

# **RAZÃO DA CAPACIDADE DE PROCESSO: APLICAÇÃO NO ABASTECIMENTO DOS VEÍCULOS DE EMPRESA DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS**

**MARCO AURÉLIO BUNESE**

**RADSYSTEM – CEspCEQ/UFPR –bunese@radsystem**

**ANSELMO CHAVES NETO**

**CEspCEQ/PPGMNE/NC/DEST-UFPR**

**C.P. 19081 Centro Politécnico Curitiba-Pr CEP 81531-990 - anselmo@est.ufpr.br**

**RESUMO.** *Em Curitiba, a gestão do transporte coletivo é feita pela Urbanização de Curitiba - URBS, empresa sob controle da Prefeitura do Município da Cidade de Curitiba. A URBS remunera as empresas operadoras pelo serviço de transporte prestado. A remuneração é feita através de uma planilha de custos no qual todos os itens envolvidos são computados e seus valores médios apurados para se chegar a um valor médio do custo por quilômetro rodado. O maior custo de uma empresa de transporte é com a sua folha de pagamento, porém, o maior custo operacional é devido ao consumo de óleo combustível (diesel) necessário para a operação do sistema. O processo de abastecimento é fator dos mais importantes, pois uma boa execução desse serviço manterá o veículo consumindo dentro de uma média estacionária, sem grandes variações. Deste modo, como a URBS utiliza na sua planilha o valor médio do consumo dos veículos de categoria igual, quanto mais estável for a média, mais precisa e próxima do verdadeiro valor será a remuneração. A técnica apresentada serve para controlar e minimizar a variabilidade no processo de abastecimento, hoje tida como muito elevada. Consiste na criação de índice de capacidade específico para o ramo, bem como carta de controle e metodologia de acompanhamento do processo por software e por reuniões (brainstorm). Os problemas inerentes à atividade podem ser resolvidos no tempo corrente e não apenas com medidas corretivas forem tomadas tardiamente. O índice criado teve sua performance avaliada em comparação com os índices correntes por simulação e, após análise da metodologia, esta foi detalhada e aplicada a fim de capacitar os técnicos e trabalhadores da empresa na sua utilização. O software desenvolvido foi ensinado para os trabalhadores com o objetivo da participação dos trabalhadores no processo de forma completa. O processo de implantação da técnica ainda não terminou, uma vez que a implementação de uma solução dessa magnitude é muito longa. Porém, no final fica uma discussão do que deve ser feito após os primeiros resultados da implantação aparecerem e onde a empresa pode chegar com as informações disponibilizadas no software, bem como quais comparações podem ser feitas. Este trabalho é uma proposta de controle que está sendo aplicada pela empresa. Os resultados obtidos até esta data são apresentados.*

**Palavras-chave:** *Cpmab, Capacidade de processo, CEQ, transporte coletivo.*

## **1. INTRODUÇÃO**

Em Curitiba, a gestão do transporte coletivo é feita pela Urbanização de Curitiba - URBS, empresa sob controle da Prefeitura Municipal da Cidade de Curitiba. A URBS remunera as empresas operadoras pelo serviço de transporte prestado. A remuneração é feita através de uma planilha de custos na qual todos os itens envolvidos são computados e seus valores médios apurados para se chegar a um valor médio do custo por quilômetro rodado.

O maior custo de uma empresa de transporte é com a sua folha de pagamento, porém, o maior custo operacional é devido ao consumo de óleo combustível (diesel) necessário para a operação de transporte. O processo de abastecimento é fator dos mais importantes, pois uma boa execução desse serviço manterá o veículo consumindo dentro de uma média estável, sem grandes variações. Deste modo, como a URBS utiliza na sua planilha o valor médio do consumo dos veículos de categoria igual, quanto mais estável for a média, mais precisa e próxima do verdadeiro valor será a remuneração.

A técnica apresentada serve para controlar e minimizar a variabilidade no processo de abastecimento, hoje tida como muito alta.

A técnica consiste na criação de índices de capacidade específicos para o ramo, bem como cartas de controle e metodologias de acompanhamento do processo por software e por reuniões (brainstorm). Os problemas do processo podem ser resolvidos em tempo hábil e não apenas quando medidas corretivas forem tomadas tardiamente.

