 4.26 – Parafusadeira eletrônica



Fig. 4.27 – Parafusadeira pneumática



Fig. 4.28 – Torquímetro de estalo

Comparando-se as duas folhas de análise MTM, Fig. 4.30 e 4.31, chega-se a conclusão que se pode reduzir o tempo necessário para efetuar a tarefa de 0,4140 min para 0,1740 min. Reduzindo-se desta forma em 58,8 % ou 0,24 min o tempo necessário para realizar a tarefa.

Pretende-se a seguir, demonstrar as vantagens do auxílio da eletrônica na seleção de peças. Na montagem final de veículos, a maioria das peças utiliza a combinação de PR's. Como no exemplo já mencionado anteriormente, será utilizada uma ficha de montagem do *Fahrwerk*, onde para efetuar-se a correta seleção do motor, existe a necessidade de combinar-se os quatro PR's que definem a peça Fig. 4.32.

IMPRIMIR		FOLHA DE ANÁLISE MTM - SD/UAS							
(X) Planejado				() Executado					
Num Produto 37X 000 000 XX	Denominação: Conjunto carro						Folha nº	1	
Num. Operação	Descrição: Montar porta dianteira								
Emitido por	Data: 11/12/2003		RENDIMENTO 100%						
TEMPO TOTAL(MIL)	1,0860	TOTAL(TMU)	1810						
num.	Descrição/Observação	Cód.	Dist.	TMU		Freq	Sub-total TMU		TMU EM SEGUNDOS
				MANUAL	MEC.		NORMAL	CORRIGIDO	
1	MONTAR PORTA DIANTEIRA - GOL								0,0
	Deslocar 5m de volta até o manipulador.	KA		25		5	125	125	4,5
	Abriir trava do manipulador p/ giro da porta.	AB	2	50	45	1	45	45	1,6
	Dobrar limitador.	AA	1	20	20	1	20	20	0,7
	Destruvar outro encaixe.	AA	2	50	35	1	35	35	1,3
	Destruvar com o pé o berço interior.	AA	2	50	35	1	35	35	1,3
	Posicionar manipulador na porta.	AC	2	50	55	1	55	55	2,0
	Retirar porta levantando à mesma.	AJ	2	50	65	1	65	65	2,3
	Reposicionar trava com a mão para liberar frame.	AA	1	20	20	1	20	20	0,7
	Reposicionar trava com o pé para liberar frame.	AA	2	50	35	1	35	35	1,3
	Dobrar frame para posição original.	AA	2	50	35	1	35	35	1,3
	Deslocar 5m c/ porta e frame até o veículo.	KA		25		5	125	125	4,5
	Posicionar porta p/ encaixá-la.	AK	2	50	75	1	75	75	2,7
	Encaixar chicote da porta.	AF	2	50	65	1	65	65	2,3
	Abaixar ou sentar no banco para fixar limitador.	KC		110		1	110	110	4,0
	Pegar parafuso no assoalho, posicioná-lo no limitador.	AC	2	50	55	1	55	55	2,0
	Pegar parafusadeira pneumática e posicionar no parafuso.	AA	2	50	35	1	35	35	1,3
	Fixá-lo com parafusadeira pneumática.	PT		140		1	140	140	5,0
	Trocar porta da parafusadeira.	AC	2	50	55	2	110	110	4,0
	Apertar 2 parafusos sem cabeça.	PT		140		2	280	280	10,1
	Retirar manipulador e dispor ao lado.	AB	2	50	45	1	45	45	1,6
	Pegar maçaneta de levantar vidro.	AA	2	50	35	3	105	105	3,8
	Girar 4x até o levantamento total do vidro.	ZB	2	50	30	4	120	120	4,3
	Andar 3m com manipulador e dispor ao lado.	KA		25		3	75	75	2,7
SOMATÓRIA TOTAL TMU								1810	
Observações							Total TMU	1810	
Valor de tempo (min)	Perdas Gerais (%)	Perdas Pessoais(5,26%) Min	Tempo Final (min)			SEGUNDOS COM P.P.			
1,0860			1,0860			65,2			

Fig. 4.29 – Análise MTM colocação das portas.

IMPRIMIR

FOLHA DE ANÁLISE MTM - SD/UAS

(X) Planejado () Executado										
Num Produto 377 823 723.C/D		Denominação: Conjunto Carroceria						Folha n°		1
Num. Operação		Descrição: Dar torque nos parafusos das portas						Rendimento		100%
Emitido por		Data: 12/12/2003		RENDIMENTO						100%
TEMPO TOTAL(MIN)		0,4140	TOTAL(TMU)		690					
num.	Descrição/Observação	Cód.	Dist.	TMU		Freq	Sub-total TMU		TMU EM SEGUNDOS	
				MANUAL	MEC.		NORMAL	CORRIGIDO		
1 TORQUE NOS PARAFUSOS DE FIXAÇÃO DA PORTA DIANTEIRA LADO DIREITO										
	Deslocar para a porta dianteira lado direito	KA		25		3	75	75	2,7	
	Abrir a porta dianteira lado direito	AA	30	35		1	35	35	1,3	
	Andar e sentar na soleira da porta dianteira	KA		25		1	25	25	0,9	
		KC		110		1	110	110	4,0	
	Dar torque no parafuso superior da dobradiça da porta	AC	30	55		1	55	55	2,0	
		PB	30	30		1	30	30	1,1	
	Dar torque no parafuso inferior da dobradiça da porta	AC	20	40		1	40	40	1,4	
		PB	30	30		1	30	30	1,1	
	Retirar soquete do torquimetro da dobradiça da porta e dispor sobre o assoalho	AB	30	45		1	45	45	1,6	
	Pegar soquete do limitador da porta e encaixar no torquimetro.	AB	30	45		1	45	45	1,6	
		PB	10	20		1	20	20	0,7	
	Aportar e dar torque no parafuso de fixação do limitador da porta	AC	30	55		1	55	55	2,0	
		PB	10	20		1	20	20	0,7	
2 MARCAR OS PARAFUSOS COM TINTA BRANCA										
	Pegar marcador (bismaga) do assoalho e marcar 3 parafusos	AB	30	45		1	45	45	1,6	
		AB	10	30		1	30	30	1,1	
		AB	10	30		1	30	30	1,1	
SOMATORIA TOTAL TMU							Total TMU		690	
Observações										
Valor de tempo (min)		Perdas Gerais (%)		Perdas Pessoais(5,26%) Min		Tempo Final (min)		SEGUNDOS COM P.P.		
0,4140						0,4140		24,8		

Fig. 4.30 – Análise MTM fixação das portas antes.

IMPRIMIR

FOLHA DE ANÁLISE MTM - SD/UAS

(X) Planejado () Executado										
Num Produto 377 823 723.C/D		Denominação: Conjunto Carroceria						Folha n°		1
Num. Operação		Descrição: Dar torque nos parafusos das portas						Rendimento		100%
Emitido por		Data: 12/12/2003		RENDIMENTO						100%
TEMPO TOTAL(MIN)		0,1740	TOTAL(TMU)		290					
num.	Descrição/Observação	Cód.	Dist.	TMU		Freq	Sub-total TMU		TMU EM SEGUNDOS	
				MANUAL	MEC.		NORMAL	CORRIGIDO		
1 TORQUE NOS PARAFUSOS DE FIXAÇÃO DA PORTA DIANTEIRA LADO DIREITO										
	Deslocar para a porta dianteira lado direito	KA		25						
	Abrir a porta dianteira lado direito	AA	30	35						
	Andar e sentar na soleira da porta dianteira	KA		25						
		KC		110						
	Dar torque no parafuso superior da dobradiça da porta	AC	30	55						
		PB	30	30						
	Dar torque no parafuso inferior da dobradiça da porta	AC	20	40						
		PB	30	30						
	Retirar soquete do torquimetro da dobradiça da porta e dispor sobre o assoalho	AB	30	45		1	45	45	1,6	
	Pegar soquete do limitador da porta e encaixar no torquimetro.	AB	30	45		1	45	45	1,6	
		PB	10	20		1	20	20	0,7	
	Aportar e dar torque no parafuso de fixação do limitador da porta	AC	30	55		1	55	55	2,0	
		PB	10	20		1	20	20	0,7	
2 MARCAR OS PARAFUSOS COM TINTA BRANCA										
	Pegar marcador (bismaga) do assoalho e marcar 3 parafusos	AB	30	45		1	45	45	1,6	
		AB	10	30		1	30	30	1,1	
		AB	10	30		1	30	30	1,1	
SOMATORIA TOTAL TMU							Total TMU		290	
Observações										
Valor de tempo (min)		Perdas Gerais (%)		Perdas Pessoais(5,26%) Min		Tempo Final (min)		SEGUNDOS COM P.P.		
0,1740						0,1740		10,4		

