

# AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE PLAINAS LIMADORAS COM TÉCNICAS DE APOIO À DECISÃO

**Fabiana Rodrigues Leta**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Federal Fluminense  
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, 24210-240, Niterói, RJ, Brasil  
fabiana@mec.uff.br

**William Santos Costa**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Federal Fluminense  
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, 24210-240, Niterói, RJ, Brasil  
williamcosta@yahoo.com.br

**João Carlos Correia Baptista Soares de Mello**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense  
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, 24240-240, Niterói, RJ, Brasil  
jcsmello@producao.uff.br

## Resumo

Na fabricação de uma peça, suas dimensões, seu acabamento superficial e seus desvios geométricos devem satisfazer às condições de projeto, que envolvem em muitos casos tolerâncias estreitas. Alcançar tal objetivo depende sobremaneira da qualidade de fabricação da máquina-ferramenta utilizada. Para melhorar a qualidade é necessário, antes de qualquer coisa, ter meios de medi-la e avaliá-la. Neste artigo apresenta-se uma série de procedimentos para avaliação de plainas limadoras, que utilizam instrumentos comuns de medição. Os procedimentos consistem de medições estáticas e provas práticas. Estes foram aplicados a seis máquinas e os resultados, de um destes testes, comparados e discutidos, permitindo a avaliação do estado funcional das plainas. Para a escolha da melhor plaina utilizou-se a estratégia conservadora oriunda da Teoria dos Jogos.

**Palavras-chaves:** Máquinas-ferramenta; Teoria de Jogos; Avaliação.

## Abstract.

In manufacturing process the dimension, roughness and geometric deviation must be in accordance with design specification. These specifications often require rigorous measures. The manufacturing quality of the used machine tool is one of the main means to achieve that goal. However, to improve quality we need to have a way to measure and carried out its evaluation. In this paper we present a set of procedures used to evaluate planer using ordinary measuring devices. Both static measures and functional tests are presented. One kind of geometrical measure in particular was performed on six machines. The figures resulting were analyzed with elements of Game Theory, in order to choose the best machine.

**Key-words:** Machine tools; Game Theory; Evaluation.

## 1. INTRODUÇÃO

Na fabricação seriada os diferentes componentes devem ser produzidos com exatidão suficiente para serem montados em uma base não seletiva, que consiste no princípio da intercambialidade. Mas, a produção das partes de uma peça, submetidas a tolerâncias estreitas, depende sobremaneira da qualidade de fabricação da máquina-ferramenta em que é executada.

O aumento da demanda de componentes fabricados com maior qualidade tem conduzido consideráveis pesquisas sobre os meios de melhorar e preservar a qualidade de fabricação das

máquinas-ferramenta, obedecendo às condições econômicas de usinagem. Os fabricantes de máquinas-ferramenta são cada vez mais solicitados a reduzir o tempo de produção de componentes nas máquinas, e incrementar a qualidade dos mesmos.

Em outras palavras, as máquinas-ferramenta devem ser capazes de produzir peças respeitando-se as tolerâncias de projeto cada vez mais estreitas, em condições econômicas de usinagem, quando manipuladas por um operador qualificado.

Uma máquina-ferramenta algumas vezes pode ser capaz de realizar uma operação desejada, mesmo estando em condições inferiores as normais de operação, porque o operário estando preocupado com o trabalho realizado, busca corrigir tais falhas. Mas, isto requer “habilidades artísticas da parte do operador” (Jain, 1981), implicando em um aumento de tempo de produção do componente e reduzindo a produtividade.

É necessário que a qualidade de fabricação da peça dependa apenas da:

- Fixação na base, rigidez da máquina, das partes componentes e dispositivos de fixação.
- O alinhamento das várias partes da máquina em relação uns aos outros. Isto é muito importante, porque a execução de uma geometria de formas variadas é baseada no movimento relativo entre várias partes da máquina e por isso, no alinhamento destas partes.
- A qualidade e exatidão dos dispositivos de controle e dos mecanismos motores.

Cada máquina é submetida a um teste de aceitação relativo a esses itens. Os testes de aceitação constituem procedimentos de verificação aos quais é submetida a máquina para avaliar sua qualidade construtiva. Ao conjunto de testes de aceitação relativos a máquinas de diferentes categorias, é denominado Verificação de Máquinas-Ferramenta.

