

APLICAÇÃO DE INDICADORES DE ACOMPANHAMENTO PARA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA IMPLANTAÇÃO DE MANUFATURA ENXUTA EM LINHAS DE MONTAGEM DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA – ESTUDO DE CASO

Cyro Alves Borges Junior

UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro e UNITAU – Universidade de Taubaté
Rua S. Francisco Xavier, 524, 5º andar, CEP 20550-013, Rio de Janeiro, RJ, cyroborges@terra.com.br

José Glenio Medeiros de Barros

UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro e UNITAU – Universidade de Taubaté
Estrada Resende – Riachuelo s/n, CEP 27523-000, Resende, RJ, glenio@uerj.br

Alexandre Alvarenga Palmeira

UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
Estrada Resende – Riachuelo s/n, CEP 27523-000, Resende, RJ, palmeira@uerj.br

Resumo. *A implantação da produção enxuta na indústria brasileira frequentemente tem se ajustado às particularidades de cada empresa. Uma multinacional montadora de veículos, com planta situada no Vale do Paraíba se defrontava com dois problemas que prejudicavam a sua competitividade: tinha instalações e equipamento antigos e tinha também uma organização de produção com baixa produtividade. Nos primeiros anos da década de 2000, a empresa decidiu implantar a produção enxuta como alternativa para resolver seus problemas de produtividade e ganhar competitividade; mas resolveu também adotar um modelo de produção enxuta criado por sua matriz fora do Brasil. Este trabalho discute a escolha de indicadores para avaliar a mudança na eficiência de produção desta planta de 45 anos, após a implantação da manufatura enxuta. É realizada uma avaliação de performance utilizando poucas medidas de acompanhamento. Foram escolhidos indicadores de evolução de produtividade da mão-de-obra, qualidade do produto, da manutenção do processo, da segurança e motivação da mão-de-obra buscando determinar, de forma integrada, a mudança de performance da linha de produção de caminhonetes. Finalmente, este trabalho analisa os resultados encontrados e propõe adaptações para o controle das modificações na organização da produção.*

Palavras-chave: Indústria Automobilística, Indicadores, Produção Enxuta.

1. INTRODUÇÃO

Uma das primeiras fábricas de automóveis instaladas no Brasil tem suas instalações e alguns equipamentos mais antigos considerados de ambiente *brownfield* (planta antiga). Em análise recente, verificou-se que ela não apresentava níveis de qualidade e produtividade compatíveis com o mercado e adequados à concorrência das novas montadoras recentemente instaladas no Brasil. Como solução para o aumento de competitividade, a empresa decidiu implantar a produção enxuta na sua linha de caminhonetes. Segundo Womack⁽¹⁾, seria esperada uma significativa redução de desperdício no processo industrial, que levaria ao aumento da produtividade e de competitividade da empresa.

A empresa já dispunha de uma metodologia própria de implantação da produção enxuta, chamada de BPD - Business Plan Deployment. A empresa desenvolveu critérios que permitiriam acompanhar as melhorias de forma sistemática, buscava-se monitorar 5 categorias de realização dos planos de implantação, que seriam: (1) Segurança, (2) Qualidade, (3) Capacidade de Resposta, (4) Custos e (5) Desenvolvimento de Pessoas. Para cada uma dessas categorias havia pelo menos 2 indicadores de avaliação de resultados.

Esse trabalho avalia a utilização de alguns desses indicadores - já apresentados em Reis⁽²⁾, para acompanhar a implantação da produção enxuta nessa empresa. Aqui foram feitas adaptações no cálculo e na medição de resultados realizada em 5 indicadores. As mudanças objetivam captar a diversidade das dimensões analisadas na evolução de performance da fábrica, mantendo a confiança nos resultados apresentados. O trabalho pretende usar critérios de análise que busquem simplicidade, permitindo o fácil entendimento na divulgação de resultados e estimulando a utilização dos mesmos procedimentos de análise em outros setores sujeitos à implantação da produção enxuta. Finalmente, o trabalho pretende, em uma situação prática, comentar os efeitos da implantação da produção enxuta em uma linha de produção de caminhonetes, buscando identificar a ocorrência de melhorias do processo.