Os índices criados tiveram sua performance avaliada por simulação e, após análise da metodologia, esta foi detalhada e aplicada a fim de capacitar os técnicos e trabalhadores da empresa na sua utilização. Os trabalhadores foram treinados no entendimento e uso do software desenvolvido com o objetivo de se tirar o máximo proveito de seus benefícios.

O processo de implantação da técnica ainda não terminou, uma vez que a implantação de uma solução dessa magnitude é muito longa, porém no final fica uma discussão do que deve ser feito após os primeiros resultados da implantação aparecerem e onde a empresa pode chegar com as informações disponibilizadas no software, bem como quais comparações podem ser feitas. Este trabalho é uma proposta de controle que está sendo aplicada pela empresa.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Índices de Capacidade de Processo para Controle Estatístico de Processo**

Todo e qualquer processo, seja ele da área industrial ou de serviços, pode ter a sua qualidade medida por índices estatísticos denominados de índices de capacidade do processo. Na Engenharia da Qualidade são definidos como valores positivos contínuos variando a partir do zero, sendo que se o valor for inferior a “1”, diz-se que o processo é incapaz de atender as especificações e acima de “1” tem-se um processo capaz.

Em geral, as características de um produto ou serviço apresentam variabilidade. Isto se deve a flutuações na qualidade dos materiais e serviços usados e de variações nas condições de operação do processo. Diversos fatores podem contribuir para a variação no nível de defeitos encontrados num processo. Podem ser, por exemplo, irregularidade no material utilizado na produção, temperatura, manutenção do equipamento, estado físico dos operadores, etc. Estes fatores, que podem ser identificados, chamam-se fatores particulares ou causas especiais de variação. Mesmo eliminando-se todos esses fatores particulares, o processo ainda irá produzir itens não conformes. Isto ocorre devido à existência de fatores inerentes ao processo, os quais não são identificáveis em um primeiro momento. Quando se eliminam todos os fatores particulares de um processo, o mesmo passa a ser estável, ou de acordo com a terminologia criada por Shewhart, o processo estará sob controle. Quando se consegue atingir a estabilidade, eliminando-se as causas especiais, se pode construir gráficos com limites de controle, que passarão a monitorar a variabilidade do processo e detectar variações incomuns (pontos amostrais fora dos limites ou seqüências sistemáticas de pontos configurando padrões). E, ainda, pode-se obter a amplitude do processo que é definida por limites que estão a uma distância de  $\pm 3s$  de  $\bar{X}$ , com  $s$  sendo o desvio padrão do processo e  $\bar{X}$  o seu valor médio. E, quando se projeta um determinado produto com uma característica

medida  $X$  define-se o valor nominal ou alvo  $\mu$  e também a tolerância admitida para a variação, ou seja, as especificações são:  $\mu \pm \Delta$ . De forma que se tem a amplitude das especificações de  $2\Delta$ . Através da amplitude do processo,  $6s$ , se pode avaliar a chamada capacidade do processo, comparando-a por meio de uma razão com a amplitude de especificação de projeto  $LSE - LIE = 2\Delta$ .

Existem vários índices para a avaliação da capacidade de um processo. Os mais comuns são: Capacidade Potencial ( $C_p$ ), Capacidade Atual ( $C_{pk}$ ) e Capacidade Atual Modificada ( $C_{pkm}$ ). Enquanto  $C_p$  não considera processos descentrados em relação ao alvo,  $C_{pk}$  e  $C_{pkm}$  os consideram. Assim, por definição:  $C_{pkm} \leq C_{pk} \leq C_p$ . A capacidade potencial do processo

é definida por  $C_p = \frac{LSE - LIE}{6s}$  onde no numerador tem-se a amplitude das especificações e

no denominador a amplitude do processo. Já a capacidade atual,  $C_{pk}$ , é definida pela menor das capacidades unilaterais  $C_{ps}$  e  $C_{pi}$ , ou seja,  $C_{pk} = \min \{C_{pi}, C_{ps}\}$ . Essas capacidades

unilaterais são definidas por  $C_{pi} = \frac{\bar{X} - LIE}{3s}$  e  $C_{ps} = \frac{LSE - \bar{X}}{3s}$ . A razão de se preferir o índice

$C_{pk}$  ao invés de  $C_p$  é que o  $C_p$  não leva em consideração a descentralidade do processo, no caso de existência. Já o índice de Capacidade Atual Modificado,  $C_{pkm}$ , é definido por

$C_{pkm} = \frac{LSE - LIE}{6\sqrt{s^2 + (\bar{x} - \mu)^2}}$ . Quando o processo está centrado os três índices  $C_p$ ,  $C_{pk}$  e  $C_{pkm}$

são iguais.