A Verificação de Máquinas-Ferramenta divide-se em duas classes: as verificações geométricas e as provas práticas. As verificações geométricas avaliam o alinhamento das várias partes de uma máquina-ferramenta e são realizadas sob condições estáticas. Nas provas práticas os testes de alinhamento são realizados com a máquina submetida a carregamentos dinâmicos, excitações na frequência de trabalho, considerando-se a influencia de vibrações e deflexões das várias partes.

A Avaliação da Integridade Funcional de Máquinas-Ferramenta busca determinar quais os ensaios que realmente são importantes para o emprego a que a máquina está submetida, avaliá-los segundo a sua aplicabilidade e, se necessário, propor outros métodos que sejam mais importantes para uma determinada situação. A importância disso está no fato de que esses ensaios devem ser realizados numa frequência cada vez maior, avaliando periodicamente a qualidade de fabricação e mantendo-se os fatores que provocam os desvios sob limites de tolerância, pode-se realizar um controle estatístico das peças com um reduzido número de amostras.

Vários parâmetros são definidos para avaliar cada máquina. Mesmo para um único parâmetro, a medida pode ser efetuada em diversos pontos, fornecendo assim uma série de critérios de avaliação. Propõe-se o uso de técnicas oriundas da teoria dos jogos para classificar as máquinas em relação a um dos parâmetros medidos. Esta classificação visa fornecer indicações de qual máquina deve ser preferencialmente usada em operações genéricas.

## **2. VERIFICAÇÕES DE MÁQUINAS-FERRAMENTA**

### **2.1. Normas de recebimento de Máquinas-Ferramenta**

A Verificação de Máquinas-Ferramenta surgiu da “necessidade de obter-se um acordo entre os construtores e compradores de máquinas-ferramenta de uso normal para especificar suas características geométricas” (Mateus, 1974). Para isso, lançou-se mão das verificações geométricas e das provas práticas. Assim, para que haja garantias da qualidade na construção de uma máquina-ferramenta é necessário que o fabricante destas realize ensaios escrupulosos baseados em normas aceitas em comum acordo com o comprador. As normas de verificação de máquinas devem ser respeitadas pelos fabricantes a fim de que a máquina responda às características requeridas de qualidade e de funcionamento.

As primeiras normas foram editadas em 1927, na Alemanha, baseadas nos trabalhos do Dr. Schleisinger e que contêm exclusivamente verificações geométricas. Após isso, na França, em 1937, surgiram as normas Salmon, que representavam um avanço no sentido de que além das verificações geométricas, colocava-se em apreciação a perfeição geométrica da máquina em funcionamento e sua robustez, através de provas práticas (Mateus, 1974). Outras normas surgiram, mantendo em suas orientações as verificações geométricas e as provas práticas:

No Brasil, o Ministério da Indústria e Comércio, através da Secretaria de Tecnologia Industrial, solicitou ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), a realização de um estudo sobre verificações de máquinas-ferramenta, que resultou “RECOMENDAÇÕES PARA ENSAIOS DE PRECISÃO GEOMÉTRICA DAS MÁQUINAS-FERRAMENTA FABRICADAS PARA EXPORTAÇÃO”, publicadas em 1974. O objetivo era fornecer apoio tecnológico às indústrias de máquinas-ferramenta, reconhecidas como setor básico do desenvolvimento industrial em seu papel estratégico entre as indústrias de bens de capital (Branco, 1996).

Essas recomendações não só especificam procedimentos para a verificação das principais máquinas-ferramenta, como também a verificação dos instrumentos utilizados na verificação. Fornecem modelos padronizados de relatórios de ensaios e estabelecem definições e conceitos referentes ao assunto.

## 2.2. Verificações Geométricas

Entende-se por verificação geométrica, a confirmação das dimensões, formas e posições dos componentes da máquina, bem como dos seus movimentos relativos, no campo de trabalho. Inclui todas as operações de medida que afetam esses componentes e fazem referência apenas aos elementos que possam prejudicar a qualidade de trabalho da máquina. São verificações ou testes de precisão e nada tem a ver com os testes ou com as verificações de funcionamento, como vibrações, ruídos anormais, movimento de prende solta de componentes, verificações de torque residual, etc., nem com as verificações das características das máquinas, tais como velocidades e avanços, por exemplo.