A seguir, são apresentados os indicadores de acompanhamento da produção e feita a análise de performance da linha de caminhonetes, antes e depois da implantação da produção enxuta.

2. INDICADOR DE PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA

A produtividade da mão-de-obra da linha de produção, é calculada por uma adaptação de um indicador de produtividade amplo, apresentado em Gaither⁽³⁾, conforme se segue:

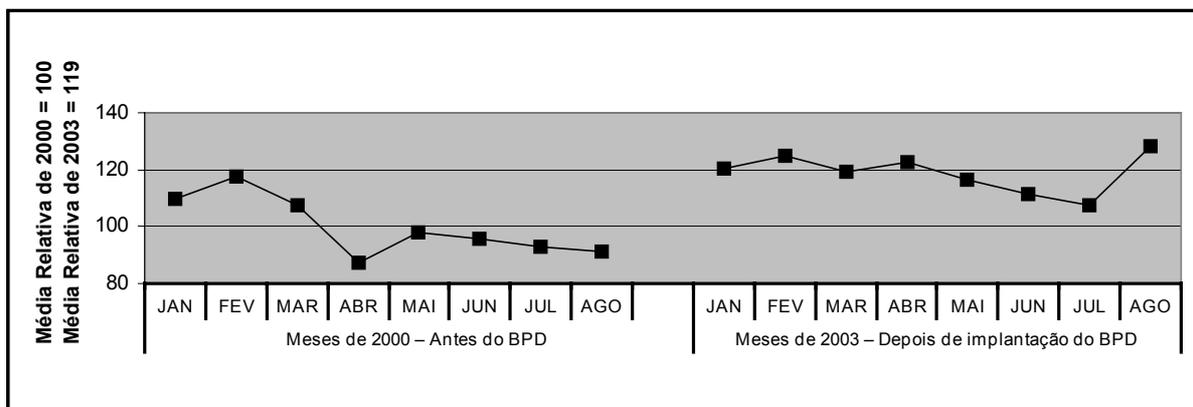
$$P = \frac{V_{\text{mês}}}{MO_{\text{DIR+IND}}} \quad (1)$$

onde:

P = Produtividade da mão-de-obra (veículos/homens.mês);

V_{mês} = Produção mensal de veículos;

MO_{DIR+IND} = Efetivo médio da mão-de-obra direta e indireta necessária para a produção média mensal.



Fonte: adaptado de Reis⁽²⁾

Figura 1. Evolução relativa da produtividade da mão-de-obra (veículos/homem.mês)

Dessa maneira, a evolução da produtividade passa a ser um indicador bastante eficiente para avaliação de resultados com a implantação de produção enxuta. Para a linha de caminhonetes mediu-se a produtividade nos primeiros 8 meses do ano 2000, quando ainda não se tinha iniciado a

implantação do programa BPD. A média do ano se situou em 189 veículos/homem.mês. Considerou-se essa média como base = 100 para avaliar evolução da produtividade. Esse período é comparado com os 8 primeiros meses de 2003, após a implantação do BPD. Nesse caso, a média da produtividade passou para 224 veículos/homem.mês, que equivale a uma produtividade relativa de 119. Com o BPD a produtividade cresceu em 19%, na média dos 8 meses de 2003. Nesse quesito, portanto, é inegável a melhoria do processo, após a implantação da produção enxuta.

3. INDICADOR DE QUALIDADE: PERCENTUAL DE VEÍCULOS SEM DEFEITO

A melhoria dos padrões de qualidade do processo é uma premissa da produção enxuta. A escolha de uma medida de fácil acompanhamento e de sensibilidade à uma melhoria sistêmica do processo, privilegia o indicador adaptado de Shiba⁽⁴⁾ que se segue, onde a qualidade é determinada por:

$$Q\% = \frac{V_{OK}}{V_{TOTAL}} \times 100 \quad (2)$$

onde:

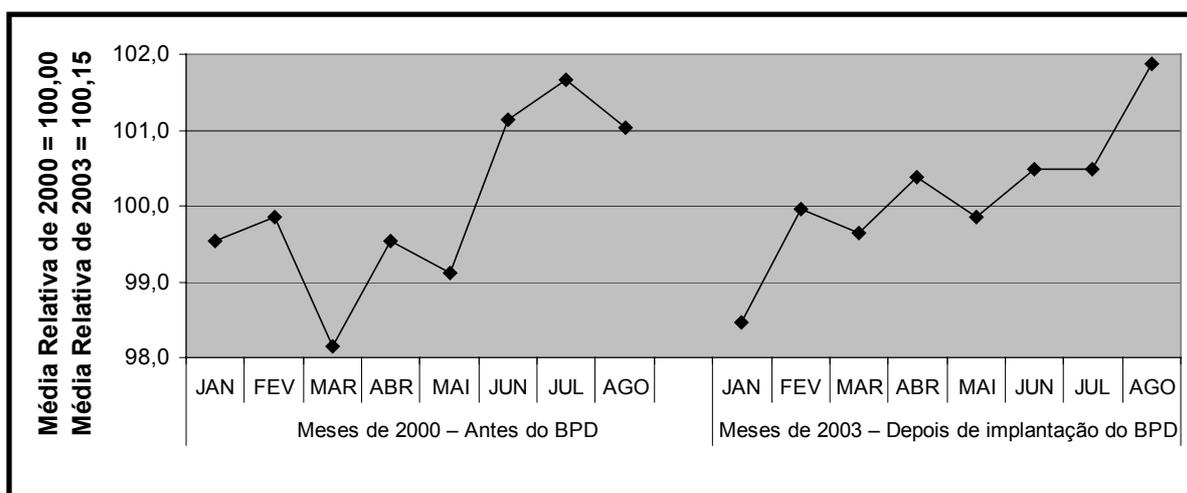
Q% = Qualidade: percentual de veículos sem defeito (%);

V_{OK} = Número de veículos produzidos no mês e aprovados pelos operadores – veículos sem retrabalho;

V_{TOTAL} = Total de veículos produzidos no mês.

Essa medida indica a qualidade do produto a partir dos padrões de qualidade do processo. Naturalmente, na medida em que o nível de aceitação se torna mais rígido e exigente, pode-se ter maior dificuldade na aceitação do produto pelos operadores aumentando o retrabalho – portanto, reduzindo o índice. Com o processo de melhoria contínua, gradativamente haveria uma redução dos defeitos e um aumento progressivo do número de veículos sem retrabalho. É esperado, portanto, que este indicador seja de evolução mais lenta – pois depende de resposta do processo de melhoria contínua.

Para a linha de caminhonetes estudada, tem-se a evolução que se segue, já apresentada em Alves Borges⁽⁵⁾, a partir de adaptações sobre dados de Reis⁽²⁾.



Fonte: adaptado de Reis⁽²⁾

Figura 2 – Indicador relativo de veículos sem defeito (% veículos OK sobre o total produzido)

Nessa primeira análise verifica-se que a melhoria é muito pequena: de uma média relativa de 100,00% em 2000 para uma média de 100,15% nos oito primeiros meses de 2003. Identifica-se um

movimento contínuo de crescimento dos indicadores da qualidade (evolução) no período de 2000 e posteriormente no período de 2003. Essa análise se revela superficial – por isso é proposta um mecanismo de avaliação mais sofisticado, desenvolvido a seguir.

Tanto nos meses de 2000, somados aqueles de 2003, pode-se identificar 2 ciclos de evolução da qualidade de processo. Há uma aparente sazonalidade na evolução da qualidade que sugere um teste de hipóteses de séries emparelhadas – o que poderia favorecer a afirmação de que houve melhoria. Os dados absolutos de $Q\%$ levantados são os seguintes:

Tabela 1 – Levantamento de Indicador de Qualidade – $Q\%$

Aprovação Direta de Veículos Sem Defeito (% veículos OK do total produzido)								
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO
Período 2000	93,4	93,7	92,1	93,4	93,0	94,9	95,4	94,8
Período 2003	92,4	93,8	93,5	94,2	93,7	94,3	94,3	95,6

Fonte: adaptado de Reis⁽²⁾

Acompanhando o desenvolvimento de cálculo de teste de hipóteses apresentado em Triola⁽⁶⁾, tem-se:

d_{barra} = média das diferenças d , mês a mês = - 0,1

s_d = desvio-padrão das diferenças d , mês a mês, dos dados emparelhados = 0,94

t = estatística de teste = - 0,41.

