

VALIDADE DE UM CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DE UMA PEÇA DE PROVA EM MÉCÂNICA GERAL¹

Heraldo Marelim Vianna *
José Luiz Pieroni Rodrigues **
Léa Depresbiteris **
Alaor Corrêa Pinto **
José Carlos Garcez **
Nelson D'Angelo Ribeiro **

1. INTRODUÇÃO

O SENAI, instituição que visa a formar indivíduos profissionalmente capazes para a força de trabalho no parque da indústria nacional, emprega uma metodologia de ensino com características peculiares, utilizando-se, na verificação do êxito do processo instrucional, de uma avaliação formativa, isto é, de uma avaliação realizada durante o processo de ensino-aprendizagem. Assim, em Mecânica Geral, após uma seqüência instrucional, em que seus diferentes momentos são avaliados, o aluno deve executar uma PEÇA de PROVA, quando, então, todos os diferentes aspectos da orientação do ensino voltam a ser avaliados.

2. AVALIAÇÃO DA PEÇA DE PROVA

A fim de proceder à avaliação, o Instrutor deve, em ficha própria, verificar a Precisão e a Qualidade da peça de prova, bem como registrar o tempo despendido no trabalho. Ao final, com base no total de pontos, o Instrutor apresenta uma menção, que sintetiza o seu conceito sobre a peça.

¹ A Miriam Bizzochi, por seu trabalho de processamento dos dados da presente pesquisa e por suas valiosas sugestões, os nossos agradecimentos.

* Da Fundação Carlos Chagas.

** Da Equipe de Avaliação, da Divisão de Currículos e Programas, da Diretoria de Tecnologia Educacional, da Coordenadoria de Educação do Departamento Regional do SENAI - São Paulo.

A dimensão Precisão abrange, no caso específico da peça de prova sob análise, um conjunto de 22 (vinte e duas) variáveis, codificadas por letras. O Instrutor, em cada uma das variáveis, deve verificar a *medida especificada* e o *afastamento convencional*, atribuindo a essas variáveis pontos prefixados, se o trabalho atender à exigência do afastamento convencional; caso contrário, atribuirá o ponto zero, se o desvio da medida ultrapassar o convencional. A Figura 1 mostra as diversas variáveis que, no seu conjunto, caracterizam a Precisão. O conjunto das 22 medidas pode totalizar o somatório de 65 pontos.

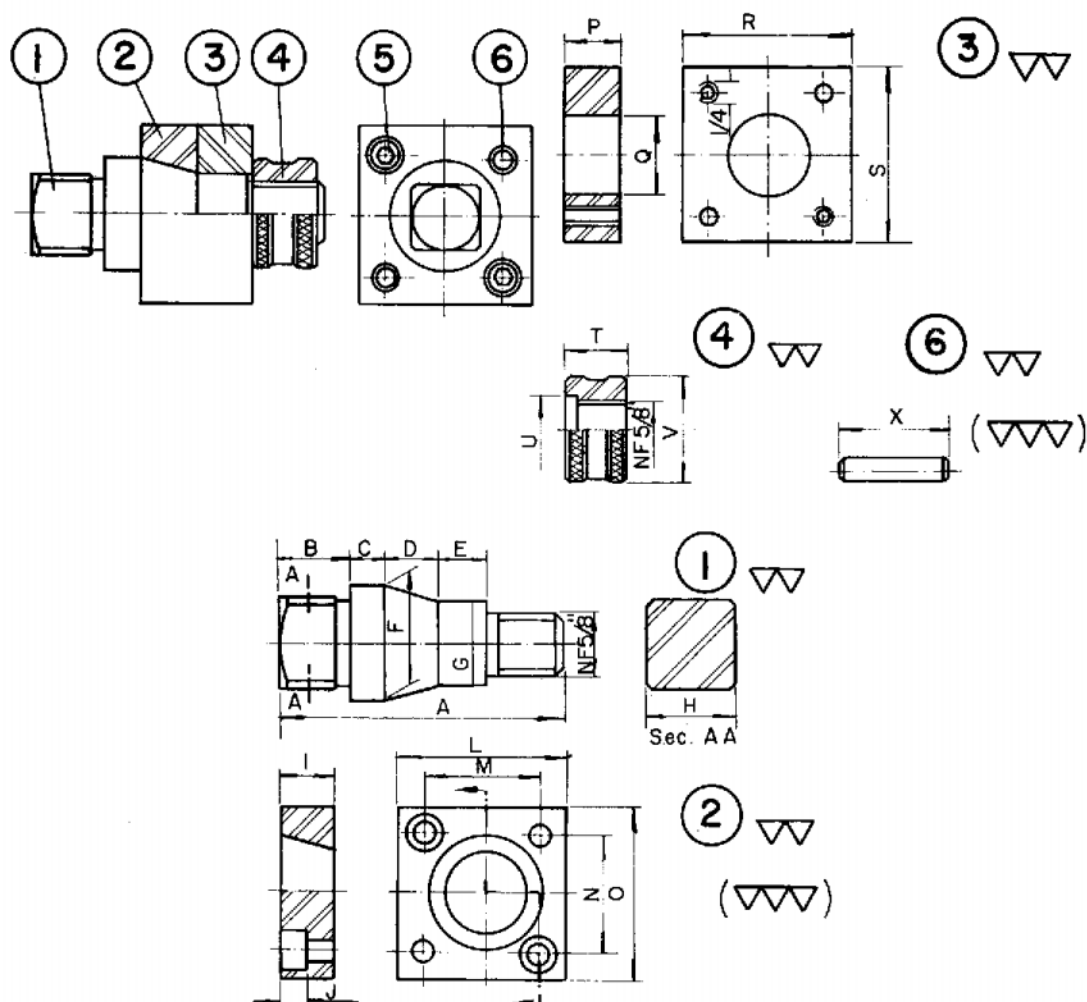


Figura 1 – PEÇA DE PROVA – medidas referentes à precisão

A dimensão Qualidade, na realidade, compreende sete variáveis, especificadas como: *Acabamento*, *Aspecto*, *Ajuste*, *Esquadro*, *Montagem*, *Rapidez* e *Técnica de Trabalho*. Aqui, igualmente, o Instrutor atribui pontos, no total de 35, segundo valores que dependem da variável. Assim sendo, o aluno, nessas duas dimensões – Precisão e Qualidade –, pode receber um total de 100 pontos. Esse total será transformado, por sua vez, numa menção (A, B, C, D e E), segundo uma escala previamente definida.