A apreciação das definições de dimensões, forma, posições e movimentos relativos conduz a uma necessária distinção entre definições geométricas e definições metrológicas. “As definições geométricas são abstratas e relatam somente linhas e planos imaginários” (Jain, 1981). Na prática, as definições geométricas geralmente não são aplicáveis, pois não consideram os meios de execução nem as possibilidades de verificação.

As definições metrológicas são representadas de maneira concreta onde linhas reais e superfícies são acessíveis à medição. As definições metrológicas cobrem em um simples resultado todos os erros macro e microgeométrico e permitem um resultado à ser alcançado cobrindo todas as causas de erros sem distinção um do outro (Jain, 1981).

Na verificação de uma máquina-ferramenta, os erros de medição devido aos instrumentos e aos procedimentos de medição devem ser considerados. Para tanto, os procedimentos devem ser aqueles normalizados e os instrumentos calibrados.

As verificações geométricas geralmente feitas em máquina-ferramenta são:

- a) Nivelamento de barramento e mesa.
- b) Movimento retilíneo ou perpendicular de linha reta e plano.
- c) Paralelismo, equidistância e coincidência.
- d) Retilíneidade.
- e) Rotações.

Essas verificações são apresentadas de modo generalizado, para as máquinas-ferramenta, nas referências (IPT MF-A5, 1974) e em (Mateus, 1974).

## 2.3. Provas Práticas

As provas práticas constituem, na sua essência, em por a máquina em funcionamento e verificar se ela trabalha sob as condições especificadas. Dessa forma, as verdadeiras provas práticas

devem ser estabelecidas pelo usuário da máquina. Apesar disso, e como muitas vezes as máquinas não são adquiridas para executar um único tipo de trabalho, é necessário estabelecer uma série de trabalhos-tipo, com tolerâncias tais que, executados por um operário neutro, possam definir a qualidade da máquina.

As provas práticas incluem a usinagem de peças de teste, apropriadas para os propósitos fundamentais a que a máquina tenha de ser designada, tendo já pré-determinado limites e tolerâncias (Jain, 1981).

Para determinar a exatidão da máquina-ferramenta, devem ser executados ensaios práticos com operações de acabamento condizentes com o projeto da máquina. É essencial que esses ensaios sejam executados cuidadosamente.

#### **2.4. Comparação entre Verificações Geométricas e Provas Práticas**

A verificação geométrica e o devido enquadramento da máquina dentro dos valores normalizados são garantias de que a máquina está em condições de executar as operações para as quais ela foi requerida. Entretanto, muitas vezes essas operações exigem uma avaliação mais segura através de provas práticas.

Da mesma forma que as verificações geométricas, os testes práticos também são normalizados. São feitos através de usinagem de acabamento em peças padronizadas e os seus resultados podem ser comparados com os das verificações geométricas, “nos pontos em que esses dois tipos de ensaios têm os mesmos objetivos.” (Branco, 1996). No caso onde é dispendioso ou difícil conduzir ambos os tipos de testes, a máquina pode ser avaliada somente por verificações geométricas ou somente por provas práticas. Quando na aplicação de ambos os métodos, geométrico e prático, estes não fornecem as mesmas indicações, “os resultados obtidos por testes práticos são aceitos como válidos” (Jain, 1981).

Deve-se levar em consideração que “as verificações geométricas têm um caráter mais exaustivo, pois analisam mais profundamente todas as funções das máquinas-ferramenta” (Mateus, 1974). No entanto, alguns ensaios exigem instrumentos de medição que não são encontrados nas oficinas em geral. Apenas as oficinas especializadas em construção de máquinas-ferramenta são equipadas com esses controles.

Por outro lado, as provas práticas fundamentam-se na verificação geométrica das peças-tipo produzidas na máquina através de instrumentos comuns de medida. As provas práticas representam com maior realidade as condições de operação da máquina e por isso os seus resultados são de maior valor do que as verificações geométricas. Mas um ensaio não exclui o outro, sendo ambos de grande importância para avaliar a qualidade de fabricação da máquina-ferramenta.