Com nível de significância $\alpha = 0,05$ (bilateral), com graus de liberdade $n - 1 = 7$, determinam-se os valores críticos como sendo $t = - 2,365$ e $t = 2,365$. Ou seja, a estatística de teste $t = - 0,41$ está na região crítica, entre os valores $-2,36 < t < +2,36$.

Portanto:

- Isto quer dizer que, não há evidência estatística suficiente para se afirmar que houve melhoria da qualidade do processo.

4. INDICADOR DE SEGURANÇA: NÍVEL DE ACIDENTES

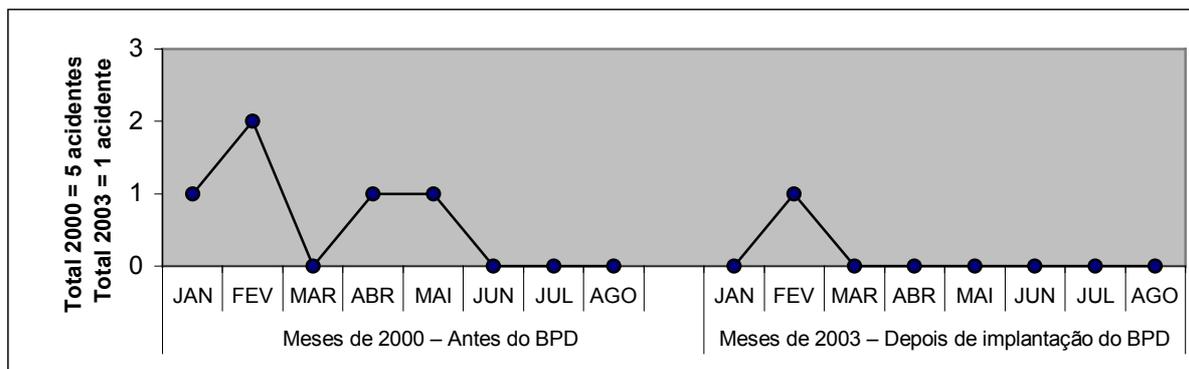
A segurança da linha de produção é medida pela evolução do nível de acidentes ocorridos no mês, conforme Reis⁽²⁾, é determinada por

$$NA = A_{\text{mês}} \quad (3)$$

onde:

NA = Nível de acidentes (número de acidentes ocorridos no mês);

$A_{\text{mês}}$ = Número total de acidentes ocorridos na linha de caminhonetes durante o mês.



Fonte: adaptado de Reis⁽²⁾

Figura 3 – Nível de acidentes (número de acidentes ocorridos no mês)

Houve uma melhoria no nível de acidentes nos primeiros oito meses de 2003, quando se compara com os primeiros oito meses de 2000. Nesse aspecto, houve uma redução de 80% no total de acidentes do período. É inegável que houve uma melhora da segurança pessoal, após a implantação do BPD. Todavia, dadas as poucas ocorrências e considerando o curto período de avaliação - apenas oito meses com cinco acidentes seguido de mais oito meses de apenas um acidente, é conveniente uma avaliação mais conservadora na avaliação desse indicador. Para poder se afirmar que houve uma significativa melhoria na segurança decorrente da implantação da produção enxuta, seria interessante acompanhar esse indicador por mais alguns meses. Se nesse período, de pelo menos mais um ano, a segurança pessoal se mantiver em um ou dois acidentes por ano, aí então, em função da análise das novas rotinas implantadas e da avaliação da mudança de atitude dos funcionários (algum indicador complementar), seria possível relacionar produção enxuta e número de acidentes na linha de montagem. Com os poucos dados obtidos verifica-se que uma amostra pequena é pouco eficiente na avaliação desse indicador. Nesse caso, a afirmação de melhoria causada pela produção enxuta é bastante precipitada.