Fig. 4.31 – Análise MTM fixação das portas depois

CHASSI

ficha de montagem

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	MY0 MOTOR	A8C BÁSICA	B41 EXIG. ESP.	B1D PAÍSES	G0C CÂMBIO	G16 SUSP. DIANT.	L0L DIREC.	L17 EIXO DIANT.
2	0AS ESTAB. DIANT.	0EM DIF. CLASSE	1A4 SIST. ALIM.	0N2 EIXO TR.	0YB EIXO TRAS.	1AL SIST. FREIO	1KM FREIO TR.	1LG FREIO TR.
3	1N4 DIREÇÃO		8GD ALTERNAD.	9AB AQUEC/AC.		7GL EMIS. GAS	0EM DIF. PEÇAS	7PA GP. FLAT.
4		0CX MOTOR FAS.	0G4 DIF. CLASSE	0P0 TRANSMIS.	9U0 PONT. ESCAP.			K8B Carroçaria
5	7363 CÂMBIO	4102 MOTOR	21B LUBRIFIC.	44= LUBRIFIC. REF.				MY2005 Liberação

Fig. 4.32 – Ficha de montagem *Fahrwerk*

No processo tradicional, existe a necessidade da leitura de quatro PR's conforme descrito na análise MTM da Fig. 4.33, ao passo que, com o uso do processo de seleção eletrônico, existe a necessidade da leitura de somente um número *Sorten* (também escrito no motor), resultando na análise MTM da Fig. 4.34.

IMPRIMIR										FOLHA DE ANÁLISE MTM - SD/UAS				
(X) Planejado										() Executado				
Num Produto		Denominação: Conjunto Fahrwerk												
Num. Operação		Descrição: Seleciona motor							Folha nº 1					
Emitido por				Data: 12/2/2006			RENDIMENTO			100%				
TEMPO TOTAL (MIN)		0,0660		TOTAL (TMU)		110								
num.	Descrição/Observação	Cód.	Dist.	TMU		Freq	Sub-total TMU		TMU EM SEGUNDOS					
				MANUAL	MEC.		NORMAL	CORRIGIDO						
1	TORQUE NOS PARAFUSOS DE FIXAÇÃO DA PORTA DIANTEIRA LADO DIREITO													
	Deslocar até o conjunto a ser montado	KA		25		2	50	50	1,8					
	visualisar os 4 campos da FEC	VA	30	15		4	60	60	2,2					
SOMATÓRIA TOTAL TMU								110						
Observações								Total TMU	110					
Valor de tempo (min)	Perdas Gerais (%)	Perdas Pessoais(5,26%) Min			Tempo Final (min)		0,0660		SEGUNDOS COM P.P.					
0,0660									4,0					

Fig. 4.33 – Análise MTM seleção do motor antes

IMPRIMIR										FOLHA DE ANÁLISE MTM - SD/UAS									
(X) Planejado										() Executado									
Num Produto 032 100 014 AG					Denominação: Conjunto Fahrwerk														
Num. Operação					Descrição: Seleciona motor										Folha nº 1				
Emitido por										Data: 12/2/2006					RENDIMENTO 100%				
TEMPO TOTAL(MIL.) 0,0390					TOTAL(TMU) 65														
num.	Descrição/Observação	Cód.	Dist.	TMU		Freq	Sub-total TMU		TMU EM SEGUNDOS										
				MANUAL	MEC.		NORMAL	CORRIGIDO											
1	TORQUE NOS PARAFUSOS DE FIXAÇÃO DA PORTA DIANTEIRA LADO DIREITO								0,0										
	Deslocar até o conjunto a ser montado	KA		25		2	50	50	1,8										
	visualisar os 4 campos da FEC	VA	30	15		1	15	15	0,5										
SOMATORIA TOTAL TMU								65											
Observações							Total TMU			65									
Valor de tempo (min)			Perdas Gerais (%)			Perdas Pessoais(5,26%) Min			Tempo Final (min)		SEGUNDOS COM P.P.								
0,0390									0,0390		2,3								

Fig. 4.34 – Análise MTM seleção do motor depois

Comparando-se as duas folhas de análise MTM, Fig. 4.33 e 4.34, conclui-se que se poderia reduzir o tempo necessário para efetuar a tarefa de 0,066 min para 0,039 min, reduzindo-se desta forma em 40,9 % ou 0,027 min o tempo necessário para realizar a tarefa. Neste caso, porém, deve-se adicionar o tempo de retrabalho para a correção de falhas, que conforme mencionado anteriormente por Iida (1995), pode-se esperar em mil leituras (neste caso, para seleção de peças), dezoito erradas. Para um retrabalho de quatro horas para a troca de um motor, tem-se no processo inovador com seleção de peças por meios eletrônicos, uma redução em retrabalho de 4,32 min por carro.

Os valores de redução de tempo anteriormente mencionados, quando tratados individualmente, podem parecer insignificantes. Mas quando se considera uma quantidade de 2.500 peças a serem montadas por modelo, e em torno de 500 postos de trabalho por turno, os números se tornam expressivos. Investimentos em postos de trabalho padronizados Fig. 4.35, abastecimento ergonomicamente correto de peças Fig. 4.36, e o abastecimento seqüenciado de peças complexas, só trazem ganhos à empresa e aos seus colaboradores.



Fig. 4.35 – Posto de trabalho padronizado

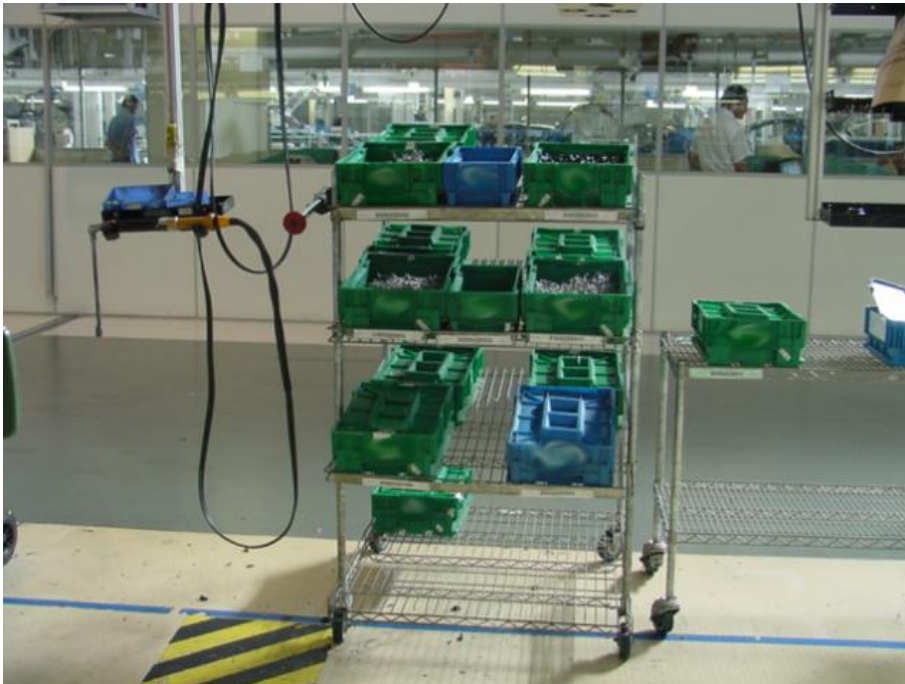


Fig. 4.36 – Abastecimento de peças ergonomicamente planejado



Fig. 4.37 – Abastecimento seqüenciado de peças

O objetivo deste capítulo foi mostrar a aplicação da metodologia MTM de levantamento de tempo por atividade, e as vantagens de sua aplicação no momento do planejamento de um novo modelo, tornando possível apurar o tempo necessário para a montagem do veículo com a utilização dos dois processos, o inovador e o tradicional.

5 - ANÁLISE COMPARATIVA DOS DADOS

Como proposto inicialmente para a comparação dos resultados, levantou-se pelo período de 12 meses (compreendidos entre janeiro a dezembro de 2005), os indicadores internos utilizados neste trabalho durante o comparativo das duas linhas de montagem.