### **3. AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE FUNCIONAL DE MÁQUINAS-FERRAMENTA**

Em termos modernos de Qualidade, a verificação de máquinas-ferramenta apresenta um conjunto de procedimentos para avaliar a qualidade construtiva da máquina. No contexto da Qualidade constitui um Controle do Produto Final para o fabricante da máquina e para o comprador representa uma forma de controle para a recepção de um produto que será utilizado na sua linha de produção, da mesma maneira que é importante avaliar a qualidade da matéria-prima que é adquirida de seus fornecedores.

A partir do momento que uma máquina-ferramenta é posta em funcionamento, seu rendimento tende a diminuir gradualmente. Esta redução é devida ao desgaste normal, ao uso incorreto, à manutenção, às imperfeições dos materiais, e aos erros de fabricação da máquina. Se esta redução de qualidade não é controlada, podem surgir diversos problemas. Pequenos erros e defeitos, que poderiam ser corrigidos com pouco gasto e causam sérios danos, podem representar uma manutenção custosa e um longo tempo de parada. São, portanto, reparos imprevistos que, com o tempo, são cada vez mais frequentes.

O custo da manutenção emergencial é normalmente muito maior do que o da preventiva, especialmente quando não se consegue obter as peças de reposição de imediato. Isto aumenta o

custo indireto, dilatando prazos de entrega e dificultando o pleno rendimento do pessoal de manutenção.

Ao planejar o procedimento de fabricação de uma peça, o engenheiro de produção deve conhecer o estado das máquinas, com relação à qualidade de fabricação, com o objetivo de reduzir o seu custo operacional. Em conjunto com outras atividades para prevenção de paradas e falhas, o controle de qualidade sobre a máquina é parte importante de qualquer sistema organizado de produção. Este controle pode ser chamado de Avaliação da Integridade Funcional da Máquina-Ferramenta, e seu objetivo é determinar quais variações ocorrem na máquina e qual a sua influência nas tolerâncias de fabricação. Essa determinação deve ser objetiva e exata.

Uma vantagem deste tipo de avaliação é possibilitar a garantia da rastreabilidade da máquina aos padrões de qualidade, permitindo, deste modo, a uniformização da produção. Se os padrões de qualidade forem estabelecidos por Normas Internacionais, pode-se vislumbrar esta uniformização segundo parâmetros mundiais de qualidade, ou seja, um produto manufaturado em qualquer país seguindo tais normas, possuirá aceitação internacional. Entretanto, ainda não existem normas que tratem especificamente da avaliação funcional de máquinas-ferramenta, durante seu uso.

Dessa forma, a avaliação da Integridade Funcional possibilita:

- Detectar os erros enquanto ainda são pequenos e não afetam a qualidade do produto.
- Conhecer as tolerâncias de fabricação que podem ser alcançadas, quando destinar a máquina a uma nova produção.
- Rastrear a máquina a padrões de qualidade, possibilitando uniformizar a produção.
- Detectar erros antes que acarretem danos graves à própria máquina.
- Planejar as paradas de máquinas para sanar os defeitos.
- Fornecer uma base segura para decidir a recuperação ou substituição da máquina e o seu respectivo custo.

A avaliação da Integridade Funcional de Máquinas-Ferramenta baseia-se em um controle permanente sobre a máquina ao longo de sua vida útil, como uma forma de controle de processo. E como tal deve ter um tratamento diferenciado. O objetivo fundamental desta análise é minimizar ao máximo o erro geométrico da máquina-ferramenta.