5. INDICADOR DE EFICIÊNCIA DE MANUTENÇÃO: *DOWN TIME* – TEMPO PARADO

O *down time* é um indicador de eficiência de manutenção de equipamento e procedimento de operação conforme Shiba⁽⁴⁾, e é determinada por

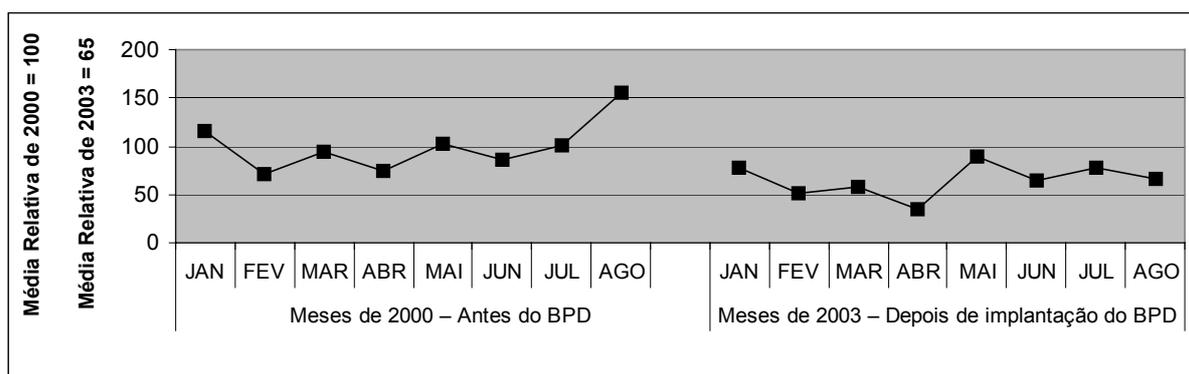
$$Dt\% = \frac{T_p}{T_t} \times 100 \quad (4)$$

onde:

Dt% = Tempo de parada – *down time*: percentual do tempo total disponível da linha que se encontra parado (%);

T_p = Tempo de parada de linha no mês;

T_t = Tempo total disponível para operação da linha no mês.



Fonte: adaptado de Reis⁽²⁾

Figura 4 – *Down Time* (% do tempo total disponível em que a linha está parada)

Em 2000, antes da implantação do BPD, o tempo médio de parada da linha de montagem de caminhonetes era de 7,4% do tempo total disponível de operação (média relativa = 100). Com a implantação da produção enxuta, já em 2003, a média de paradas no período passou a ser de 4,8% do tempo total disponível (equivalente a média relativa = 65): com o BPD houve uma redução de

paradas em 35%, conforme mostrado na Figura 5. É inegável a melhora que tem como causa os processos de TPM associados à implantação da produção enxuta.

Verifica-se que o indicador proposto consegue retratar melhoria de processo: sendo bastante conveniente para avaliar evoluções decorrentes da implantação de produção enxuta – mesmo com amostragem pequena. Além disso, o indicador mostra que, na linha de montagem de caminhonete, a produção enxuta e sua associação com programas de manutenção produtiva total (TPM), causaram uma melhoria significativa. Sem sombra de dúvida, pode-se afirmar que a produção enxuta do BPD traz melhorias de *down time* de processo em espaço de tempo bastante curto.