De posse dos indicadores do processo inovador e tradicional, calcularam-se os valores médios em cada um dos processos, tomando-se o cuidado de excluir o modelo mais antigo produzido na linha tradicional, devido a possuir objetivos internos inferiores aos modelos novos, limitações tecnológicas do produto, no processo e nos equipamentos de uso exclusivo.

Para as análises comparativas dos dados das duas linhas de montagem, utilizaram-se as expressões 5 e 6.

$$I^{\text{tradicional}} = \frac{\text{indicador tradicional}}{\text{indicador tradicional}}$$

(5)

$$I^{\text{inovador}} = \frac{\text{indicador inovador}}{\text{indicador tradicional}}$$

(6)

Em cada um dos indicadores anteriormente escolhidos, aplicaram-se as expressões 5 e 6, seus resultados são apresentados na tabela 5.1, que compara os indicadores entre a linha inovadora e tradicional.

Os itens evidenciados na tabela 5.1, demonstram os indicadores que apresentaram ganhos na linha inovadora sobre a linha tradicional; e os não evidenciados, os indicadores que apresentaram ganhos na linha tradicional sobre a linha inovadora.

Tab. 5.1 – análise comparativa dos dados

Indicador	linha tradicional	linha inovadora
<i>Audit</i>	1,00	0,71
Tempo adicional de NOS	1,00	1,15
Tempo total de montagem	1,00	0,94
Índice total de satisfação do cliente	1,00	1,02
Custos totais de garantia	1,00	1,67
Faltas	1,00	0,79

A seguir, apresentam-se os comentários dos dados apresentados na Tab. 5.1:

- *Audit*: A pontuação apresentada na linha inovadora mostrou-se menor do que a apresentada na linha tradicional. Como esta pontuação é diretamente proporcional ao número de defeitos apresentados nos veículos, a linha inovadora mostrou-se melhor neste indicador;
- O tempo adicional de NOS (*Normal of Standard*), mostrou-se maior na linha inovadora do que o na linha tradicional. Como deseja-se a redução destes valores (para reduzir-se o custo de mão de obra), a linha tradicional mostrou-se melhor neste indicador do que a inovadora;
- O tempo total de montagem com NOS, necessário para os modelos produzidos na linha inovadora, mostrou-se menor do que o da linha tradicional. Novamente como se deseja a redução destes valores (para reduzir-se o custo de mão de obra), a linha inovadora mostrou-se melhor neste indicador;
- O índice total de satisfação do cliente no veículo completo para os modelos produzidos na linha inovadora, mostrou-se maior do que o da linha tradicional, mostrando uma maior quantidade de clientes satisfeitos com os veículos produzidos nesta linha;
- Os custos totais de garantia do veículo completo nos modelos da linha inovadora, mostraram-se maiores quando comparados aos da linha tradicional (o que é ruim). Porém, deve-se mencionar que os veículos produzidos na linha de montagem inovadora, possuem uma quantidade de

itens de série, que são oferecidos como opcionais nos modelos da linha tradicional, além de um preço de venda médio 32,2 % maior. Não existe na empresa estudada, um método para compensar esta maior complexidade e custo das peças dos veículos produzidos na linha do modelo inovador, para poder-se compará-los aos veículos produzidos na linha tradicional;

- Os índices de faltas da linha inovadora mostraram-se menores do que o da linha tradicional, o que a favorece neste indicador na linha inovadora;

5.1 - Vantagens e desvantagens de cada um dos sistemas

O sistema tradicional mostrou como uma grande vantagem, praticamente não possuir paradas não planejadas e perdas de produtividade por este motivo. Seu sistema de movimentação da linha de montagem baseado em correntes de arraste para os elefantes, não permite a parada de trechos da linha, permitindo somente duas opções de parada, pelo painel de controle que deve ser autorizada pelo gerente da montagem final, ou em caso de emergência que pode ser acionada por qualquer pessoa, parando toda a linha de montagem.

Como vantagens do sistema inovador podem ser citadas: melhoria nas condições ergonômicas do trabalhador, redução de desperdício em atividades que não agregam valor, melhor qualidade final do produto, redução no tempo de retrabalho, maior índice de satisfação do cliente e no índice de faltas. Espera-se ainda para o futuro, uma redução nas reclamações trabalhistas e nas lesões dos operadores, devido as melhores condições ergonômicas de trabalho.

5.2 – Observações durante o desenvolvimento do trabalho

Na linha de montagem aqui denominada inovadora, planejou-se fazer juntamente com sua implementação, uma grande mudança comportamental e cultural nos seus colaboradores. Um programa de recrutamento interno foi montado, criou-se um novo uniforme, um logotipo próprio, uma nova estrutura organizacional, além de um grande programa de treinamento comportamental, motivacional e técnico, que foi aplicado a todos seus colaboradores.

Dentre os equipamentos disponíveis normalmente em uma linha de montagem, disponibilizaram-se outros para o gerenciamento da qualidade do

produto final pelos próprios operadores. Instalaram-se a cada 5 metros cordas de parada de processo Fig. 5.1, que ao serem acionadas, paravam o trecho de linha correspondente ao seu time de trabalho, e para o seu correto uso treinaram-se os operadores da linha inovadora para pararem a linha de montagem sempre que observassem qualquer problema que pudesse gerar uma quebra de qualidade no produto final, pois a qualidade seria a sua maior prioridade. Informaram também os operadores que quando ocorresse qualquer parada de linha no seu time de trabalho, lhe seria enviado auxílio imediato para solucionar o problema, pois o monitor não teria nenhuma montagem de sua responsabilidade sendo suas tarefas solucionar os problemas do seu time de trabalho, promover o rodízio de pessoal nas operações, treiná-los e administrá-los.



Fig. 5.1 – Corda de parada de processo

Um outro equipamento chamado de corda *andon* Fig. 5.2, também foi disponibilizado na linha de montagem com a função de avisar da falta de abastecimento de peças mais críticas, ou seja, peças com maior chance de provocar uma parada de linha por falta de abastecimento. Seu funcionamento seria em conjunto com o painel *andon*, Fig. 5.3, e para isto, elegeram-se as 30 peças mais críticas para o sistema de abastecimento. Para cada uma destas peças designou-se e identificou-se uma das cordas *andon*, que ao ser acionada acende no painel *andon*

no meio da linha de montagem um dos números de 1 a 30 relacionados ao número da peça por meio de uma tabela, avisando imediatamente o operador logístico daquela peça, que a linha precisa ser abastecida.

Após iniciar-se a produção na linha inovadora, além dos problemas normalmente encontrados em uma linha de montagem, observou-se um excesso de paradas não planejadas, que era inexistente no sistema tradicional. Interessante citar, que este problema de paradas não planejadas, permaneceu por anos na linha de montagem inovadora. Tentou-se eliminá-lo, reduzindo o número de cordas de processo de uma a cada 5 metros para 1 a cada 20 metros, mas os problemas com paradas persistiu, até que no início do ano de 2006 o gerente da montagem final proibiu a parada da linha por qualquer problema que não fosse uma emergência.



Fig. 5.2 – Corda *andon*



Fig. 5.3 – Painel *andon*

De posse dos materiais estudados para a elaboração deste trabalho, concluiu-se que vários fatos contribuíram para o aparecimento deste novo problema de paradas não planejadas.

No início da produção na nova linha de montagem, tentou-se suportar todo o planejamento citado, mas devido à impossibilidade de novas contratações, da necessidade de mão de obra adicional, e de redução de custos; o monitor acabou por ser designado a um posto de trabalho planejado na linha de montagem com uma ocupação de 50% e os restantes 50% liberados para gerenciar o seu time de trabalho. Acontece que na prática, o que realmente aconteceu é que o monitor acabou por ficar 100% do seu tempo trabalhando em diversos postos da linha de montagem, cobrindo ausências, retrabalhos ou outras deficiências. E quando um operador parava a linha por um problema de qualidade, aquela pessoa que deveria ajudá-lo a sanar este problema rapidamente e liberar a linha, não mais existia, levando-se a constantes paradas em toda a linha de montagem e a perda de produtividade.

Quanto ao uso da corda e do painel *andon*, curiosamente nunca se reportou o uso de toda a metodologia de abastecimento planejada. A experiência dos operadores logísticos levou-os a criar rotas de abastecimento com horários planejados, e como cada peça sempre é abastecida com duas embalagens na linha,

quando uma termina, o próprio montador inicia o uso da outra embalagem, e na próxima passagem do operador logístico a caixa vazia é trocada por uma cheia.