Assim, são esses 14 coeficientes que demonstram existir uma relação linear entre as variáveis que eles representam; entretanto, observando-se os valores r^2 (variância) para verificar a proporção de uma variável que é explicada pela outra, isto é, a existência de uma variância concomitante, nota-se que apenas as correlações de (L x R) e de (O x S) aproximam-se do estabelecido no item 3 do critério: mostrar um valor de r^2 próximo de 1,00, e assim mesmo com uma certa tolerância.

A tomada de decisão com base exclusivamente em elementos quantitativos pode levar a conclusões enganadoras, se medidas cautelares não forem tomadas. A existência de uma correlação moderada, como parece ser o caso da maioria dos coeficientes da Tabela 4, não autoriza a concluir que os pares de variáveis que envolvem representariam os mesmos atributos e, assim, poder-se-ia eliminar uma das variáveis em cada associação, sem prejuízo para as conclusões finais. Impõe-se, dessa forma, uma análise qualitativa de cada par de variável. Somente a compreensão do sentido de cada variável poderá justificar a sua exclusão do referencial de avaliação da peça de prova objeto da presente pesquisa.

5.1.1. Análise do "sentido" das variáveis de precisão

Ao pesquisar o sentido de cada uma das correlações apresentadas na Tabela 4, procurou-se caracterizar cada uma das variáveis correlacionadas, as implicações da supressão de uma das variáveis sobre o resultado da avaliação, o tipo de problema que isso poderia acarretar, inclusive a influência desse procedimento sobre o conjunto e, finalmente, se as medidas objeto da correlação devem ou não ser mantidas no processo de avaliação.

A correlação entre (A x B) pode ser explicada pela natureza das duas medidas: (A) é medida do comprimento total da peça, enquanto (B) é uma medida parcial, conforme mostra a Figura 1. Ainda que a correlação seja moderada, nenhuma das variáveis poderia ser, em princípio, eliminada, pois são fundamentais para a avaliação da peça. A eliminação de (B), por exemplo, dificultaria a obtenção de outras medidas, especialmente da medida da parte roscada, que não foi solicitada. Além disso, a eliminação de (A) ou de (B), ainda que pudesse ser realizada para fins exclusivos de avaliação global da peça, poderia influenciar sobre o desempenho do aluno, que talvez julgasse sem importância a medida suprimida, com o comprometimento final da peça na sua totalidade.

As medidas F e Q são bem diferentes, enquanto a primeira (F) é uma medida externa de C, início ou término do cone, a segunda (Q) é uma medida de diâmetro do furo em uma peça a ser posteriormente encaixada em G; desse modo, a medida de Q deve ser no máximo igual à de G. Ambas essas medidas são obtidas por torneamento, sendo ambas medidas de diâmetro que podem ser verificadas com precisão durante a avaliação. A eliminação de qualquer dessas medidas poderia prejudicar o processo de avaliação da peça como um todo. As duas variáveis apresentam igual dificuldade para o aluno e devem ser objeto de verificação pelo instrutor.

As medidas (G) e (M) são indispensáveis para a boa e perfeita execução da peça. (G) é uma medida do diâmetro de uma peça, enquanto que (M) reflete a medida de centro a centro dos furos de uma outra peça. Uma não tem relação com a outra, são medidas em peças diferentes, executadas em diferentes máquinas. A correlação, no caso, reflete a fidedignidade das duas medidas, que são imprescindíveis para a construção e montagem da peça.

(H) e (U) são medidas diferentes, em peças diferentes, obtidas em máquinas diferentes e por intermédio de operações bem diferenciadas. (H) é uma medida da espiga quadrada e (U) reflete a medida do rebaixo interno da porca. Utiliza-se uma fresa para (H) e um torno para (U). Habilidades diferentes são exigidas, pois, do aluno. A correlação dessas medidas é, na realidade, um reflexo do controle das mesmas, que em (H) é feito com um micrômetro e em (U) com um paquímetro. Ambas as variáveis, em princípio, deveriam ser mantidas para fins de avaliação da peça.

As medidas (C) e (D) refletem comprimento, sendo a primeira uma medida parcial e a segunda uma medida total da superfície cônica da peça. Uma (D), é obtida por usinagem manual;

a outra (C), por usinagem automática, sendo ambas usinadas no torno. A correlação explica-se em face da inteira relação que existe entre as duas medidas, que, entretanto, são de complexidade diferentes. A fim de obter (D) é necessário usinar (toronar) e esse procedimento, se não for adequadamente executado, pode afetar (C), alterando-o, no sentido de diminuir ou de aumentar. A perda de qualquer uma dessas medidas, que exigem alto controle, implica, necessariamente, na perda da peça inteira. Há, pois, necessidade de um controle cuidadoso das medidas, ambas imprescindíveis à construção da peça e à sua posterior avaliação.

A medida de comprimento total da superfície cônica é a variável (D) e a medida do lado do quadrado é a variável (H). São medidas inteiramente independentes, executadas em máquinas diferentes – torno (D) e fresa (H) – e com objetivos diferentes. É impossível deixar de considerar essas duas variáveis: a medida do lado da espiga quadrada (H) e a medida do cone (D). Assim, ainda nesse caso, apesar da correlação média (0,36), ambas as medidas devem ser mantidas, dada a sua importância para a perfeita construção da peça. Além do mais, do ponto de vista da avaliação, através dessas variáveis, procura-se verificar o desempenho do estudante em duas máquinas diferentes, que exigem habilidades e técnicas diferentes.

A correlação entre as variáveis (O) e (T) apresentou uma certa moderação e reflete, sem dúvida, o uso preciso de duas máquinas diferentes: fresa e torno. (O) traduz medida do lado do quadrado e (T) medida da espessura da porca, portanto, medidas de peças diferentes que foram levantadas com um único instrumento – o paquímetro. Ora, tais medidas não podem ser suprimidas e a simples supressão de uma delas comprometeria sobretudo a construção da peça e a avaliação de sua participação no conjunto.