Para o caso em estudo, plainas limadoras, devem-se destacar os principais procedimentos de avaliação:

- 1 – Verificação da perpendicularidade entre a guia horizontal da placa corrediça e o movimento do torpedo.
- 2 – Verificação do paralelismo entre a ranhura da face lateral da mesa e o movimento do torpedo.
- 3 – Verificação da planicidade das guias do mordente.
- 4 – Verificação do paralelismo entre o movimento do torpedo e as guias do mordente.
- 5 - Verificação do paralelismo entre o movimento do torpedo e as faces laterais da mesa.
- 6 - Verificação do desvio no movimento transversal da mesa, nas posições alta e baixa.
- 7 - Verificação do desvio vertical no movimento de descida do carro porta-ferramentas.
- 8 - Verificação do desvio vertical no movimento de descida do carro porta-ferramentas em relação à guia vertical da placa corrediça.
- 9 – Prova Prática: paralelismo das faces planas.
- 10 - Prova Prática: planicidade das superfícies.

Para a avaliação considerou-se neste artigo o desvio de paralelismo entre o movimento do torpedo e as guias do mordente. Foram utilizados os seguintes instrumentos/acessórios: relógio comparador e suporte magnético. O procedimento de medição consistiu na execução dos seguintes passos realizados em seis plainas limadoras do Laboratório de Usinagem da UFF:

1. Bloquear o movimento da mesa.

2. Fixar o relógio comparador ao carro porta-ferramentas.
  3. Abrir as mandíbulas do mordente da mesa.
  4. Apoiar o apalpador do relógio comparador sobre a guia do mordente.
  5. Posicionar o relógio comparador no ponto inicial e zerar o mesmo.
  6. Movimentar o torpedo verificando o movimento do ponteiro do relógio comparador em 7 posições distintas equidistantes entre si de 10mm .
  7. Traçar o Gráfico (Posição X Desvio).
- O erro tolerado é de 0,03 mm em 300 mm.

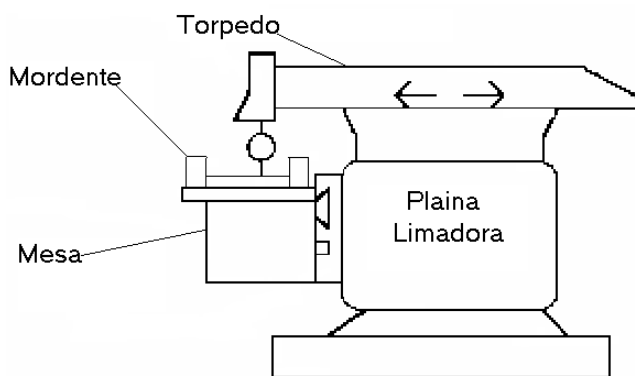


Figura 1. Desenho esquemático e fotografia da plaina limadora.



Figura 2. Montagem do procedimento de verificação de paralelismo entre o movimento do torpedo e a guia do mordente

## 4. MODELAGEM E RESULTADOS

### 4.1. Modelagem

Em qualquer sistema de avaliação, as decisões são tomadas com foco na qualidade e credibilidade da medida que é resultado de um processo de medição, o qual determina a sua incerteza. O desvio de paralelismo em cada afastamento é considerado um critério para a definição da máquina mais adequada para

realizar uma usinagem qualquer. Recai-se assim num problema multicritério. No entanto, quer se evitar que a máquina que apresente desvios de paralelismo extremamente elevados, num determinado afastamento, possa compensá-los com desvios pequenos em outros afastamentos. Fica assim descartado o uso da Escola Americana de Multicritério (Soares de Mello et al, 2003). Como não se sabe a priori que tipos de peças serão usinadas, não se sabe também, em princípio, qual o afastamento mais importante para determinar a qualidade da peça acabada. É uma situação de decisão na ausência de informações completas, em que se pretende que na pior das hipóteses o afastamento apresente menor desvio de paralelismo possível. Tal consideração representa uma atitude pessimista do decisor, ou seja o que é chamado em Teoria dos Jogos “comportamento racional” (Tavares et al, 1996). Em termos matemáticos este procedimento equivale a minimizar uma distância de Tchebycheff (Prenter, 1975) entre o desvio de paralelismo em cada guia e o desvio ideal que considera a tolerância especificada em norma.

Numa outra ótica é possível supor que uma “mão invisível” escolhe a peça a ser usinada, de forma que o pior desvio de paralelismo seja o mais importante para obter a qualidade desejada da peça. Enquanto o objetivo do operador é garantir os menores desvios possíveis, a “mão invisível” tem o objetivo dual de maximizar a perda de qualidade. Configura-se assim uma situação de dois jogadores com ganhos de soma zero, o que possibilita o uso de elementos de teoria dos jogos na escolha da máquina mais adequada.