## 2.2. Técnicas Auxiliares

Para o bom aproveitamento das informações fornecidas pelos gráficos de controle e pelos índices de capacidade são úteis algumas técnicas adicionais. Elas facilitam o trabalho de identificação das causas de não conformidades e o estudo das propostas de solução, entre outras aplicações. Essas técnicas são bastante conhecidas e são: Fluxograma, Folha de Verificação, Brainstorming, Histograma, Diagrama de Pareto e Diagrama de Causa e Efeito.

## 2.3. Variável Estudada

A variável de coleta de informação é a quilometragem média ( $\text{km}/\ell$  – quilômetros por litro). Para se chegar ao valor do rendimento médio do combustível, divide-se a variável autonomia de quilômetros rodados pelo veículo até o abastecimento (km) pelo consumo, quantidade de litros introduzida no tanque ( $\ell$ ) para o seu enchimento. Assim, tem-se uma condição igual aquela de antes de rodar. É importante lembrar que o veículo sempre sai da empresa completamente abastecido.

Foram excluídos do cálculo outros abastecimentos, devido a manutenções onde o combustível é totalmente retirado do tanque e depois o tanque é completado novamente, bem como casos de vazamentos.

As hipóteses deste estudo foram as de que os índices de capacidade medem corretamente a capacidade do processo e serão comparados com índices consagrados no mercado, tendo seu erro médio estimado através de amostras normais.

Após a implantação total do método na empresa, a mesma poderá testar as seguintes hipóteses:  $C_{pmab}(1) > C_{pmab}(0)$  (A capacidade média do processo após a aplicação da técnica é maior que antes da aplicação da técnica, ou seja, houve melhora no processo). A variável dependente desse estudo é a quilometragem média ( $\text{km}/\ell$ ).

## 2.4. Definição do Índice de Capacidade Desenvolvido

Após as análises dos índices disponíveis de capacidade ( $C_p$ ,  $C_{pi}$ ,  $C_{ps}$ ,  $C_{pk}$  e  $C_{pkm}$ ) e suas implicações, notou-se que os mesmos não refletiam a real capacidade para o abastecimento das empresas de transporte. Na visão das empresas de ônibus, valores que estão acima da média especificada devem ter sua capacidade aumentada, pois estes veículos estão dando “lucro”, enquanto que valores que estão abaixo da especificação devem ter seus índices reduzidos, demonstrando um prejuízo.

Todos os índices de mercado, exceto  $C_p$ , diminuem de valor quando o processo está descentrado, não considerando o fato de que se o processo está acima da especificação deve aumentar a capacidade (o que é natural) e não diminuir.

Após inúmeras pesquisas sobre o processo, foi desenvolvido um índice de capacidade que leva em consideração o fato apontado pelas empresas. Esse índice é chamado de  $C_{pmab}$ . Ele pode ser especializado para  $C_{pmab}_p$  (capacidade com índice de prejuízo, ou seja, se o processo estiver descentrado para baixo ele irá reduzir a capacidade em relação ao índice  $C_p$ ) e  $C_{pmab}_b$  (capacidade com índice de benefício, ou seja, se o processo estiver descentrado para cima ele irá aumentar a capacidade em relação ao índice  $C_p$ ). A expressão de cálculo do índice depende da situação. Assim, seu valor é obtido da seguinte forma:

$$C_{pmab} = \begin{cases} C_{pmab}_p = \frac{(LSE - LIE)}{6s + |\bar{x} - \mu|} \\ C_{pmab}_b = \frac{(LSE - LIE) + |\bar{x} - \mu|}{6s} \end{cases}$$

onde:  $\mu$  é o valor nominal ou alvo especificado, LSE é o limite superior de especificação, LIE é o limite inferior de especificação,  $\bar{x}$  é a média do processo e  $s$  é o desvio padrão do processo.

Os índices individuais são generalizados por  $C_{pmab}$ , para cada veículo, abstraindo a situação de benefício ou prejuízo. Isto permite uma análise linear na frota como um todo. Veículos cuja capacidade for inferior a “1” estão com o processo de abastecimento incapaz e veículos cuja capacidade for superior a “1” estão com o processo de abastecimento capaz.