Em julho de 2005, o painel *andon* foi modificado para mostrar quando um time de trabalho provocava uma parada de linha pela corda de parada de processo. Esta modificação teve como objetivo controlar as constantes paradas da linha de montagem.

Conforme Mishina (1992), na linha de montagem da Toyota Motor Manufacturing, U.S.A. em Georgetown, Kentuck, demarcou-se na linha de montagem o começo e o fim de cada tacto de trabalho, com uma linha verde e uma vermelha. A linha verde indica onde cada membro do time de trabalho deverá iniciar sua atividade de montagem e a vermelha onde deverá terminá-la. Existe também uma linha amarela marcando o ponto onde 70% do trabalho deverá estar completo. Se um membro do time de trabalho estiver atrás desta linha amarela, ou se encontrar qualquer outro tipo de problema, ele puxa a corda *andon* disposta longitudinalmente em toda a linha de montagem Fig. 5.4, disparando um aviso sonoro e ligando uma luz piscante com o número da estação de trabalho que a acionou no painel *andon* Fig. 5.5.

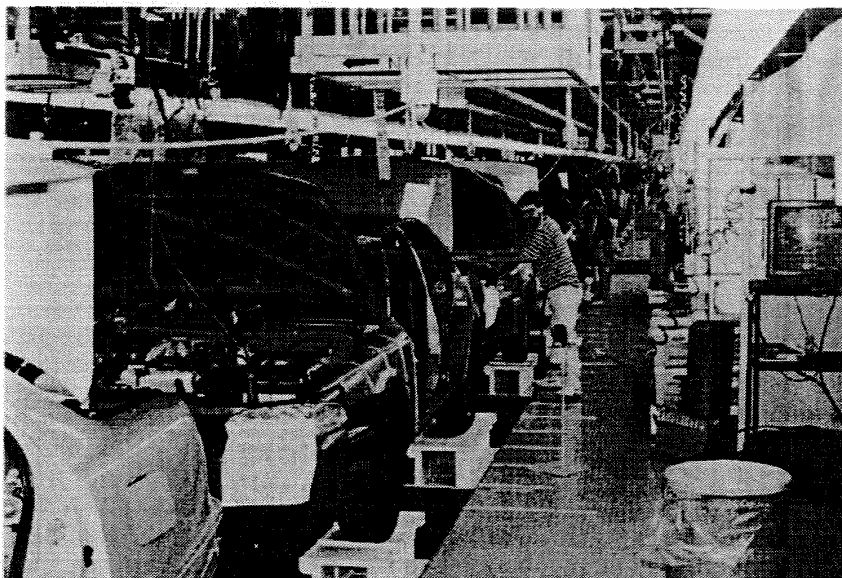


Fig. 5.4 – Corda *andon* na Toyota Motor Manufacturing, U.S.A.



Fig. 5.5 – Painel *andon* na Toyota Motor Manufacturing, U.S.A.

O monitor do time de trabalho com a luz piscante no painel *andon* saberá que tem problemas, e imediatamente irá correr até o posto de trabalho. Se conseguir corrigí-lo, puxa novamente a corda *andon* desligando o aviso sonoro e a luz piscante com o número da estação de trabalho. Entretanto se não for possível corrigir o problema imediatamente, lhe é permitido puxar a linha vermelha (corda de parada de processo) e parar o seu segmento da linha, e esta parada irá atrair a atenção do líder que deverá vir auxiliá-lo imediatamente.

Cita-se ainda, que um membro de time puxa em média 12 vezes a corda *andon* por turno, e que tipicamente uma destas paradas acabam por gerar uma parada de linha. Considerando-se somente a não existência da corda *andon* na linha inovadora estudada, o problema mencionado no artigo de perda de volume de produção na fábrica da Toyota em Georgetown, seria agravado em pelo menos 12 vezes na linha inovadora.

5.3 – Propostas de modificações na linha inovadora

Conclui-se que na linha estudada, vários conceitos básicos planejados inicialmente não foram implementados corretamente, ou foram mesmo modificados levando novos problemas a linha de montagem. Os itens a seguir, são parte do sistema de produção, sendo inicialmente planejados, e devem ser alterados, para

uma melhoria na produtividade e na qualidade dos produtos montados na linha inovadora:

- Deve-se distribuir as cordas *andon* ao longo de toda a linha de montagem de forma longitudinal, e conectá-las ao painel *andon* para que este possa dar o alerta ao monitor de problemas em seu grupo;
- Os monitores devem ser liberados 100% do tempo fora dos postos de trabalho, e instruídos para suportar e resolver os problemas do seu time de trabalho;
- Promover um novo treinamento comportamental, motivacional e técnico, e aplicá-lo a todos seus atuais colaboradores;
- Após atingir-se uma estabilidade no processo quanto ao uso correto das cordas e do painel *andon* na linha, deve-se reinstalar as cordas de parada de processo, e liberar o seu uso correto pelos monitores da linha;
- Padronizar quais indicadores de qualidade do produto, custo em garantia e reclamações do cliente, que vão ser utilizados no futuro para comparação dos resultados destas modificações;
- Redefinir os objetivos da do departamento de engenharia de manufatura, de forma que não seja somente o cumprimento do orçamento inicial, mas sim os objetivos desejados para a fábrica, como produtividade, qualidade, fabricação do veículo no tempo planejado, baixos custos de retrabalho, e de manutenção de equipamentos e meios;

Pretendeu-se com este capítulo, mostrar as vantagens do processo da linha inovadora comparando-se os indicadores internos *audit*, NOS, tempo para retrabalho, índice de satisfação do cliente, faltas e custos em garantia, além de propor melhorias na linha inovadora para corrigir problemas conceituais encontrados.

6 – PROPOSTAS DE APLICAÇÃO

Propõe-se a aplicação deste método, na investigação da viabilidade financeira da construção de novos modelos de veículos. A sua aplicação pode ser feita de forma integral, onde exista a necessidade da construção de uma nova linha de montagem.

Ou ainda parcial, na avaliação de melhorias ou adaptações de linhas de montagem existentes, o emprego do abastecimento planejado, uso de parafusadeiras elétricas, ou da ergonomia no sistema de abastecimento.

Uma outra aplicação para o método proposto, seria na escolha de maior utilização de um modelo ou outro de linha de montagem, para empresas onde exista a disponibilidade dos dois modelos.

Na empresa estudada, utiliza-se para o cálculo de retorno de investimentos na a fabricação de novos modelos, o volume total de veículos a serem produzidos durante o seu ciclo de vida planejado para o produto. Esta premissa será utilizada no nosso exemplo.

6.1 – Método proposto

Para iniciar-se o levantamento dos dados necessários para os cálculos de viabilidade financeira, devem-se disponibilizar as informações dos itens de maior relevância do projeto, propõe-se a Tab. 6.1 e Tab. 6.2, como informações básicas necessárias para o início dos trabalhos (onde, os dados aparecem como itens evidenciados, e os resultados como não evidenciados s).

Conforme Hirschfeld (2000), quando se tem diversas alternativas econômicas, estas devem ser comparadas para selecionar-se a mais conveniente.

O autor cita ainda que existem vários métodos para a análise de alternativas, e que quando tomados os devidos cuidados de uniformidade de considerações, todos levarão aos mesmos resultados.

Tab. 6.1 – Tabela comparativa de mão de obra*

descrição	linha inovadora	linha tradicional
levantar tempo necessário para execução da tarefa com uso do MTM (hora/unid.)		
levantar o custo da mão de obra com encargos (R\$/ hora)		
cálculo do gasto por unidade com mão de obra com encargos (R\$/unid.)		