(F) é a medida do diâmetro externo de (C), início ou término do cone. (L) é o comprimento externo da placa quadrada que se encaixa no cone. Duas medidas diferentes que, entretanto, têm uma correlação moderada (0,37), o que não significa que se possa eliminar uma delas, partindo-se do princípio de que, havendo correlação, uma das variáveis poderia ser suprimida por ser repetitiva. Aqui, como nos demais casos anteriores, a exclusão de qualquer medida representaria perda de importante referencial para a execução e a avaliação da peça.

A correlação entre (B) e (G) é difícil de ser explicada tendo em vista a natureza das medidas: uma (B) é medida de comprimento parcial da peça; outra (G), é o diâmetro da peça. São, portanto, atributos bem diferentes: comprimento x diâmetro. Essas medidas diferentes quanto à sua natureza possuem características diferentes e exigem operações diferentes com níveis de complexidade diferentes. Se atentarmos para a variância concomitante ($r^2 = 0,16$), verificaremos que é baixa. Essas variáveis, no quadro geral da avaliação da peça, devem ser mantidas, pois a sua supressão perturbaria a construção de partes da peça, a sua respectiva montagem e a avaliação global.

Achamo-nos numa situação semelhante à da correlação anterior quando consideramos a associação de B e Q, que representam a medida do comprimento parcial da peça e o seu diâmetro interno, respectivamente. A medida de Q é uma medida de furo, enquanto que B é medida de comprimento. As medidas devem ser precisas, sem o que não há possibilidade de encaixamento das peças, explicando-se, assim, a correlação, que reflete a precisão das medidas obtidas. Uma e outra medida são indispensáveis para a avaliação global da peça de prova.

Anteriormente, a variável (F) foi caracterizada como medida do diâmetro externo de C, início ou término do cone. A outra variável (N) é a medida de centro a centro do furo. Na medida (N), além do furo, o aluno, inicialmente, executa a operação de traçagem. Ambas as variáveis (F) e (N) refletem habilidades diferentes, em máquinas também diferentes. Ainda que exista uma correlação moderada entre ambas as variáveis, nada justifica a eliminação de uma delas, porque implicaria em perda de um referencial importante para a avaliação. Aliás, até o presente momento, isso pode ser constatado em todas as variáveis até agora examinadas.

As variáveis (I) e (P) referem-se a medidas de espessura, verificadas por intermédio de um micrômetro. Observe-se, na Figura 1, que são medidas em peças diferentes. A correlação média (0,43) reflete a precisão com que as medidas foram feitas. Ambas são indispensáveis à boa

TABELA 7
Coefficiente de correlação das variáveis da dimensão QUALIDADE
e a nota total dessa mesma dimensão, e variância concomitante.

Variável x Nota total	r de Pearson	r ²
Acabamento	0,62	0,38
Aspecto	0,70	0,49
Ajuste	0,73	0,53
Esquadro	0,69	0,48
Montagem	0,87	0,76
Rapidez	0,58	0,34
Técnica	0,78	0,61

As variáveis da dimensão Qualidade, no seu conjunto, parecem influenciar sobretudo a nota final dessa dimensão, destacando-se, conforme foi reiterado anteriormente, a influência da *técnica* e da *montagem*, seguindo-se-lhes, em ordem de contribuição, as variáveis *ajuste*, *aspecto*, *esquadro*, *acabamento* e, por último, *rapidez*.

5.2.1. Análise do "sentido" das variáveis de Qualidade

O exame final do significado das nove intercorrelações, apresentadas na Tabela 5, que apresentam um $r \geq 0,50$ e são igualmente significantes, permite compreender a razão de ser do relacionamento linear que existe entre as variáveis que geram a dimensão *Qualidade*:

1 – Acabamento x Aspecto

2 – Acabamento x Esquadro

- A primeira correlação mostra que, se uma peça é bem usinada (acabada), apresentará um bom aspecto e, conseqüentemente, um bom acabamento, ou seja, não apresenta rugosidades na superfície da peça; vê-se, pois, que há uma estreita relação entre as duas variáveis, justificando-se a correlação dos julgamentos.
- Acabamento e esquadro são coisas diferentes, mas a correlação refere-se à posição dos escores na escala de valores, daí a associação das variáveis.

3 – Aspecto x Esquadro

4 – Aspecto x Montagem

5 – Aspecto x Técnica

- Uma peça no esquadro produz um bom aspecto, ainda que a recíproca não seja necessariamente verdadeira; contudo, são variáveis geralmente vistas em conjunto e a correlação reflete a posição relativa dos julgamentos.
- Aspecto e montagem devem ser analisados e nenhum deles pode ser suprimido, pois a montagem influi sobre o aspecto da peça. Isoladamente, as peças de um conjunto podem ter um bom aspecto, mas a sua montagem – reunião das peças no conjunto – pode resultar defeituosa.
- É óbvio que deve haver uma correlação entre as dimensões aspecto e técnica, pois ambas se referem à aparência, ou seja, o aspecto depende da aparência, que, por sua vez, exige

o uso de uma boa técnica, assim sendo, a avaliação dessas dimensões está sujeita às mesmas influências, o que deve, conseqüentemente, influir no posicionamento dos sujeitos e, portanto, no grau de associação das variáveis.

6 – Ajuste x Montagem

7 – Ajuste x Técnica

- A afirmação será quase óbvia: para uma boa montagem, deve haver um bom ajuste. Se as peças se ajustam bem, a montagem será fatalmente boa, pois, indiretamente, a montagem se refere a um bom ajuste; entretanto, sob o ponto de vista da avaliação, não significa que se possa eliminar de imediato uma das variáveis, pelo fato de apresentarem alta correlação (0,64), que decorre de um equilíbrio entre os julgamentos dessas variáveis.
- Ajuste e técnica também revelam uma correlação considerável, ainda que média (0,56). O ajuste somente é obtido por intermédio de uma boa técnica, que é uma variável complexa, pois exige a avaliação de diferentes aspectos, como, por exemplo, posição correta de ferramentas, utilização de velocidades compatíveis com os materiais utilizados, manipulação correta das ferramentas, postura adequada em relação às máquinas, habilidade de manipulação das máquinas, entre outras. Assim, são dimensões importantes, na avaliação de um conjunto, o ajuste das peças e a técnica utilizada, não sendo possível, no caso ora em análise, desprezar e abandonar uma delas, simplesmente porque apresentou uma sensível correlação com outra variável.