## 2.5. Software de Apoio

Desenvolveu-se um software que foi implementado junto ao já utilizado pela empresa e escrito em linguagem Visual Foxpro 6.0, que é uma ferramenta de desenvolvimento da Microsoft™. A estrutura desse programa é composta por dois programas em Visual Foxpro:

1. O programa de simulação das amostras para testes dos índices de capacidade desenvolvidos;
2. O Programa para entrada de dados e avaliação da capacidade do processo na empresa.

O processo para avaliação da capacidade do processo precisará das seguintes informações:

- a) Identificação do veículo em abastecimento;

- b) Data do abastecimento;
- c) Hora do abastecimento;
- d) Quantidade de litros de combustível introduzida no tanque;
- e) Valor registrado no hodômetro do veículo.

A tela de entrada de dados para abastecimento do veículo já existe atualmente no sistema da empresa. Nela são registrados os lançamentos de abastecimento, conforme descritos acima, um dia após o fato ter ocorrido no pátio da empresa. Os dados do abastecimento são registrados primeiramente em uma planilha manual e posteriormente digitados no sistema e conferidos.

O programa de controle do processo de abastecimento utiliza as informações acima para montar as cartas de controle e os relatórios de avaliação, calculando a quilometragem percorrida pelo veículo entre um abastecimento e outro e os respectivos índices.

A partir dessa tela é possível extrair informações detalhadas para cada veículo com a carta de controle e detalhes dos abastecimentos. Também é possível se extrair informações resumidas para todos os veículos conjugados e os respectivos índices médios. Esses dados são extraídos dentro de um período informado.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Avaliação do Índice**

Uma maneira razoável de se testar a qualidade do novo índice, isto é, se ele é plausível para a medição, é através de simulação Monte Carlo. Assim, amostras normais de tamanho variável foram geradas com média e desvio padrão controlados. Todos os índices de capacidade foram calculados e os seus respectivos erros quadráticos médios encontrados e comparados. Se os erros quadráticos médios do novo índice estiverem com sua medida compatível com as dos índices consagrados no mercado, tais como o Cpk, Cpkm, Cpi e Cps, podemos aceitá-lo como estimador da capacidade do processo e utilizá-los como uma solução adequada para o problema.

A seguir segue uma simulação de computador para os índices de capacidade com amostras variando de 20 a 200 de tamanho, com intervalo de 30 unidades entre um tamanho e outro. Para cada tamanho de amostra, temos 1000 amostras de cada com os processos descentrados para cima ou para baixo do alvo.

São calculados os índices Cp, Cpi, Cps, Cpk, Cpkm, Cpmab<sub>p</sub> e Cpmab<sub>b</sub> para cada situação. Em seguida, são então calculados os valores médios dos índices e os respectivos erros quadráticos médios. Cada amostra foi gerada a partir de uma distribuição Normal Padrão e teve sua média centrada no alvo com desvio padrão constante.

Em seguida, a amostra foi descentrada e os índices calculados conforme sua fórmula específica. Os valores nas simulações mostram esses resultados e também os resultados dos valores dos respectivos erros quadráticos médios para cada um dos índices.

O valor do alvo para o rendimento foi fixado em 1,82, um valor real de rendimento em (km/ℓ) de veículos da empresa. O valor alvo para o desvio padrão foi fixado em 0,10768, também um valor real escolhido dentre os possíveis existentes.

O método para descentralização utilizado foi a soma ou subtração de uma quantidade específica no valor alvo do rendimento e o desvio padrão foi mantido constante.

O erro quadrático médio para cada um dos índices foi calculado baseado na fórmula do erro quadrático médio para o índice Cp a seguir:

$$EQMCp = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Cp - Cp_i)^2, \text{ sendo:}$$

EQMCp = Erro quadrático médio para o índice Cp  
n = Tamanho da Amostra (no nosso caso 1000)  
Cp = Valor do índice para a amostra inicial  
Cp<sub>i</sub> = Valor do índice para a i-ésima amostra

Na análise do índice Cpmab deve-se considerar as seguintes situações:

1. Se o valor estiver centrado: O índice Cpmab coincide com o índice Cp, assim como o Cpk e o Cpk<sub>m</sub>.
2. Se o valor estiver descentrado para baixo: Utiliza-se a fórmula para o Cpmab através do índice Cpmab<sub>p</sub> e compara-se o seu erro quadrático médio com os índices Cpi, Cpk e Cpk<sub>m</sub>, pois estes índices consideram a descentralidade da mesma forma que o Cpmab<sub>p</sub>, ou seja, eles reduzem de valor em relação a Cp.
3. Se o valor estiver descentrado para cima: Utiliza-se a fórmula para o Cpmab através do índice Cpmab<sub>b</sub> e compara-se o seu erro quadrático médio com o índice Cps, pois esse índice tem um comportamento similar ao Cpmab<sub>b</sub>, ou seja, ele aumenta de valor quando o processo está descentrado para cima. É similar ao fato do processo ter uma especificação unilateral.

## RESULTADO PARA UMA AMOSTRA DE TAMANHO n = 20

### *Simulação com amostra de tamanho: 20*

Processo- Alvo.....: 1,82000 Sigma Alvo.....: 0,10768  
Capacidade real (processo centrado) Cp .....= 0,64126

### **Processo descentrado para cima**

Média Base .....: 2,09000 Desvio Padrão base.: 0,10768  
Capacidade Cp Base.= 0,64126 Cpi BASE.....= -0,34379  
Cps BASE..... = 1,62631 Cpk BASE .....= -0,34379  
Cpk<sub>m</sub>..... = 0,20555  
Cpmabb BASE... = 1,13378 Cpmabp..... = 0,42965

### *Erros Quadráticos médios para 1000 amostras de tamanho 20*

EQMCp.....= 0,01314 EQMCpi.....= 0,01278  
EQMCps.....= 0,09858 EQMCpk .....= 0,01278  
EQMCpk<sub>m</sub>..... = 0,00033

EQMCpmabb .....= 0,04523 EQMCpmabp ....= 0,00291

**Processo descentrado para baixo**

Média Base .....	1,55000	Desvio Padrão base.:	0,10768
Capacidade Cp Base.=	0,63970	Cpi BASE.....=	1,54086
Cps BASE.....=	-0,26145	Cpk BASE .....	-0,26145
Cpkm BASE.....=	0,22193		
Cpmabb BASE .....	1,09028	Cpmabp BASE .....	0,44100

***Erros Quadráticos médios para 1000 amostras de tamanho 20***

EQMCp.....=	0,01321	EQMCpi.....=	0,07520
EQMCps .....	0,00846	EQMCpk.....=	0,00465
EQMCpkm .....	0,00043		
EQMCpmabb .....	0,03692	EQMCpmabp....=	0,00368

**Para 1000 Amostras de tamanho 20**

**No caso do processo descentrado para acima:**

Temos:  $EQMCpmab_b = 0,04523 < EQMCps = 0,09858$

Conclusão: Melhor que Cps

**No caso do processo descentrado para baixo:**

Temos:  $EQMCpmab_p = 0,00368 < EQMCpk = 0,00465 < EQMCpi = 0,07520$   
 Porém, pior que  $EQMCpkm = 0,00043$

Conclusão: Melhor que Cpk e Cpi, mas pior que Cpkm

As demais simulações para amostras maiores que 20 tiveram seu rendimento similar a esta.

Em todas as simulações se pode observar que o erro quadrático médio para o  $Cpmab_p$  foi melhor que os respectivos erros quadráticos médios de Cpi e em algumas vezes melhor que Cpk e nunca melhor que o Cpkm. Vemos que conforme a amostra cresce as estimativas dos erros quadráticos médios para Cpkm,  $Cpmab_p$ , Cpi se reduzem. O mesmo não ocorre com o Cpk.

O índice  $Cpmab_b$  ficou sempre melhor que o Cps e também se verificou que à medida que a amostra cresce os erros quadráticos médios diminuem.

Estes novos índices não foram melhor que o Cpkm, pois o Cpkm tem uma robustez maior e também é assintoticamente mais preciso, porém o índice Cpkm considera o processo descentrado independente de ser para cima ou para baixo.

Levamos estes resultados para as empresas que os entendeu e aprovou o índice generalizado Cpmab para medir a qualidade de seu processo, descartando os índices Cp, Cpk, Cpi, Cps e Cpkm.