Tab. 6.2 – Tabela comparativa de investimentos**

descrição	linha inovadora	linha tradicional
levantar o tipo de equipamento		
levantar o volume de produção planejado (unid./hora)		
levantar a capacidade de produção do equipamento (unid./hora)		
levantar a vida útil estimada do equipamento (operações)		
levantar a vida útil estimada dos equipamentos ou meios adicionais (operações)		
verificar se a vida útil estimada do equipamento atende o volume planejado		
verificar se a vida útil estimada dos equipamentos ou meios adicionais atendem o volume planejado		
verificar a quantidade de equipamentos necessários para a fabricação do volume planejado (unid.)		
verificar a quantidade de equipamentos ou meios adicionais necessários para o volume planejado (unid.)		
levantar o custo de manutenção do equipamento para o volume planejado (R\$)		
levantar o custo do consumo de energia para o volume planejado (R\$)		
as diferenças de custos com manutenção e energia gastas pelos equipamentos são significativas ? (R\$)		
levantar o volume de produção anual planejado para o produto (unid.)		
levantar o ciclo de vida planejado para o produto (anos)		
calcular o volume de produção planejado para o ciclo de vida do produto (unid.)		
levantar o custo dos equipamentos (R\$)		
levantar o custo dos equipamentos ou meios adicionais quando necessários (R\$)		
calcular o custo total dos equipamentos para a fabricação do volume planejado (R\$)		
transferir da tabela anterior, o gasto por unidade com mão de obra com encargos (R\$/unid.)		
calcular a redução de custo por unidade com a implementação do processo (R\$/unid.)		
calcular a redução de custo por ano com a implementação do processo (R\$/ano)		

* O gasto por unidade com mão de obra, é o produto da multiplicação do tempo necessário para execução da tarefa por veículo, pelo custo da mão de obra necessária.

** O volume de produção planejado para o ciclo de vida do produto, é o produto da multiplicação do volume de produção anual planejado, pelo ciclo de vida do produto.

O custo total dos equipamentos é o produto da soma do custo dos equipamentos e meios adicionais.

A redução de custo por ano com a implementação do processo, é o produto da subtração do gasto de mão de obra da linha tradicional pelo gasto da inovadora, que é posteriormente multiplicado pelo volume de produção anual planejado para o produto.

O método escolhido para este trabalho, foi o do valor presente líquido. Este método tem como finalidade determinar um valor no instante considerado inicial, a partir de um fluxo de caixa formado de uma série de receitas e dispêndios.

Ao analisar-se um fluxo de caixa referente a uma alternativa, se terá vários valores envolvidos, ora como receitas, ora como dispêndios. A somatória algébrica de todos os valores envolvidos no número de períodos considerados, reduzidos ao instante considerado inicial ou instante zero utilizando-se de uma taxa de juros comparativa, chama-se de valor presente líquido, ver expressão (7).

$$V^{PL} = \sum_0^n F^n (1 + i)^{-n} \quad (7)$$

Onde:

F = valor futuro

V^{PL} = valor presente líquido de um fluxo de caixa

i = taxa de juros

n = número de períodos

Conforme o autor, ao se possuir várias alternativas, deve se selecionar aquela que apresentar o valor mais conveniente para o problema. Como o nosso é escolher um investimento, deve-se escolher aquele que oferecer a maior rentabilidade.

No método do maior valor presente líquido, as opções de investimento devem ser comparadas, e a alternativa que apresentar o maior valor algébrico, deverá ser a escolhida, para a comparação citada pelo autor, será utilizada a expressão (8).

$$\text{Valor presente líquido} > \text{Valor do investimento} \quad (8)$$

Apresenta-se a seguir na Fig. 6.1, o fluxograma de atividades do método proposto.

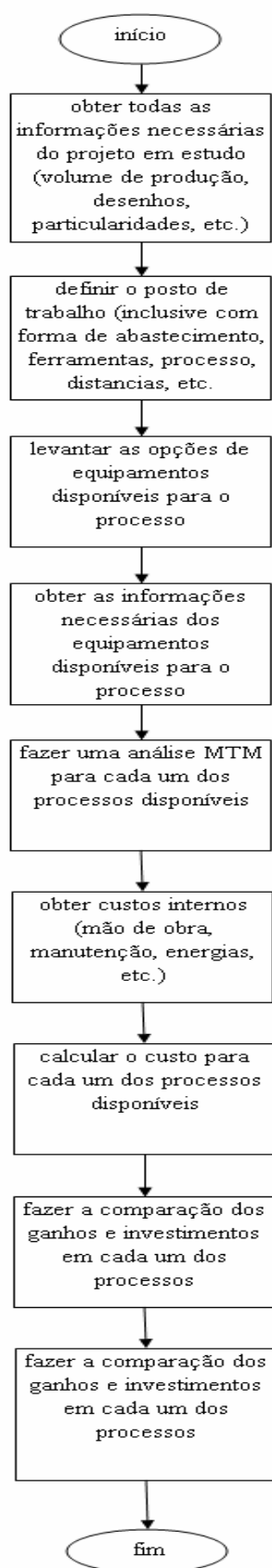


Fig. 6.1 – Fluxograma de atividades do método proposto

6.2 – Exemplo de aplicação do método

Para melhor exemplificar a aplicação da técnica aqui apresentada, demonstra-se a seguir a aplicação da metodologia anteriormente descrita no exemplo de colocação de portas citado anteriormente neste trabalho, onde são colocadas as duas opções.

Manter-se o processo atual, com utilização de parafusadeiras pneumáticas para a fixação das portas, e com aplicação do torque final com uso de torquímetro de estalo (conforme o processo da linha tradicional).

Investir-se na substituição dos equipamentos já existentes, introduzindo parafusadeiras elétricas com aplicação do torque final diretamente durante a fixação (conforme o processo da linha inovadora). Ver considerações utilizadas para o cálculo, na Fig. 6.3 e Fig. 6.4.

Tab. 6.3 – Tabela comparativa de mão de obra do exemplo

descrição	linha inovadora	linha tradicional
levantar tempo necessário para execução da tarefa com uso do MTM (hora/unid.)	0,6960	1,6560
levantar o custo da mão de obra com encargos (R\$/ hora)	0,55	0,55
cálculo o gasto por unidade com mão de obra com encargos (R\$/unid.)	0,38	0,92

Utilizando a expressão (7) já apresentada, e de posse dos valores calculados nas tabelas 6.3 e 6.4, calcula-se então, o valor presente líquido do total economizado dentro do ciclo de vida do produto.

$$V^{PL} = \sum_0^n F^n (1 + i)^{-n} \quad (7)$$

Onde:

F = valor futuro (R\$ 82.817,28)

V^{PL} = valor presente líquido de um fluxo de caixa

i_e = taxa mínima de atratividade (13% ao ano)

n = número de períodos (5 anos)

Tab. 6.4 – Tabela comparativa de investimentos do exemplo*

descrição	linha inovadora	linha tradicional
levantar o tipo de equipamento	paraf. elétrica	paraf. pneumática
levantar o volume de produção planejado (unid./hora)	37,50	37,50
levantar a capacidade de produção do equipamento (unid./hora)	40,00	40,00
levantar a vida útil estimada do equipamento (operações)	1250000	1250000
levantar a a vida útil estimada dos equipamentos ou meios adicionais (operações)	*	1250000
verificar se a vida útil estimada do equipamento atende o volume planejado	sim	sim
verificar se a vida útil estimada dos equipamentos ou meios adicionais atendem o volume planejado	sim	sim
verificar a quantidade de equipamentos necessários para a fabricação do volume planejado (unid.)	2	0 (2 existentes)
verificar a quantidade de equipamentos ou meios adicionais necessários para o volume planejado (unid.)	0	0 (2 existentes)
levantar o custo de manutenção do equipamento para o volume planejado (R\$)	0,0038	0,0013
levantar o custo do consumo de energia para o volume planejado (R\$)	desconsiderado	desconsiderado
as diferenças de custos com manutenção e energia gastas pelos equipamentos são significativas ? (R\$)	não	não
levantar o volume de produção anual planejado para o produto (unid.)	156000	156000
levantar o ciclo de vida planejado para o produto (anos)	5	5
calcular o volume de produção planejado para o ciclo de vida do produto (unid.)	780000	780000
levantar o custo dos equipamentos (R\$)	47080,00	0 (existentes)
levantar o custo dos equipamentos ou meios adicionais quando necessários (R\$)	0	0 (existentes)
cálculo o custo total dos equipamentos para a fabricação do volume planejado (R\$)	47080,00	0 (existentes)
transferir da tabela anterior, o gasto por unidade com mão de obra com encargos (R\$/unid.)	0,38	0,92
calcular a redução de custo por unidade com a implementação do processo (R\$/unid.)	0,53	*
calcular a redução de custo por ano com a implementação do processo (R\$/ano)	82817,28	*

Obtendo-se com a aplicação da fórmula (7), o valor presente líquido é de R\$ 291.370,50.

Aplica-se agora a expressão (8) citada anteriormente, para comparar as alternativas de investimento.

$$\text{Valor presente líquido} > \text{Valor do investimento}$$

(8)

* Informações dos equipamentos, fornecida por Leitão, José em São Bernardo em 2006.