8 – Esquadro x Montagem

- Aqui, igualmente, a situação apresenta uma grande obviedade, pois na medida em que a peça se afasta do esquadro há o comprometimento da montagem das peças de um conjunto, daí os valores que as quantificam se correlacionarem. Caberia a indagação: poder-se-ia eliminar uma dessas variáveis, simplificando o processo de avaliação? Não, no caso presente. Ambas as variáveis são de real importância, pois se trata de verificar aspectos relevantes na produção de uma peça – a perpendicularidade entre as diversas peças de um conjunto complexo; além do mais, do ponto de vista da avaliação, devem ser consideradas as definições dessas variáveis, conforme são apresentadas no item 5.2.

9 – Montagem x Técnica

- A técnica está sempre implícita na avaliação de algumas características, como, por exemplo, aspecto, ajuste e montagem. É evidente, pois, que ao avaliar a montagem o instrutor está avaliando, também, a técnica; contudo, essa variável não pode ser afastada do quadro da avaliação como um elemento específico, pois outros elementos devem ser analisados e considerados do ponto de vista da avaliação, como, por exemplo, os cuidados com a fixação das peças, a preocupação com a proteção da superfície, a lubrificação das peças para favorecer o encaixe, o uso correto de ferramentas adequadas etc. Assim, não seria, em princípio, recomendável a eliminação de qualquer dessas variáveis, apesar de mostrarem uma intercorrelação significativa.

6. PRECISÃO, QUALIDADE, NOTA GLOBAL E TEMPO DE PRODUÇÃO – ALGUNS PROBLEMAS

A Tabela 8 possibilita algumas reflexões sobre as relações entre as variáveis Precisão e Qualidade, a nota global (resultado da soma dessas duas variáveis) e o tempo exigido para a produção da peça.

TABELA 8
Matriz de intercorrelação (momento-produto) de
Precisão, Qualidade, Nota Global e Tempo de Produção.

	Precisão 1	Qualidade 2	Nota global 3	Tempo 4
1	—	0,53*	0,94*	-0,29*
2		—	0,78*	-0,31*
3			—	-0,33*
4				—

* $\alpha \leq 0,05$

A relação Precisão e nota global apresenta um coeficiente altíssimo (0,94), como seria de esperar pelo número de variáveis independentes que intervêm, mostrando, inclusive, a influência da dimensão Precisão na constituição da nota final; por sua vez, Qualidade também tem um papel de relevância nesse quadro, conforme mostra o seu coeficiente de associação com a nota global (0,78). A correlação entre as duas variáveis — Precisão e Qualidade — é média e se for levada em conta a variância concomitante ($r^2 = 0,28$), a mesma estaria a indicar que são dimensões realmente distintas e que, apesar de se intercorrelacionarem altamente com um elemento comum, — nota global —, não devem ser consideradas como traduzindo um atributo único. Ainda no quadro das intercorrelações destaca-se o fato de que as correlações entre as dimensões Precisão e Qualidade e a variável tempo de produção, ainda que significativas, são pequenas e inversas, mostrando um relacionamento negativo com essas variáveis.

7. ANÁLISE DE REGRESSÃO: AS VARIÁVEIS DEPENDENTES PRECISÃO E QUALIDADE

O presente tópico centra-se no estudo da análise de regressão das variáveis independentes que geram as dimensões Precisão e Qualidade. A análise de regressão múltipla possibilitará verificar em que medida as variáveis independentes contribuem para a variância total das variáveis dependentes. Ou seja, as relações das variáveis A, B, C, . . . , X com o escore de Precisão. Igualmente ver-se-á a contribuição das variáveis *Aspecto*, *Ajustamento*, . . . , *Técnica*, *Esquadro* para a formação do escore Qualidade. Ao utilizar a técnica de regressão múltipla pretende-se chegar a uma equação de predição que indique como os valores das variáveis independentes podem ser ponderados de forma a possibilitar a melhor predição possível tanto para Precisão quanto para Qualidade; por outro lado, visa-se, também, a simplificar a equação de predição, eliminando-se, na medida do possível, as variáveis independentes que não contribuem de maneira substancial para a predição.

A partir dos dados das Tabelas 9 e 12 procurar-se-á analisar, para as variáveis Precisão e Qualidade, os seguintes aspectos:

1. grau de dependência linear entre as variáveis dependentes e as variáveis independentes, ou seja, qual a quantidade de variação na variável dependente que pode ser explicada pela dependência linear em decorrência da ação conjunta das variáveis independentes, o que será visto através do exame de R (correlação múltipla) e, particularmente, de R^2 (variância explicada);

- estabelecimento da equação de predição dos escores de Precisão e Qualidade, com base nos valores de A (constante) e B (coeficiente da equação), de acordo com o modelo geral.

$$Y' = A + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + \dots + B_k X_k$$

- possibilidade de, a partir da análise conjunta de R^2 e do "sentido" das variáveis independentes, eliminar algumas dessas variáveis que não apresentam uma grande contribuição para a variância de Precisão e Qualidade, estabelecendo, em consequência, novas equações de regressão e discutindo as implicações possíveis da eliminação de algumas variáveis.

A fim de coletar elementos que permitissem discutir os aspectos anteriormente expostos, seguiu-se, na análise de regressão, a abordagem do *stepwise*, em que as variáveis independentes (preditoras) são analisadas uma a uma e, depois, organizadas em termos da variância explicada, a partir da que apresenta maior contribuição para essa variância.

Estabeleceram-se as seguintes hipóteses para Precisão e Qualidade:

$$H_0 : R^2 = 0$$

$$H_1 : R^2 \neq 0$$

O teste de significância mostrou que R^2 é significativamente diferente de zero, aos níveis apresentados nas Tabelas 9 e 12, verificando-se, assim, que as variáveis utilizadas para determinar as equações de regressão em Precisão e Qualidade explicam satisfatoriamente as variáveis critério (dependentes), que, no caso, são Precisão e Qualidade.