Os índices consagrados de mercado foram descartados porque os novos índices possuem um erro quadrático médio compatível com os de mercado e ainda consideram o fato da descentralidade benéfica para a empresa. Foi cogitado o uso do índice Cpkm, mas não foi

aceito porque, além de não considerar o benefício do veículo operar com rendimento acima da especificação, ele estima valores muito menores para a capacidade em relação ao  $C_{pmab_p}$ , dizendo com isso que o problema é muito maior do que talvez realmente o seja. O índice calculado pelo  $C_{pkm}$  pode causar uma desmotivação muito grande nos técnicos da empresa, pois a situação atual não é boa e com isso a solução para o controle talvez nunca venha a ser alcançada.

Por essas razões as empresas optaram pelo índice  $C_{pmab}$ , que calcula valores intermediários, sem descartar a possibilidade de adotar o  $C_{pkm}$  no futuro quando o processo estiver sob controle ou que a URBS venha a penalizar a empresa quando seus veículos estiverem fazendo acima da especificação.

O índice  $C_{pmab}$  converge para o índice  $C_p$  se a média do processo for centrada. Se  $C_{pmab} > C_p$ , indica que o processo está melhor que o esperado e se  $C_{pmab} < C_p$  indica que o processo está pior.

A partir daí foi desenvolvido o software que calcula os índices de capacidade, faz as cartas de controle e ainda condensa a informação conforme critério para análise.

### 3.2. Resultado do Software

A partir do software construído especialmente para o controle de C.E.P. de abastecimento de veículos, pode-se observar que é possível extrair as informações de cada veículo da empresa dia a dia, analisar seus índices de capacidade, verificar se o processo está sob controle e tomar medidas corretivas em cada caso, quase que imediatamente depois de lançado o valor do abastecimento do veículo no sistema.

É possível listar apenas os casos onde problemas ocorreram, tais como valores muito altos que tiram o processo de controle e com isso corrigir os problemas quase que imediatamente ao ocorrido e não mais em análises mensais.

Pode-se analisar os dados agrupados e verificar os valores individualmente para cada veículo além dos valores médios. Também é possível ver os valores médios para cada veículo, coeficientes de variação, capacidade média, entre outros.

Com base nos relatórios extraídos do sistema, os envolvidos no processo (técnicos, abastecedores e gerentes) podem se reunir rapidamente e analisar através de uma das ferramentas descritas anteriormente, tais como, “brainstorming”, fluxograma, diagrama de Pareto ou ainda diagrama de causa e efeito, para buscar soluções nas diversas situações em que ocorrerem falhas no processo.

Com confiança nos métodos e índices disponibilizados no software, é possível comparar dados de um período com períodos anteriores.

Após o processo estar bem conscientizado culturalmente na empresa, a solução proposta pode conseguir controlar efetivamente os custos operacionais advindos do processo de abastecimento.

As vantagens da técnica são as seguintes:

1. Calcular a capacidade individualmente para cada veículo da frota;
2. Comparar visualmente ou através de testes de hipóteses as capacidades dos veículos dois a dois e com isso ordenar do melhor para o pior, para se ter um cenário de quais veículos estão dando prejuízo, quais as manutenções efetuadas em tais veículos, onde os mesmos estão operando, quem são as pessoas que os estão dirigindo, etc;
3. Analisar diariamente o processo de cada veículo através de cartas de controle;



4. Corrigir erros no abastecimento no momento que eles ocorrerem, pois esses erros aparecem refletidos na carta de controle de cada veículo, ou seja, a empresa deve abastecer o veículo, anotar na planilha a quantidade de litros, o valor do hodômetro e lançar no sistema estes dados. Então, retirar os relatórios pertinentes e verificar onde ocorreram erros em que o processo saiu de controle;
5. Calcular o índice médio da empresa e compará-lo visualmente ou através de testes de hipóteses com um mês anterior, ou ainda, em se implantando o processo em outra empresa do grupo, comparar o índice médio de uma empresa com o de outra em um mesmo período;
6. Medir a variabilidade do processo individualmente ou globalmente e compará-la com meses anteriores ou com outras empresas, da mesma maneira feita no exemplo anterior;
7. Mostrar, a todos os envolvidos, o resultado do trabalho individual de cada um, através das cartas de controle e, com isso, a pessoa poderá corrigir falhas que causam variabilidade. O motorista, ao ter contato com a carta de controle, poderá corrigir sua maneira de dirigir e assim, reduzir a variabilidade no rendimento. O abastecedor poderá observar o resultado do seu trabalho através da carta de controle e então, procurar acertar mais o abastecimento. A manutenção poderá analisar a carta de controle e vislumbrar testes em componentes que podem estar causando variação no processo. O trabalho passará a ser integrado e ocorrerá naturalmente uma melhora na qualidade do serviço de cada um;
8. Reuniões periódicas com os envolvidos através das técnicas mostradas nesse trabalho trarão resultados rápidos para os problemas operacionais que surgirão na aplicação da técnica.