Como R\$ 291.370,50 é maior R\$ 47.080,00, efetuar o investimento é a melhor opção.

O objetivo deste capítulo é mostrar a aplicação da metodologia na investigação da viabilidade financeira no investimento em ergonomia e abastecimento planejado em uma linha de montagem automotiva.

7 – CONCLUSÃO

Discutiram-se durante o decorrer deste trabalho, conceitos como a da identificação de desperdícios, classificação de atividades que agregam ou não valor ao produto, sistemas de abastecimento mais usuais na indústria automobilística, métodos de escolha de peças em uma linha de montagem, entre outros.

Apresentaram-se as vantagens do uso da ergonomia nos postos de trabalho ao trabalhador e ao empresário, prevenindo doenças, reduzindo o absenteísmo, melhorando a produtividade, a qualidade e a qualidade de vida dos seus colaboradores.

Com o uso de exemplos, mostrou-se que a utilização da ergonomia na indústria automobilística, é conhecida e aplicada em muitos casos até como vantagem competitiva sobre seus concorrentes.

Colocou-se ainda, que a aplicação da ergonomia na indústria não necessariamente é uma coisa complicada, podendo ser feita de forma simples, como por exemplo, com o uso de uma lista de recomendações básicas exigida em um posto de trabalho.

No decorrer deste trabalho, apresentou-se a metodologia MTM e o seu uso no levantamento de tempo por atividade, e as vantagens de sua aplicação no momento do planejamento de um novo modelo, ou na implementação de pequenas mudanças do processo.

Com a utilização do método apresentado, o objetivo desejado neste trabalho de identificar e verificar até que ponto pode-se gerar vantagens competitivas na redução do tempo de montagem no veículo, com a aplicação de investimentos tecnológicos em ergonomia nos postos de trabalho e no abastecimento planejado de peças, foi alcançado.

Com o método apresentado, pode-se mensurar os ganhos com a redução de atividades que não agregam valor ao produto, além do impacto da aplicação de investimentos em ergonomia, postos de trabalho padronizados, abastecimento logístico planejado, o uso de manipuladores e de instalações mais modernas.

Pode-se ainda avaliar as vantagens financeiras de cada um dos dois processos, comparando-se entre o método tradicional e o inovador, as diferenças de

tempo planejadas para execução das tarefas e a redução dos custos internos diretamente afetados como o *Audit*, tempo adicional de NOS, tempo total de montagem, índice de satisfação do cliente, custos em garantia e faltas.

7.1 – Recomendações para trabalhos futuros

Ampliar o estudo executado na área de montagem final nas áreas de pintura, armação, usinagem e estamparia, validando-se também o método apresentado, nas diversas áreas da indústria automobilística.

Ampliar o estudo da aplicação do método apresentado, em outras áreas da indústria, preferencialmente onde sejam manufaturados produtos em série, validando também o método apresentado.

Recomenda-se também, um maior aprofundamento da influência da ergonomia nos resultados da qualidade final dos produtos manufaturados, absenteísmo e das doenças profissionais relacionadas a ergonomia dos postos de trabalho.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em: <www.abnt.org.br>. Acesso em: 9 jul. 2005.
2. AMARAL, D.C.; ROZENFELD, H. NUMA. Núcleo de Manufatura Avançada. Disponível em: <<http://www.numa.org.br>>. Acesso em: 14 jul. 2006.
3. ANFAVEA. **Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira**. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Análise setorial, faturamento. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br>>. Acesso em: 28 jun. 2005a.
4. ANFAVEA. **Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira**. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Análise setorial, Investimento. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br>>. Acesso em: 28 jun. 2005b.
5. ANFAVEA. **Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira**. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Análise setorial, Produção, vendas internas e exportações. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br>>. Acesso em: 28 jun. 2005c.
6. AXELSSON, J.; EKLUND, J. **Macro Ergonomic Management** - The Integration and Applications of Participatory Ergonomics in Strategic Quality Management. Linköping University Disponível em: <<http://www.liu.se>>. Acesso em: 29 jul. 2005.
7. BLAXILL, M. F.; HOUT, T. M. The fallacy of the overhead quick fix. **Harvard Business Review**. v. 69, p.93-101, 1991.
8. BRADLEY J. S. Corporate ergonomics programme at Ford Motor Company. **Applied Ergonomics**. Elsevier, v. 34, pp. 23 - 28, 2003.
9. CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. C. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 1. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2004.
10. COUTO, H. D. A. **Ergonomia Aplicada Ao Trabalho**, O Manual Técnico Da Máquina Humana. 1. ed. Minas Gerais: Editora Ergo, 1995.

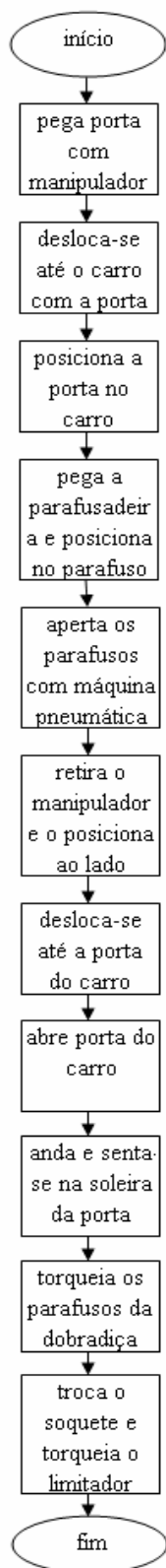
11. DAWAR, N.; FROST, T. Competing with giants: survival strategies for local companies in emerging markets. **Harvard Business Review**, v. 77, p. 119-129, 1999.
12. DEPARTAMENTO DE MEDICINA OCUPACIONAL. **Normas básicas de ergonomia**. São Paulo. 2002. (Relatório interno da Volkswagen do Brasil. não publicado).
13. DIN. Deutsches Institut für Normung e. V. Disponível em: <<http://www2.din.de>>. Acesso em: 9 jul. 2005a.
14. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. **Standardization in Germany helps business and society strengthen, develop and open up regional and global markets**. Disponível em: <<http://www2.din.de>>. Acesso em: 9 jul. 2005b.
15. GUÉRIN, F. et al. **Comprender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.
16. HÄGG, G. M. Corporate initiatives in ergonomics-an introduction. **Applied Ergonomics**. Elsevier, v. 34, p. 3-15, 2003.
17. HIRSCHFELD, H. **Engenharia Econômica e Análise de Custos**, 7. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2000.
18. IIDA, I. **Ergonomia projeto e produção**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.
19. KAMINSKI, P. C. **Desenvolvendo produtos com planejamento criatividade e qualidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC editora, 2000.
20. KAPLAN, R. S.; ATKINSON, A. A. **Advanced management accounting**. 3. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998.
21. KAZMIERCZAK, K.; MATHIASSEN, S. E.; FORSMAN, M.; WINKEL, J. An integrated analysis of ergonomics and time consumption in Swedish 'craft-type' car disassembly. **Applied Ergonomics**. Elsevier, v. 36, p. 263-273, 2005.
22. LARING, J.; FORSMAN, M.; KADEFORS, R.; ÖRTENGREN, R. MTM-based ergonomic workload analysis. **Applied Ergonomics**. Elsevier, v. 30, p. 135-148, 2002.

23. LEE, P.; QUAZI, H. A. A methodology for developing a self-assessment tool to measure quality performance in organizations. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 18, nº 2, p. 118-141, 2001.
24. MAGD, H.; CURRY A. **ISO 9000 and TQM: are they complementary or contradictory to each other?**. The TQM Magazine. v. 15, nº 4, p. 244-256, 2003.
25. MISHINA, K.; TAKEDA, K. Toyota Motor Manufacturing, U.S.A., Inc. **Harvard Business School**. 9-693-019, p. 1-22, 1992.
26. MOREAU, M. Corporate ergonomics programme at automobiles Peugeot-Sochaux. **Applied Ergonomics**. Elsevier, v. 34, p. 29-34, 2003.
27. MTE. Ministério do Trabalho e Emprego Disponível em: <<http://www.mte.gov.br>>. Acesso em: 15 jul. 2005.
28. NOVASKI, O; SUGAI, M. **MTM como ferramenta para redução de custos**. Revista Produção (on-line), nº. 2, 2002. Disponível em: <<http://www.producaoonline.inf.br>>. Acesso em: 29 jan. 2006.
29. PAP. *Policies, Authorities and Procedures*. **Tempo padrão de mão de obra indireta**. São Paulo. 2002. (Documento de uso interno da Volkswagen do Brasil. não publicado).
30. RECEITA FEDERAL. **Instrução Normativa SFR nº 162**, de 31 de dezembro de 1998. Disponível em: < <http://www.receita.gov.br> >. Acesso em: 12 mai. 2006.
31. REFA. Reichs-ausschuss für Arbeitszeitermittlung (Comitê amplo para determinação do tempo de trabalho). **Apostila do curso MTM básico**. São Paulo: Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung e. V. (Associação para o Estudo do Trabalho e a Organização Empresarial), 1994a.
32. REFA. Reichs-ausschuss für Arbeitszeitermittlung (Comitê amplo para determinação do tempo de trabalho). **MTM seminário informativo**. São Paulo: Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung e. V. (Associação para o Estudo do Trabalho e a Organização Empresarial), 1994b.