7.1. Regressão de precisão - análise

A Tabela 9 apresenta as correlações múltiplas, a variância explicada (R^2), o acréscimo da variância explicada quando se introduzem novas variáveis, os coeficientes de regressão (B) e os erros padrão da medida. Os coeficientes da equação mostram-se, na sua quase globalidade, estatisticamente diferentes de zero.

Os valores R mult., na primeira coluna à esquerda, são as correlações máximas possíveis entre a variável independente e a variável dependente. No caso de Q, a correlação múltipla correspondente à correlação simples. A partir da segunda variável, as correlações incluem todas as variáveis independentes que lhes são anteriores. Quanto maior a correlação, maior a precisão da predição, pois, nesse caso, o resíduo (diferença entre o escore original e o escore predito, ou seja, o desvio da regressão) fica reduzido a um mínimo. Os valores de R múltiplo se situam entre 0 e 1. No caso em espécie, a variação foi de 0,597 a 0,999, praticamente 1,0.

A explicação para R adquire um sentido mais completo quando a correlação é elevada ao quadrado (R^2), obtendo-se, então, um novo coeficiente, que é a variância concomitante ou explicada. R^2 é a porção da variância da variável dependente devida às variáveis independentes em foco. Assim, em termos de porcentagem, pode-se dizer que 35,6% da variância de Precisão é explicada pela variável Q. Se a esta variável for acrescentado o preditor P, haverá um acréscimo de R^2 de 12,9% e, assim, Q e P explicam 48,5% da variância da variável dependente. R^2 indica, por conseguinte, a porção da variância da variável dependente que é devida à variável independente. À medida que aumenta o número de variáveis, a influência do resíduo ($Y - Y'$), parte da variância de Y que não é devida à regressão de Y sobre X, vai diminuindo. Observando-se os valores de R^2 , que estão inflacionados no caso presente em virtude do pequeno tamanho da amostra, nota-se que, a partir da décima variável (C), que já apresenta uma contribuição pequena (1,2%) para a explicação da variância, as variáveis independentes J, V e as demais praticamente não têm influência sobre a variância do escore total, chegando-se ao caso de A e X, em que o

7.1.1. Análise do "sentido" das variáveis predictoras de precisão

A análise de regressão apresentada na Tabela 9 mostra que as dez primeiras variáveis independentes exercem uma evidente influência sobre a variância do escore Precisão. A partir da 11ª variável, na ordem em que foram apresentadas pela metodologia do *stepwise*, a referida influência deixa de ter um significado maior, apresentando pequenos acréscimos na variância explicada ou concomitante. Assim, com base em uma caracterização do conjunto das 22 variáveis, sob diferentes enfoques, tentar-se-á, no presente tópico, uma compreensão no "sentido" de cada uma dessas variáveis, para explicar, na medida do possível, como já se fez anteriormente na discussão das intercorrelações, a maior ou menor contribuição dessas variáveis na formação do composto que é a variável dependente Precisão.

As vinte e duas variáveis de Precisão podem ser sistematizadas, quanto à sua natureza, em sete categorias: 1 - *espessura* (P, T, I), 2 - *largura* (R, S, L, O, H), 3 - *comprimento* (A, B, C, D, E, X), 4 - *diâmetro externo* (V, G, F), 5 - *diâmetro interno* (Q, U), 6 - *profundidade* (J) e 7 - *medidas entre centros* (M, N). As medidas são predominantemente externas (17) e correspondem a 77% do total de medidas, achando-se as mesmas especificadas nas categorias de 1 a 4. Apenas duas do total de medidas são internas e estão indicadas na categoria de número 5 - diâmetro interno. Algumas medidas são iguais: (R-S), (L-O), (M-N) e (P-T-I-X), sendo quatro de largura (R-S-L-O), três de espessura (P-T-I), duas medidas entre centros (M-N) e uma de comprimento (X). É possível identificar, também, medidas que se relacionam, como é o caso de Q/G (ajuste), P/E e I/D (espessura e comprimento).

Ao serem avaliadas, as medidas das peças de prova são verificadas pelos Instrutores, que as comparam com os padrões de afastamento tolerados no julgamento de cada uma das 22 variáveis de Precisão. Anteriormente, procurou-se uma sistematização dessas variáveis, quanto à sua natureza; agora, tenta-se um procedimento semelhante, tendo em vista a menor ou maior exigência relativamente a cada medida, à pontuação máxima de cada variável e à posição da variável em relação à sua contribuição para a variância do escore Precisão.

TABELA 11

Classificação das variáveis independentes de Precisão, segundo o nível de tolerâncias das medidas, pontuação máxima e posição segundo a contribuição para a variância total.

Tolerância	Pontuação máxima	Posição segundo a contribuição para a variância total de precisão
0,021	6	Q(1 ^o), G(6 ^o)
- 0,04	5	F(7 ^o)
+ 0,05		P(2 ^o), I(8 ^o)
± 0,05	4	H(9 ^o)
- 0,1	3	D(3 ^o), U(17 ^o)
± 0,1	2	S(4 ^o), L(5 ^o), C(10 ^o), J(11 ^o), T(13 ^o), R(14 ^o), E(15 ^o), B(18 ^o), O(20 ^o)
± 0,2		V(12 ^o), M(16 ^o), N(19 ^o), X(22 ^o)
± 0,3		A(21 ^o)

As variáveis mensuradas com maior nível de exigência, em geral, apresentam uma contribuição maior para a variância. A situação é compreensível, tendo em vista a possível influência da alta pontuação. Há situações de exceção, como é o caso das variáveis S, L e U, que serão posteriormente discutidas. As medidas verificadas com maior tolerância, na sua quase totalidade, contribuíram pouco para a variância de Precisão, conforme os valores da Tabela 9.

Analisando-se o sentido das dez primeiras variáveis da Tabela 9, que explicam 95,4% da variância, poder-se-á verificar a razão de ser dessa influência. Observa-se que, em geral, essas variáveis referem-se a medidas de componentes do núcleo da peça da prova, que não existe como objeto funcional pois é um conjunto hipotético. A presente discussão será desenvolvida seguindo a ordem das variáveis apresentadas na Tabela 9.