#### **4. CONCLUSÃO**

Do exposto nas seções anteriores se viu que, os índices de capacidade desenvolvidos foram bastante satisfatórios para a aplicação no processo de abastecimento da empresa, pois seus erros quadráticos médios foram tão pequenos quanto índices consagrados no mercado, tais como o  $C_p$ ,  $C_{pk}$  e  $C_{pkm}$ .

As ferramentas de análise desenvolvidas bem como o software se mostraram eficientes e permitem o controle do processo de abastecimento de maneira bastante rápida e eficaz, evitando retrabalho e custos adicionais em função de medidas corretivas tomadas tardiamente pelos métodos tradicionais.

Atualmente, na empresa, seis meses após o início da implantação do processo, o índice de capacidade médio da frota, saltou de 0,25 para 0,60. Isso mostra que ainda existe muito trabalho a ser feito. A empresa confirma que já reduziu o consumo médio mensal de combustível, porém não divulga o valor.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BARTMANN, F.C. **Idéias Básicas do Controle Moderno de Qualidade**. Campinas (SP): VII Sinape – Unicamp, 1986.
- BHOTE, K. R. **World class Quality**. New York: AMA Membership Publications, 1988

- CHAVES NETO, A. **Controle Estatístico de Qualidade I**. Curitiba: Curso de Especialização em Controle Estatístico de Qualidade – UFPR, 2001.
- CHAVES NETO, A. **Controle Estatístico de Qualidade II**. Curitiba: Curso de Especialização em Controle Estatístico de Qualidade – UFPR, 2001.
- DACHS, J.N.W. **Estatística Computacional – Uma Introdução em Turbo Pascal**. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 1988.
- DEMING, W.E. **Out of the crisis**. Cambridge (USA): Cambridge University Press Syndicate of the University of Cambridge, 1982.
- MANN, N.R.; DEMING, W.E. **As Chaves da Excelência**; São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda, 1992.
- MONTGOMERY, D.C. **Introduction to Statistical Quality Control**. USA: 2.ed. John Wiley & Sons, 1991.
- ROSS, S.M. **Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists**. USA: John Wiley & Sons, Inc., 1987.
- TAGUCHI, G. **Introduction to Quality Engineering, Designing Quality into Products and Processes, As in as Productivity Organization**. New York (USA): Kraus International Publications, White Plains, 1990.

## **6. DIREITOS AUTORAIS**

**Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.**

## **PROCESS-CAPABILITY RATIO: APPLICATION IN THE FUELING OF VEHICLES FOR A PUBLIC TRANSPORT COMPANY**

**Marco Aurélio Bunese**

RADSYSTEM – CEspCEQ/UFPR – Curitiba (PR)

[bunese@radsystem.com.br](mailto:bunese@radsystem.com.br)

**Anselmo Chaves Neto**

CEspCEQ/PPGMNE/NC/DEST-UFPR – C.P. 19081 CEP 81531-990 -Curitiba (PR)

[anselmo@est.ufpr.br](mailto:anselmo@est.ufpr.br)

**Abstract.** In Curitiba, the administration of the public transport is made by URBS (Curitiba Urbanization Corporation), a company under the control of Curitiba City Hall. URBS remunerates the companies, which operate for the service of rendered transport. The payment is made through a spreadsheet of costs in which all the involved items are computed and their average values verified to arrive to an average value of the cost for run kilometer. The largest operational cost is due to the consumption of fuel (diesel oil) necessary for the transport operation. The process of fueling is a factor of great importance, because a good execution of that service will maintain the vehicle consuming inside a stationary average, without great variations. The technique presented is useful to control and to minimize the variability in the process of fueling, considered very high today. The index created had its performance evaluated in comparison to the current indexes by simulation and, after methodology analysis, it was detailed and applied in order to qualify the technicians and workers of the company in its use. The results obtained are presented here.

**Key words:** Cpmab, process-capability ratios, SPC, public transport.