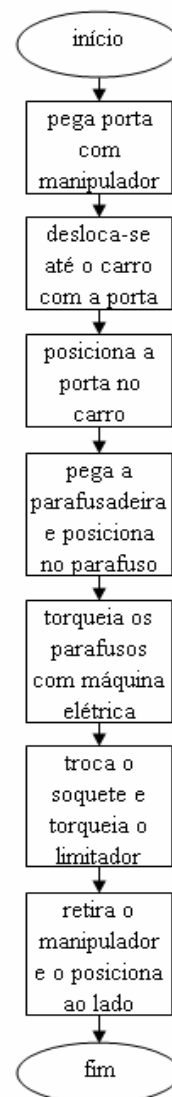
33. RENAVAL. Registro Nacional de Veículos Automotores. São Paulo. 2006. (Relatório interno do departamento de marketing da Volkswagen do Brasil. não publicado).
34. SHINGO, S. **Study of Toyota Production System, from Industrial Engineering Viewpoint.** 2. ed. Tokyo: Japan Management Association, 1982.
35. SLACK, N.; CHAMBER, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
36. WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation.** 1. ed. New York: Simon & Schuster, 1996.

9 – ANEXOS

Sistema fixação das portas antes



Sistema fixação das portas depois



Anexo 1 – Fluxograma do sistema fixação das portas antes e depois

Anexo 2 – Tabela de Classes de Qualidade *Audit* de Automóveis e Utilitários

Tabela de Classes de Qualidade Audit de Automóveis e Utilitários				
	C.Q.	Min.	Max.	Delta
----- 7 -----	7,0	9414	9999	585
PÉSSIMO	6,9	9114	9413	299
	6,8	8814	9113	299
	6,7	8514	8813	299
	6,6	8214	8513	299
	6,5	7914	8213	299
	6,4	7614	7913	299
	6,3	7314	7613	299
	6,2	7014	7313	299
	6,1	6714	7013	299
----- 6 -----	6,0	6414	6713	299
	5,9	6114	6413	299
	5,8	5814	6113	299
	5,7	5514	5813	299
	5,6	5214	5513	299
	5,5	4914	5213	299
	5,4	4614	4913	299
	5,3	4314	4613	299
	5,2	4014	4313	299
	5,1	3714	4013	299
----- 5 -----	5,0	3414	3713	299
	4,9	3114	3413	299
	4,8	2814	3113	299
	4,7	2614	2813	199
	4,6	2414	2613	199
	4,5	2314	2413	99
	4,4	2214	2313	99
	4,3	2114	2213	99
	4,2	2014	2113	99
	4,1	1914	2013	99
----- 4 -----	4,0	1814	1913	99
	3,9	1734	1813	79
	3,8	1654	1733	79
	3,7	1574	1653	79
	3,6	1494	1573	79
	3,5	1424	1493	69
	3,4	1364	1423	59
	3,3	1309	1363	54
	3,2	1254	1308	54
	3,1	1199	1253	54
----- 3 -----	3,0	1144	1198	54
	2,9	1094	1143	49
	2,8	1044	1093	49
	2,7	994	1043	49
	2,6	944	993	49
	2,5	899	943	44
	2,4	854	898	44
	2,3	809	853	44
	2,2	764	808	44
	2,1	722	763	41
----- 2 -----	2,0	680	721	41
	1,9	641	679	38
	1,8	602	640	38
	1,7	563	601	38
	1,6	524	562	38
	1,5	485	523	38
	1,4	449	484	35
	1,3	413	448	35
	1,2	377	412	35
	1,1	341	376	35
----- 1 -----	1,0	0	340	340

FLUXO:

Cálculo de Cp e Cpk para distribuição Normal

1. Obter os seguintes dados da Carta CEP:

\bar{X} - Média geral

R - Amplitude Média

d2/c4 - Valores tabelados

LSE - Limite Superior de Especificação

LIE - Limite Inferior de Especificação

Tolerância = LSE - LIE

2. Cálculo do Desvio Padrão:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d2}$$

3. Cálculo de Cp e Cpk (válidos também para Pp e Ppk)

$$Cp = \frac{\text{Tolerância}}{6\sigma}$$

$$Cpk = \text{mín.} \left\{ \begin{array}{l} \frac{(\bar{X} - LIE)}{3\sigma} \\ \text{ou} \\ \frac{(LSE - \bar{X})}{3\sigma} \end{array} \right.$$

Obs.: 1. Para processos unilaterais (possuem só LSE ou só LIE) calcular somente o valor de Cpk.

2. Pode ser usada a planilha eletrônica CALCVAR.XLS para os cálculos acima.

Cálculo de Cp e Cpk para distribuição NÃO Normal

Método de Pearson

1. Obter os seguintes dados da Carta CEP:

(X1, X2, X3, ..., Xn) todos os valores individuais

LIE - Limite Inferior de Especificação

LSE - Limite Superior de Especificação

Tolerância = LSE - LIE

2. Cálculos Preliminares válidos para Cp e Cpk / Pp e Ppk:

Média

$$\bar{X} = \frac{X1 + X2 + \dots + Xn}{n}$$

Assimetria

$$a3 = \frac{[\sum (Xi - \bar{X}) / n]^3}{[\sum (Xi - \bar{X})^2 / n]^{3/2}}$$

ATIVIDADES / INDICADORES / DOCUMENTOS / REGISTROS:

Desvio Padrão

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Curtose

$$a_4 = \frac{[\sum (X_i - \bar{X})^4 / n]}{[\sum (X_i - \bar{X})^2 / n]^2}$$

3. Porcentagem tabelada: 0.135

- Se a_3 é positivo usar Tab. 1A
- Se a_3 é negativo usar Tab. 1B

Obter $PI' = \underline{\hspace{2cm}}$

4. Porcentagem tabelada: 99.865

- Se a_3 é positivo usar Tab. 1B
- Se a_3 é negativo usar Tab. 1A

Obter $PS' = \underline{\hspace{2cm}}$

5. Mediana - Tab. 2

- Se a_3 é positivo mudar o sinal
- Se a_3 é negativo manter o sinal

Obter $M' = \underline{\hspace{2cm}}$

6. Calcular:

$$Pi = \bar{X} - PI' \sigma$$

$$Ps = \bar{X} + PS' \sigma$$

$$M = \bar{X} + M' \sigma$$

7. Cálculos de C_p e C_{pk} (válidos também para P_p e P_{pk})

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{Ps - Pi}$$

$$C_{pk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{LSE - M}{Ps - M} \\ \text{ou} \\ \frac{M - LIE}{M - Pi} \end{array} \right.$$

Obs.: 1. Para processos unilaterais (possuem só LSE ou só LIE) calcular somente o valor de C_{pk} .

2. Pode ser utilizada a planilha eletrônica PL134619.XLS para os cálculos acima Preencher a planilha com os valores do histograma..