- Q — é a medida do diâmetro interno do componente de furo paralelo que deve ser introduzido no corpo da peça (G). Essa medida é fundamental para a perfeita montagem da peça, exigindo grande precisão; se a medida desse diâmetro não estiver dentro do padrão requerido não haverá ajuste perfeito e, assim, a peça estará comprometida no seu todo.
- P — é a segunda medida a contribuir para a variância total. Ao contrário da anterior, esta é uma medida externa; é a medida da espessura do componente do furo paralelo. Ambas — P e Q — envolvem problema de ajuste. No caso presente de P, se a medida dessa espessura, por exemplo, for maior do que a estabelecida, comprometerá o todo, pois não deixará o espaço necessário para o outro componente que virá em seguida, prejudicando, ao final, a montagem adequada.
- D — é a medida do comprimento da parte cônica do corpo da peça. Sendo uma medida do miolo da peça, é de tanta importância quanto Q e P. A falta de precisão nessa medida provocará problema de ajuste na montagem da peça. Conseqüentemente, é objeto de cuidadosa verificação pelos Instrutores. D está associada a duas outras dimensões I e F. A primeira (I) refere-se à espessura do componente do furo cônico; a segunda (F), à medida do diâmetro maior do cone. Sem uma adequada construção desses elementos haverá dificuldade para a montagem dos componentes.
- S — é a medida da largura de um dos lados do componente do furo paralelo; não é difícil de obter essa medida. A sua importância está no seu aspecto visual, mais do que na sua funcionalidade, que é bem pequena; por isso, é facilmente verificável pelo instrutor, que, para avaliá-la, procura observar o seu acabamento externo (superfície) e o seu aspecto geral. Os Instrutores, por essa razão, não lhe atribuem grande valor, conforme se observa na Tabela 12, mas sua contribuição, ao final, acaba sendo grande para explicar a variância da nota total de Precisão. A variável S relaciona-se com as variáveis R, L e O, que, também, se referem aos demais lados dos componentes.
- L — faz parte de um conjunto de medidas de comprimento (as demais são S, R e O) dos lados dos componentes. A discussão acima, sobre S, aplica-se igualmente a L. É bem possível que haja maior rigor na medida de S e L, com um abrandamento em relação a R e O, que não vão ter, assim, uma influência considerável na formação da variância de Precisão. Haveria, nessa situação, um processo de simplificação das medidas tanto da parte do aluno quanto da do Instrutor. O primeiro, ao ajustar a fresa para obter um lado da peça estaria, no mesmo ato, fazendo os ajustamentos necessários para o outro lado. O presente mecanismo muito possivelmente se repetiria da parte do Instrutor, ao fazer a verificação.
- G — essa variável é das mais importantes, pois se refere ao diâmetro externo do corpo da peça que se ajusta em Q, podendo-se dizer que G e Q são interdependentes. A medida de G deve ser altamente precisa, daí sua pontuação máxima (6). Pequenos erros nessa medida determinarão ajuste defeituoso, afetando o todo na montagem da peça. Observa-se, mais uma vez, a interdependência das variáveis até agora discutidas.
- F — nota-se, inicialmente, que todas as medidas relevantes acham-se no corpo da peça

(F, G, D e E). F é a medida do diâmetro maior do cone e vai determinar o limite da penetração do anel de furo cônico. Sem uma medida precisa de F não é possível o ajuste adequado dos componentes, impedindo, desse modo, a montagem correta da peça.

- I – a discussão relativa a P aplica-se, também, à variável I, que é a espessura do componente que tem o furo cônico. Se I não for precisa, o componente apresentará uma folga ou provocará o deslocamento de P, medida externa da espessura do outro componente. A medida I, se não for precisa, vai gerar as mesmas implicações de P: – impossibilitar o ajuste e afetar a montagem. Há todo um interligamento dessas medidas: – se Q (diâmetro) e P (espessura) são medidas imprecisas, então não há possibilidade do ajuste (G), sendo difícil a entrada do corpo na distância E. Observa-se, também, que as medidas externas (I, Q e P) têm muito a ver com as medidas do corpo da peça (G, E e D).
- H – a contribuição dessa medida é surpreendente, pois se trata de um dos extremos do corpo da peça. É exigida grande precisão na sua construção, apesar de não ter uma contribuição tão incisiva para a variância total da variável precisão.
- C – essa medida é o comprimento do maior diâmetro do corpo da peça e determina o fim do cone. Apesar de ser uma medida previamente determinada, essa parte não tem função específica na peça e sua imprecisão não gera problemas de ajuste.

As dez medidas até agora analisadas têm uma participação efetiva na formação do escore Precisão, chegando a explicar 95,4% da sua variância, conforme se observa na Tabela 9. As outras 12 variáveis independentes, conforme se verá, não têm uma atuação intensa sobre o escore Precisão, porque, em geral, ou não recebem uma adequada atenção da parte dos Instrutores durante o processo de avaliação ou, então, são medidas implícitas em outras medidas e, portanto, já verificadas, não se justificando, possivelmente, uma nova avaliação. Assim:

- J – é a única medida de profundidade, quase nunca avaliada com rigor e objeto de simples inspeção visual.
- V – em termos de avaliação, não é considerada, pois nunca se obtém uma medida com precisão. O instrutor preocupa-se apenas com o recartilhado, a fim de julgar se está bem feito ou não. A medida V, por outro lado, é um tipo de medida já verificada em G e F.
- T – não é uma medida que desempenhe um papel importante e influencie o contexto global da peça. A espessura da porca, avaliada em termos mais visuais, influencia, quando muito, o aspecto da peça, sem afetar os demais componentes. É uma medida já verificada em P e I.
- R – trata-se, também, de um tipo de medida já verificada em L, O e S e avalia habilidades que já foram verificadas em H, L, S e O.
- E – refere-se à parte do comprimento do corpo. Se as medidas de A, B, C e D estiverem corretas, E provavelmente também estará. Além disso, E e P são medidas interdependentes, sendo P verificada com mais rigor.
- M e N – são medidas entre centros de furo e ambas verificam a mesma habilidade (centralização dos furos). As medidas são de difícil conferência e sua tolerância é grande. Ainda que os afastamentos ultrapassem o estabelecido, isso não terá grande significado, a variável é constatada visualmente.
- U – uma das últimas medidas a serem verificadas; é por muitos considerada sem importância: trata-se do diâmetro do rebaixo da porca.
- B – esta medida, comprimento da espiga, é uma decorrência de outras medidas. Se C, D e E estiverem erradas, B muito possivelmente também estará errada. Se A estiver errada, uma ou mais medidas, inclusive B, estarão também erradas. Há, pois, uma interligação entre essas medidas.
- O – é uma medida de certa forma repetitiva, porque ligada a L, R e S, conforme discussão anterior.