6. INDICADOR DE DESENVOLVIMENTO DE PESSOAS: ABSENTEÍSMO

O absenteísmo representa no BPD, o indicador de desenvolvimento das pessoas. Ele indica mesmo que de maneira indireta, a motivação, o compromisso e o envolvimento dos indivíduos aos objetivos do trabalho. É determinada por

$$F\% = \frac{F_{\text{mês}}}{MO_{\text{DIR}}} \times 100 \quad (5)$$

onde:

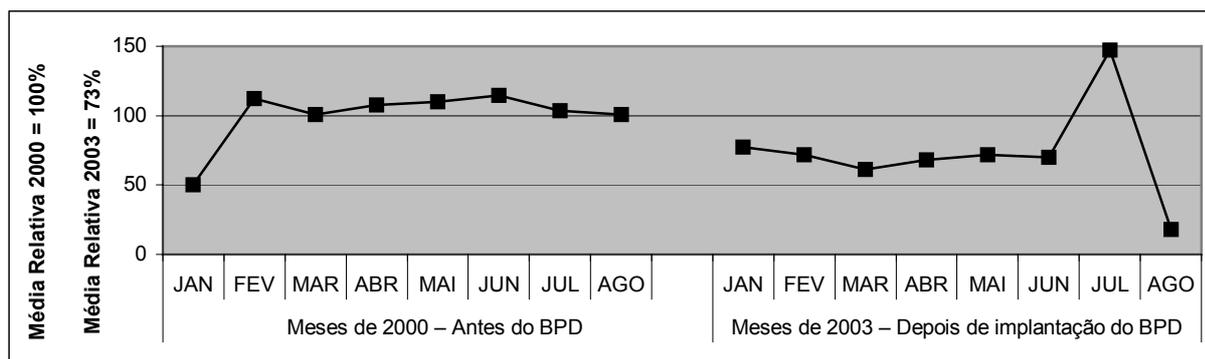
F% = Absenteísmo: percentual da mão-de-obra ausente do trabalho (%)

F_{mês} = Número de faltas da mão de obra direta/número de dias trabalhados no mês;

MO_{DIR} = Efetivo necessário da mão-de-obra direta para a produção média mensal.

Esse indicador se mostra eficiente como medida de resultado de uma política de transformação da produção que envolva a participação do efetivo da mão-de-obra do processo. O resultado do entendimento e engajamento dos indivíduos leva a uma participação mais atuante, seguido do comparecimento diário dos operários ao local de trabalho. O contrário, a não aceitação do programa de melhoria, leva a indiferença seguida de falta de motivação, com inevitável ausência ao trabalho.

Os dados levantados em Reis⁽²⁾ revelam uma sensibilidade do indicador às mudanças, conforme apresentado a seguir:



Fonte: adaptado de Reis⁽²⁾

Figura 5 – Absenteísmo = faltas (% de faltosos no mês sobre o efetivo da mão-de-obra total)

Verifica-se por Reis⁽²⁾ que o percentual de faltas dos oito meses de 2000 atingem uma média de 1,83% - que equivale a média relativa de 100% conforme a Fig. 5. Nos oito meses de 2003 esta média se reduz para 1,34% - que equivale à media relativa de 73%. Esses valores poderiam ser melhores se o indicador de julho de 2003 não fosse considerado, por representar uma distorção na tendência do ano. De maneira conservadora, contudo, ele foi considerado como estava, até porque

não havia nenhuma indicação na pesquisa de Reis⁽⁴⁾ que indicasse e justificasse um comportamento atípico nesse mês – e que permitisse uma análise corretiva de dados.

Houve portanto, uma redução de faltas de 27%: o que é relevante quando se conta com um programa de melhorias como o BPC, que pressupõe o engajamento dos funcionários. Pode-se afirmar, portanto, que houve uma significativa melhoria no nível de absenteísmo após a implantação da produção enxuta – e pressupõe-se que essa melhoria é decorrente do ambiente de produção enxuta, por si mesmo.

7. CONCLUSÕES

Este trabalho atendeu sua proposta inicial quando escolheu e adaptou indicadores de medida de eficiência na implantação da produção enxuta em linha de montagem da indústria automobilística. Esses indicadores, da forma como se apresentam, permitem uma análise ampla do resultado das modificações nas rotinas e padrões que se realizam em um processo industrial, como aquele da linha de montagem automobilística. Esse conjunto de indicadores pode também ser adotado na análise da implantação de processos industriais mais simples, exigindo contudo, um acompanhamento de medidas que é comum na indústria automobilística, mas nem sempre é corrente em outros setores industriais - cabe portanto a ressalva.