A teoria dos jogos aplica-se quando as conseqüências de uma decisão não dependem apenas da decisão tomada, mas depende também de fatores não controlados pelo decisor, simbolizados pela figura de um jogador oponente. Na teoria dos jogos clássicos, o oponente também toma decisões que maximizam os seus ganhos. No caso em estudo, o oponente é a peça a ser fabricada, e, portanto não toma nenhuma decisão consciente. Mesmo assim, o operador, ou primeiro jogador, não sabe qual a melhor máquina a ser usada, e, portanto pode aplicar os resultados da teoria dos jogos (Osborne & Rubinstein, 1999), em particular o uso de estratégias conservadoras. Como o oponente não reage às estratégias, não tem sentido falar em jogo com repetição nem em estratégias mistas (Mendes e Leta, 2003).

Para aplicar a estratégia minmax é necessário introduzir o conceito de matriz de perda. Matriz de perda é o conjunto de valores absolutos que um determinado jogador perde dependendo da estratégia que ele e seu oponente utilizam.

#### 4.2. Resultados

Na tabela 1 tem-se uma adaptação da matriz de perdas. Na verdade deveriam ser consideradas duas matrizes, uma para cada guia. A utilização de uma única matriz obrigará a um passo extra no método minmax que é a comparação dos piores resultados de cada guia. Os valores apresentados referem-se ao afastamento do desvio com relação à tolerância especificada em norma para a variação geométrica em estudo.

Tabela 1. Matriz de perdas.

		Posição						
		1	2	3	4	5	6	7
Plaina 1	Guia 1	0	0	0	0	0	10	20
	Guia 2	0	0	0	0	10	10	30
Plaina 2	Guia 1	0	0	0	0	0	0	20
	Guia 2	0	0	0	0	10	10	30
Plaina 3	Guia 1	0	0	0	20	40	40	50
	Guia 2	0	0	10	30	30	40	50
Plaina 4	Guia 1	0	0	0	10	10	10	10
	Guia 2	0	10	0	10	20	30	30
Plaina 5	Guia 1	0	0	0	10	10	20	40
	Guia 2	0	0	10	20	20	30	30
Plaina 6	Guia 1	0	0	20	10	20	30	30
	Guia 2	0	0	0	20	40	60	70

Na tabela 2 apresenta-se o maior afastamento de cada guia em cada plaina, ou seja é obtida tomando-se o maior valor de cada linha da tabela 1. Na última coluna o pior valor entre as guias, considerando o pior valor entre os afastamentos.

Tabela 2. Piores valores.

		Pior valor (afastamento)	Pior valor (afastamento / guia)
Plaina 1	Guia 1	20	30
	Guia 2	30	
Plaina 2	Guia 1	20	30
	Guia 2	30	
Plaina 3	Guia 1	50	50
	Guia 2	50	
Plaina 4	Guia 1	10	30
	Guia 2	30	
Plaina 5	Guia 1	40	40
	Guia 2	30	
Plaina 6	Guia 1	30	70
	Guia 2	70	

A escolha da plaina mais adequada é feita a partir do menor valor da última coluna da tabela 2, ou seja pelo melhor dos piores valores. Esta análise indica um empate entre as plainas 1, 2 e 4. Para desempatar, será considerado o melhor dos segundos piores resultados entre estas três máquinas. A aplicação sucessiva da técnica minmax caracteriza o uso do método lexicográfico de multicritério, no qual os critérios menos importantes só são considerados quando ocorrem empates dos mais importantes (Soares de Mello et al, 2003).

Tabela 3 . Matriz de perdas das melhores plainas excluindo os piores valores.

		Posição						
		1	2	3	4	5	6	7
Plaina 1	Guia 1	0	0	0	0	0	10	20
	Guia 2	0	0	0	0	10	10	
Plaina 2	Guia 1	0	0	0	0	0	0	20
	Guia 2	0	0	0	0	10	10	
Plaina 4	Guia 1	0	0	0	10	10	10	10
	Guia 2	0	10	0	10	20	30	

Tabela 4. Piores valores da Tab. 3.