- A – trata-se, no caso, de uma medida feita com grande tolerância ($\pm 0,3$) e está ligada a B, C, D e E. A medida A está implícita na de outras.
- X – última das variáveis independentes a examinar e praticamente sem influência sobre o escore Precisão. Refere-se ao comprimento total do pino de guia que fixa as placas. É um apêndice de toda a peça. O aluno já recebe o pino quase pronto, com o seu diâmetro, que é importante, já feito. Limita-se apenas a cortá-la, segundo a exigência feita. A avaliação é exclusivamente visual.

As variáveis independentes ora analisadas, no seu conjunto, explicam, unicamente, 3,4% da variância do escore Precisão. Algumas são repetitivas, outras submetidas a uma avaliação precária e, globalmente, parecem não ser consideradas com rigor pelos Instrutores.

7.2. Regressão de qualidade: análise

A Tabela 12 apresenta os elementos referentes à regressão da variável Qualidade. Observe-se, inicialmente, os valores do coeficiente de regressão, todos iguais a 1,000; o valor da constante A, praticamente zero, e o valor do erro de estimativa de B, também igual a zero. Os coeficientes B de regressão mostram-se estatisticamente diferentes de zero para $\alpha \leq 0,001$. Os dados são de modo a admitir que predições, com base nesses valores, seriam altamente confiáveis.

TABELA 12
Análise de regressão para a variável Qualidade

Variáveis	R. Mult.	R ²	R ² Acresc.	Coef. Equação (B)	Erro Padrão (B)	Significância H ₀ : B _i = 0
Montagem	0,872	0,760	—	1,000	0,000	***
Rapidez	0,944	0,891	0,132	1,000	0,000	***
Acabamento	0,972	0,945	0,054	1,000	0,000	***
Ajuste	0,985	0,971	0,026	1,000	0,000	***
Aspecto	0,991	0,982	0,011	1,000	0,000	***
Técnica	0,994	0,988	0,006	1,000	0,000	***
Esquadro	1,000	1,000	0,012	1,000	0,000	***
Constante				0,326 E ⁻⁰⁸		

Teste de Ajustamento $F_0(7,47) \approx 2,0 \times 10^{11}$

*** $\alpha \leq 0,001$

A análise da variância concomitante (R^2) deixa evidenciado que a variável Montagem apresenta um caráter abrangente, pois somente esse fator explica 75% da variância do escore Qualidade. Acrescentando-se as variáveis Rapidez e Acabamento, observa-se que os valores de R^2 são acrescidos de 13,2% e 5,4% respectivamente. Em termos de explicação da variância total, mostra que essas duas variáveis, quando acrescidas das que as antecedem, explicam 89,1% e 94,5% da dispersão dos escores totais de Qualidade. Essas três variáveis preditoras – Montagem, Rapidez e Acabamento – são, na verdade, as determinantes da variação de Qualidade, enquanto que as demais, conforme se vê na terceira coluna (R^2 cresc.), pouco contribuem, efetivamente, para explicar a variação da variável critério – Qualidade.

As ponderações estabelecidas por (B) fazem com que a equação de regressão de Qualidade (Y') seja igual à utilizada para cálculo dos valores de Y , considerando-se que B é igual a 1,00 e A é zero. Se, entretanto, for alterado o número de variáveis independentes, verificar-se-á, na Tabela 13, que se processam alterações sensíveis na equação de regressão.

TABELA 13
Coefficiente de regressão e erros padrão de medida quando as variáveis independentes de Qualidade são reduzidas de 7 para 3.

Variáveis	Coef. Equação (B)	Erro Padrão (B)
Montagem	2,254	0,14
Rapidez	1,332	0,12
Acabamento	2,255	0,32
Constante	4,939	

É evidente que, com a redução do número de variáveis, o erro padrão de estimativa aumenta, mas o faz de forma a que não invalidem as predições para Y' . O importante, no caso da presente diminuição, está nos novos valores de B, que enfatizam, em igualdade de condições, as variáveis Montagem e Acabamento, cujas ponderações são praticamente o dobro da variável Rapidez. Assim sendo, a nova equação de predição será:

$$Y' = 4,939 + 2,254 (M) + 1,332 (R) + 2,255 (A)$$

7.2.1. Análise do "sentido" das variáveis preditoras de qualidade

A discussão sobre o significado das variáveis independentes de Qualidade servirá para mostrar o papel desempenhado por cada uma delas na formação de Y e, especialmente, esclarecerá o envolvimento de Montagem, Rapidez e Acabamento na variância do critério Qualidade.

- **MONTAGEM** – A Montagem é a característica que, no processo de avaliação, mais atrai a atenção do Instrutor, por ser uma variável síntese de Ajuste e Técnica. A preocupação primeira é a de verificar se as partes se acham perfeitamente ajustadas, o que seria um indicador do ajustamento geral do conjunto da peça. A Montagem é, pois, o resultado final de todos os ajustes.
- **RAPIDEZ** – A variável tempo e, portanto, Rapidez, tem importância para o Instrutor avaliar a peça; é um referencial que o orienta e está ligado a um elemento fundamental: produtividade, que, em síntese, se caracteriza pelo ato de produzir um material de boa

qualidade no menor período de tempo possível. Assim como todas as variáveis de Qualidade têm relação com Montagem, também existe esse relacionamento com a variável Rapidez.