TABELA 1A Tabela "padronizada" das Curvas de Pearson
 P1' para assimetria maior ou igual a zero
 Ps' para assimetria menor que zero

		Assimetria a3														
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1				
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
C u r v e s	1,6	1,512	1,421	1,317	1,206	1,092	0,979	0,868	0,762							
	1,8	1,727	1,619	1,496	1,364	1,23	1,1	0,975	0,858	0,747						
	2	1,966	1,84	1,696	1,541	1,384	1,232	1,089	0,957	0,836						
	2,2	2,21	2,072	1,912	1,736	1,555	1,377	1,212	1,062	0,927	0,804	0,692				
	2,4	2,442	2,298	2,129	1,941	1,74	1,539	1,318	1,175	1,023	0,887	0,766				
	2,6	2,653	2,506	2,335	2,141	1,93	1,711	1,496	1,299	1,125	0,974	0,841				
	2,8	2,839	2,692	2,522	2,329	2,116	1,887	1,655	1,434	1,235	1,065	0,919				
	3	3	2,856	2,689	2,5	2,289	2,059	1,817	1,578	1,356	1,183	1				
	3,2	3,114	2,986	2,834	2,653	2,447	2,22	1,976	1,726	1,485	1,269	1,086				
	3,4	3,261	3,088	2,952	2,785	2,589	2,368	2,127	1,873	1,619	1,382	1,178				
	3,6	3,366	3,164	3,045	2,896	2,714	2,502	2,267	2,015	1,754	1,502	1,277				
	3,8	3,458	3,222	3,118	2,956	2,821	2,622	2,396	2,148	1,887	1,625	1,381				
	4	3,589	3,266	3,174	3,058	2,91	2,727	2,512	2,271	2,013	1,748	1,491				
	4,2	3,611	3,3	3,218	3,115	2,983	2,817	2,616	2,385	2,132	1,876	1,602				
	4,4	3,674	3,327	3,254	3,161	3,043	2,893	2,708	2,488	2,243	1,981	1,713				
	4,6	3,731	3,349	3,282	3,199	3,092	2,957	2,787	2,581	2,345	2,089	1,821				
	4,8	3,782	3,367	3,306	3,229	3,133	3,011	2,855	2,664	2,438	2,189	1,925				
5	3,829	3,382	3,325	3,255	3,167	3,055	2,914	2,736	2,524	2,283	2,023					
5,2	3,87	3,395	3,342	3,277	3,196	3,093	2,964	2,8	2,6	2,369	2,116					
5,4	3,908	3,405	3,356	3,295	3,22	3,126	3,006	2,855	2,669	2,448	2,202					
5,6	3,943	3,415	3,367	3,311	3,241	3,153	3,043	2,904	2,73	2,521	2,283					
5,8	3,975	3,423	3,378	3,324	3,259	3,177	3,075	2,946	2,784	2,586	2,358					
6	4,004	3,43	3,387	3,326	3,274	3,196	3,103	2,983	2,831	2,646	2,427					
6,2	4,031	3,436	3,395	3,346	3,288	3,216	3,127	3,015	2,874	2,699	2,491					

TABELA 1B Tabela "padronizada" das Curvas de Pearson
 P1' para assimetria menor que zero
 Ps' para assimetria maior ou igual a zero

		Assimetria a3														
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1				
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
C u r v e s	1,6	1,512	1,584	1,632	1,656	1,653	1,626	1,579	1,516							
	1,8	1,727	1,813	1,871	1,899	1,895	1,861	1,803	1,726	1,636						
	2	1,968	2,065	2,134	2,17	2,169	2,131	2,061	1,968	1,856						
	2,2	2,21	2,32	2,4	2,446	2,454	2,442	2,349	2,241	2,108	1,965	1,822				
	2,4	2,442	2,58	2,648	2,704	2,726	2,708	2,646	2,54	2,395	2,225	2,052				
	2,6	2,653	2,774	2,869	2,934	2,969	2,968	2,926	2,837	2,699	2,518	2,314				
	2,8	2,839	2,961	3,06	3,133	3,179	3,194	3,173	3,109	2,993	2,824	2,608				
	3	3	3,123	3,224	3,303	3,358	3,387	3,385	3,345	3,259	3,116	2,914				
	3,2	3,14	3,261	3,364	3,447	3,51	3,55	3,564	3,548	3,488	3,378	3,206				
	3,4	3,261	3,381	3,484	3,57	3,639	3,688	3,715	3,715	3,681	3,603	3,468				
	3,6	3,386	3,486	3,588	3,676	3,749	3,805	3,843	3,858	3,844	3,793	3,693				
	3,8	3,458	3,575	3,678	3,768	3,844	3,905	3,951	3,978	3,981	3,953	3,883				
	4	3,539	3,654	3,757	3,847	3,926	3,991	4,044	4,06	4,096	4,087	4,043				
	4,2	3,611	3,724	3,826	3,917	3,997	4,065	4,124	4,167	4,194	4,208	4,177				
	4,4	3,674	3,786	3,887	3,978	4,06	4,131	4,193	4,243	4,278	4,296	4,29				
	4,6	3,731	3,842	3,942	4,033	4,116	4,189	4,253	4,308	4,351	4,378	4,386				
	4,8	3,782	3,891	3,99	4,081	4,164	4,239	4,307	4,365	4,414	4,449	4,468				
5	3,828	3,936	4,034	4,125	4,208	4,285	4,354	4,416	4,468	4,511	4,539					
5,2	3,87	3,976	4,073	4,164	4,248	4,325	4,396	4,46	4,517	4,564	4,6					
5,4	3,908	4,013	4,109	4,199	4,283	4,361	4,433	4,5	4,559	4,611	4,653					
5,6	3,943	4,046	4,142	4,231	4,315	4,394	4,467	4,535	4,597	4,653	4,7					
5,8	3,975	4,077	4,172	4,261	4,344	4,423	4,498	4,567	4,631	4,69	4,741					
6	4,004	4,105	4,199	4,287	4,371	4,45	4,525	4,596	4,662	4,723	4,777					
6,2	4,031	4,131	4,224	4,312	4,396	4,475	4,55	4,622	4,689	4,752	4,81					

TABELA 2 Tabela "padronizada" das Curvas de Pearson
 -M' para assimetria maior ou igual a zero
 M' para assimetria menor que zero

		Assimetria a3										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
C u r v a s e c o n d a	1,6	0	0,053	0,111	0,184	0,282	0,424	0,627	0,754			
	1,8	0	0,039	0,082	0,132	0,196	0,284	0,412	0,591	0,727		
	2	0	0,031	0,065	0,103	0,151	0,212	0,297	0,419	0,586		
	2,2	0	0,026	0,054	0,085	0,123	0,169	0,231	0,317	0,439	0,598	0,681
	2,4	0	0,023	0,047	0,073	0,104	0,142	0,19	0,254	0,343	0,468	0,616
	2,6	0	0,02	0,041	0,064	0,091	0,122	0,161	0,212	0,28	0,375	0,504
	2,8	0	0,018	0,037	0,058	0,081	0,108	0,141	0,183	0,237	0,311	0,413
	3	0	0,017	0,034	0,053	0,073	0,097	0,126	0,161	0,206	0,233	0,347
	3,2	0	0,015	0,032	0,049	0,068	0,089	0,114	0,145	0,183	0,208	0,299
	3,4	0	0,014	0,029	0,045	0,063	0,082	0,105	0,132	0,165	0,188	0,263
	3,6	0	0,013	0,028	0,043	0,059	0,077	0,097	0,122	0,151	0,172	0,235
	3,8	0	0,013	0,026	0,04	0,055	0,072	0,091	0,113	0,14	0,159	0,213
	4	0	0,012	0,025	0,038	0,053	0,068	0,086	0,106	0,13	0,148	0,196
	4,2	0	0,011	0,024	0,036	0,05	0,065	0,082	0,1	0,122	0,14	0,181
	4,4	0	0,011	0,023	0,035	0,048	0,062	0,078	0,095	0,116	0,132	0,169
	4,6	0	0,01	0,022	0,034	0,046	0,06	0,074	0,091	0,11	0,126	0,159
	4,8	0	0,01	0,021	0,032	0,044	0,057	0,072	0,087	0,105	0,12	0,151
	5	0	0,009	0,02	0,031	0,043	0,055	0,069	0,084	0,101	0,115	0,143
5,2	0	0,009	0,02	0,03	0,042	0,054	0,067	0,081	0,097	0,111	0,137	
5,4	0	0,009	0,019	0,029	0,04	0,052	0,065	0,078	0,094	0,107	0,131	
5,6	0	0,008	0,018	0,029	0,039	0,051	0,063	0,076	0,091	0,104	0,126	
5,8	0	0,008	0,018	0,028	0,038	0,049	0,061	0,074	0,088	0,098	0,122	
6	0	0,008	0,017	0,027	0,037	0,048	0,059	0,072	0,085	0,095	0,118	
6,2	0	0,008	0,017	0,027	0,037	0,047	0,058	0,07	0,083	0,091	0,114	

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)