No conjunto, os indicadores apresentados monitoram aspectos de produtividade física, qualidade, melhoria de performance de equipamento (parada de equipamento), participação (absenteísmo) e acidente de trabalho: cada um deles apresenta uma sensibilidade diferente às mudanças da produção enxuta. Alguns detectam efeitos imediatos: como a produtividade, absenteísmo e performance de equipamento. Outros são pouco sensíveis para amostras de pequena duração: como a qualidade e acidentes dos funcionários. Nesses últimos se faz necessário que o acompanhamento se prolongue por mais tempo e permita uma avaliação estatística mais consistente. De toda sorte, o trabalho contribuiu com a identificação de restrições dos indicadores – o que é bastante interessante para o controle da produção.

Os indicadores escolhidos e adaptados permitiram avaliar os efeitos da produção enxuta sobre uma situação real: uma linha de montagem em fábrica *brownfield*. A linha de montagem de caminhonetes revelou aspectos bastante positivos, quanto à medida de melhoria decorrente da implantação do BPD. Para um setor de fábrica considerado obsoleto, o desenvolvimento foi significativo num curto espaço de tempo. Segundo Womack⁽⁷⁾, pode-se esperar que com a continuidade dos programas de implantação de produção enxuta todo o processo industrial melhore. Como resultado de médio prazo, é esperada uma evolução nos indicadores de qualidade – aumentando o percentual de veículos sem defeitos, considerando que essa melhoria é inerente à produção enxuta.

8. REFERÊNCIAS

1. WOMACK, J.; JONES, J.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**: Editora Campus, 9a Reimpressão. Rio de Janeiro, 1992.
2. REIS, A., **Implementação da manufatura enxuta na General Motors do Brasil: avaliação do desdobramento do plano de negócios na Planta S-10**. 2004. 152f. Dissertação (Mestrado em Administração), ECAD/UNITAU - Universidade de Taubaté. Taubaté, 2004.
3. GAITHER, N. FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. Editora: Pioneira Thomson Learning Ltda., 8ª Edição. São Paulo, 2001.
4. SHIBA, S.; GRAHAN, A.; WALDEN, D. **TQM: quatro revoluções na gestão da qualidade**. Editora: Bookman. Porto Alegre, 1997.
5. ALVES BORGES, C.; MEDEIROS, J.; PALMEIRA, A. Avaliação da melhoria de performance decorrente da implantação da manufatura enxuta na planta S-10 da General Motors do Brasil. In: XXIV ENEGEP – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Florianópolis: UFSC, 2004. **Anais...** Florianópolis: ENEGEP, 2004, CD-ROM.

6. TRIOLA, Mario, **Introdução à Estatística**. Da pg. 207 a 214 (teste de hipótese). 7ª edição. Rio de Janeiro: LTC – Livro Técnico e Científico Editora S.A., 1999.
7. WOMACK, J.; JONES, D. **A mentalidade enxuta nas empresas**. Editora: Campus, 7ª Edição. Rio de Janeiro, 1998.

TITLE: PROPOSAL FOR STATISTICAL METHODOLOGY, USING SMALL SAMPLES, FOR THE MEASURE OF THE EFFECTS OF THE IMPROVE OF LEAN PRODUCTION IN A AUTOMOTIVE ASSEMBLING LINE – CASE STUDY

***Abstract:** This paper presents the methodological procedure dealing with industrial process attending where there are difficulties to select small samples from the manufacturing. This difficulty is due to technical restrictions, but it has been a recurrent fact, producing productivity and quality control problems. All the analysis is performed in a case study focusing vehicle production, with the improve of lean production planing, where the process attending the quality control are inefficient because of the small sample size. It is proposed a process attending where, in spite of the small sample size, there is reliability in the process control. The technical goal of this work is to propose a solution to improve the industry quality running over probable difficulties found in a true situation. The conditions to adopt the proposed process attending are sufficient general to permit applying it in another similar and often industrial situations. The other objective is to confirm the evolution of productivity in a real case study.*

***Keywords:** Automotive industry, Small Sample Size, Indicators.*