- **ACABAMENTO** – O Acabamento refere-se à qualidade em si das superfícies das peças de acordo com as indicações previamente estabelecidas. Se as superfícies estiverem de acordo com as exigências, haverá um bom Aspecto e, assim, ter-se-á um bom Acabamento. Esta variável e as duas outras anteriores – Montagem e Rapidez – sintetizam todas as dimensões da variável Qualidade.
- **AJUSTE** – Essa variável está bem próxima da Montagem. É uma variável inclusiva, ou seja, avaliando-se Montagem implicitamente ocorre, também, a avaliação de Ajuste, que é a mais eficiente das medidas complementares, pois, conforme foi anteriormente acentuado, o Ajuste de todas as peças determina, em princípio, uma boa Montagem.
- **ASPECTO** – Ainda que essa variável não interfira no funcionamento da peça, a avaliação não pode deixar de levá-la em consideração, pois, muitas vezes, a aceitação do produto no mercado depende da sua característica visual. A peça deve funcionar bem e as superfícies devem estar perfeitas, e tudo isso deve ser complementado com o elemento estético. O Aspecto, portanto, está incluído no Acabamento.
- **TÉCNICA** – Por intermédio dessa variável, pode-se verificar se a seqüência de execução da peça foi feita corretamente, se as velocidades e os avanços foram adequados e, finalmente, se houve o uso esperado e correto de ferramentas e instrumentos. A Técnica, ao final, está incluída em todas as variáveis anteriormente discutidas, diluindo-se em Montagem, Acabamento, Ajuste e Aspecto.
- **ESQUADRO** – Essa variável, na presente peça, não é levada em consideração, porque toda a usinagem é feita pela máquina, sendo, pois, praticamente impossível haver erros na relação angular. O problema de Esquadro só aparece, na realidade, quando há maior interferência do trabalho manual, o que não é o caso da presente peça de prova.

8. CONCLUSÕES

A análise dos dados e a interpretação do significado das variáveis permitem concluir que:

- 1 – as estatísticas gerais, que refletem as características da distribuição das pontuações, mostram que o presente critério de avaliação consegue discriminar diversos níveis de desempenho dos elementos da amostra, apresentando-se válido para o fim a que se propõe;
- 2 – as correlações entre as variáveis independentes de *Precisão* apresentam, em geral, uma associação moderada, sendo aconselhável, em princípio, uma discussão mais aprofundada sobre o real sentido desse relacionamento, a fim de estabelecer se estaria havendo uma superposição na avaliação de algumas variáveis possivelmente inclusas em outras de maior abrangência;
- 3 – a análise do “sentido” das intercorrelações das variáveis de *Precisão* aponta para a possibilidade da eliminação de algumas variáveis preditoras que apresentam uma associação moderada; entretanto, como tal procedimento muito possivelmente teria influência sobre a avaliação geral da peça e, também, poderia provocar reflexos no processo de aprendizagem em si, a supressão de qualquer variável, apenas com bases em intercorrelações, deveria ser precedida por ampla e profunda discussão entre Instrutores, responsáveis pelo desenvolvimento do processo instrucional, e Avaliadores educacionais;
- 4 – as elevadas associações entre as variáveis independentes que formam a dimensão *Qualidade* permitem constatar que essas variáveis preditoras atuam globalmente com grande influência na formação da nota final e, no conjunto, explicam a variância dos escores dessa dimensão;

- 5 – os coeficientes das correlações entre as variáveis de *Qualidade*, ainda que apresentem uma associação relativamente alta, não devem ser considerados como refletindo uma identidade entre as variáveis e traduzindo uma repetição na mensuração e na avaliação das características, impondo-se usar das mesmas cautelas já referidas no item 3, relativamente à *Precisão*. Não seria prudente, apenas com esses elementos, a eliminação pura e simples de variáveis aparentemente repetitivas, sem uma discussão, em profundidade, das implicações teóricas e práticas dessa eliminação, impondo-se, ainda, o emprego de outras técnicas estatísticas para confirmação mais explícita de outros referenciais;
- 6 – *Precisão* e *Qualidade* são dimensões distintas no contexto da avaliação da peça de prova ora pesquisada, exercendo ambas, contudo, grande influência na explicação da variância da nota global;
- 7 – o exame mais aprofundado da dimensão *Precisão*, por intermédio da análise de regressão múltipla, permite mostrar que apenas dez variáveis independentes estão realmente explicando a variância da quase totalidade das pontuações dessa dimensão (95%), o que, em princípio, pode favorecer a simplificação do processo;
- 8 – a análise do “sentido” dos resultados decorrentes da regressão da variável *Precisão* mostra que, efetivamente, existe um grupo de variáveis dominantes no processo de avaliação, enquanto outras estão implícitas neste grupo ou não são relevantes e, por isso, não recebem grande atenção dos Instrutores; desse modo, poderia ser considerada a possibilidade de eliminar-se a quantificação dessas últimas variáveis, desde que se estabeleçam orientações metodológicas a serem definidas numa ação conjunta de Instrutores e Avaliadores;
- 9 – a dimensão *Qualidade*, composta de sete variáveis independentes, quando explorada pela técnica da regressão múltipla, concentra-se, na realidade, em unicamente três variáveis: Montagem, Rapidez e Acabamento, que explicam 80% da sua variância; desse modo, em princípio, considerando o “sentido” de cada uma das variáveis preditoras, a dimensão *Qualidade* poderia ser reduzida às três variáveis que a sintetizam, impondo-se, entretanto, a elaboração de instruções metodológicas a fim de que as demais variáveis continuem a participar indiretamente do processo global de avaliação;
- 10 – a estrutura do critério de avaliação, no caso da peça de prova ora analisada, pode ser realmente simplificada, possibilitando sua melhor operacionalização e sem que haja comprometimento das idéias que a fundamentam, fazendo-se necessário, entretanto, a adoção de medidas acauteladoras, como a discussão com os Instrutores e a elaboração de orientação metodológica para a avaliação baseada em novo critério;
- 11 – a natureza exploratória da presente pesquisa, o tamanho da amostra utilizada e a necessidade de maior controle sobre diversas outras variáveis, inclusive alunos, escolas, professores e tipos de peça de prova, recomendariam a realização de novas pesquisas a fim de aprofundar o assunto em questão.

9. BIBLIOGRAFIA

- KIM, J.O e KOHOUT, F.J. (1975) Multiple regression analysis: subprogram regression. in NIE, N.H. et alii. *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*. Second edition. McGraw-Hill Book Company. Nova Iorque.
- NIE, N.H.; HULL, C.H.; JENKINS, J.G.; STEINBRENNER, K.; BENT, D.H. (1975) *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*. Second edition. McGraw-Hill Book Company. Nova Iorque.