		Pior valor (afastamento)	Pior valor (afastamento / guia)
Plaina 1	Guia 1	20	20
	Guia 2	10	
Plaina 2	Guia 1	20	20
	Guia 2	10	
Plaina 4	Guia 1	10	30
	Guia 2	30	

Observa-se que os valores da plaina 1 e 2 são iguais, ou seja não é possível escolher entre elas a mais apropriada para realização de tarefas. Havia valores diferentes, alguns indicados por zero, que indicam que o valor medido encontrava-se dentro da tolerância e portanto não deve ser usado para classificar as máquinas.



## 5. CONCLUSÕES

As máquinas-ferramenta requerem avaliações de sua capacidade de produzir peças sob tolerâncias, ao longo de sua vida útil, seja como forma de Controle de Processo, seja para avaliar a necessidade de intervenção e recuperação. A Verificação de uma máquina-ferramenta como condição de recepção de uma máquina nova deve ser distinguida da avaliação de uma máquina em uso, e para isso, convencionou-se neste trabalho chamá-la de Avaliação da Integridade Funcional. A definição da melhor máquina, considerando tal análise, é importante quando necessita-se escolher aquela que irá melhor atender às necessidades operacionais para execução de tarefas. No caso em estudo foi feita a avaliação de apenas um parâmetro (uma prova geométrica) considerado o mais relevante para a qualidade das peças usinadas em plainas limadoras. Dentre as plainas limadoras verificadas, observam-se grandes variações nos resultados. Algumas delas apresentavam desvios muito acima da tolerância. A existência deste tipo de máquina justifica a adoção de uma estratégia conservadora que permita avaliar cada máquina na sua pior situação. É possível fazer avaliações baseadas em estratégias otimistas, com o uso de Análise Envoltória de Dados (DEA) como em Leta et al (2003). Estas avaliações exigem técnicas matemáticas mais elaboradas e adaptam-se melhor a máquinas em que não existam situações extremas de grandes desvios nos parâmetros.

A técnica aqui usada, apesar da sua simplicidade, é muito útil para garantir que, mesmo no pior caso, os resultados não serão muito maus.

## 6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro, processo 301095/2003-5.

## 7. REFERÊNCIAS

- Agostinho, O. L., Rodrigues, A. C.S., Lirani, J.. Tolerâncias, Ajustes, Desvios e Análise de Dimensões. São Paulo: E. Blucher, 1977. 295 p.
- Branco, D.F. e Souza, R.T. Avaliação da Integridade Funcional de Máquinas-Ferramenta, 1996, Niterói, RJ. 122 p. Trabalho de Conclusão de Curso ( Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal Fluminense.
- Costa, W. S. Verificação de Plainas Limadoras – 2003, Niterói, RJ. 106 p. Trabalho de Conclusão de Curso ( Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal Fluminense.
- Jain, R. K. Engineering Metrology. New Delhi: Khanna Publisher, 1981. 913p.
- Leta, F. R.; Soares de Mello, J.; Gomes, E. G.; Meza, L. A. Avaliação de máquinas-ferramenta com DEA. In: ENEGEP - ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2003, Ouro Preto. Anais do ENEGEP 2003.
- Mateus, A G. Tolerâncias e Ajustes. Editora Polígono, 1974. 431p.
- Berilli, V.; Leta, F. R. Escolha de um Método Padrão para a Medição Automática de Dureza. XXXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 2003, Natal. Anais do XXXV SBPO.
- Osborne, M.J. & Rubinstein, A. (1999). A Course in Game Theory. The MIT Press, Boston, USA.
- Prenter, P.M. (1975). Splines and Variational Methods. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Soares de Mello, J.C.CB; Gomes, E.G. Leta, F. R.; Pessolani, R.B.V.. CONCEITOS BÁSICOS DO APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO E SUA APLICAÇÃO NO PROJETO AERODESIGN. Engevista, Niterói, v. 5, n. 8, p. 22-35, 2003.
- Tavares, L.V., Oliveira, R.C., Themido, I.H., Correia, F.N.. Investigação Operacional, McGraw-Hill, Lisboa, 1996.