



AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DA FUNÇÃO “TARA” EM BALANÇAS E SEUS EFEITOS NA CALIBRAÇÃO DE VIDRARIAS DE LABORATÓRIO

Alex Pablo F. Barbosa¹, Amsterdam J. S. M. de Mendonça², Felipe O. Baldner³, Helton R. Sereno⁴, Leandro S. Lima⁵,
Leandro S. Sampaio⁶

¹ Laboratório de Fluidos, Inmetro, Duque de Caxias, Brasil, abarbosa@inmetro.gov.br

² Laboratório de Massa, Inmetro, Duque de Caxias, Brasil, ajmendonca@inmetro.gov.br

³ Laboratório de Fluidos, Inmetro, Duque de Caxias, Brasil, fbaldner@gmail.com

⁴ IFRJ – Campus Volta Redonda, Brasil, helton.sereno@ifrj.edu.br

⁵ Laboratório de Fluidos, Inmetro, Duque de Caxias, Brasil, lslima@inmetro.gov.br

⁶ SJS Serviços Ltda., Rio de Janeiro, Brasil, l_sanchess@yahoo.com.br

Resumo: As medidas de massa têm um importante papel na metrologia mecânica, por ser uma grandeza de base e prover rastreabilidade a várias outras grandezas. As medidas de massa são efetuadas em balanças, que, com a evolução da tecnologia, apresentam cada vez mais funções em seu indicador e cuja funcionalidade passa muitas vezes despercebida em rotinas repetitivas.

A “tara”, função que indica para a balança que uma determinada massa sob seu prato deve ser considerada zero, dentro deste grupo de funções, muitas vezes se confunde com o valor do zero de calibração.

Na calibração de vidrarias de laboratórios esta função é utilizada largamente como artifício para facilitar a determinação da massa de substâncias líquidas contidas no interior de recipientes. A dúvida que surge é com relação ao ponto de correção do certificado de calibração da balança a ser utilizada juntamente com a função “tara”. Além disso mostra-se a importância da utilização do certificado de calibração de maneira apropriada.

Palavras chave: certificado de calibração, correção, pesagem, balança, tara.

1. INTRODUÇÃO

Em um laboratório existem diversos instrumentos de medição que fazem parte de uma rotina de trabalho. Para que os resultados das medições destes sejam utilizados com certo grau de confiabilidade os mesmos devem passar por uma calibração, que, por definição, é a “operação que estabelece, numa primeira etapa e sob condições especificadas, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas; numa segunda etapa, utiliza esta informação para estabelecer uma relação visando à obtenção de um resultado de medição a partir de uma indicação” [1]. O produto da calibração é a emissão de um certificado de calibração, contendo todas as informações pertinentes disponíveis. Possuir um certificado por si só não é suficiente, pois a interpretação destes resultados deve ser feita e considerada em quaisquer processos de medição. O certificado de calibração não deve

ser apenas uma evidência para o auditor, mas uma poderosa ferramenta para compreensão de sistemas de medição e melhor expressão dos seus resultados.

Um processo de calibração normalmente contempla todo o intervalo de indicações do instrumento. Porém, em alguns casos, é necessário priorizar certas faixas de trabalho destes instrumentos onde a maioria das medições são realizadas, obtendo uma melhor expressão dos resultados para o seu uso.

Na escolha dos pontos de calibração é comum encontrar casos onde não é considerada a massa do recipiente cuja substância a ser pesada está contida. Nestes casos, a massa do recipiente, que será usado como “tara”, possui massa e, portanto, tem influência na indicação da balança.

Desta forma não será considerado somente o valor líquido, mas o valor bruto. Para fins deste trabalho, valor líquido é considerado o valor da massa da substância, e valor bruto é o valor da massa do conjunto substância mais recipiente.

De acordo com Couto e Monteiro [2], além de calibrar, um laboratório de metrologia deve atuar de forma marcante no auxílio da especificação adequada da instrumentação de um determinado processo, evitando seu subdimensionamento ou superdimensionamento. Assim sendo, o esclarecimento de boas práticas metrológicas é fundamental para o desenvolvimento do laboratório de metrologia preocupado com a qualidade dos seus resultados e a com a confiabilidade oferecida. Ainda em [2], tem-se registrado que o superdimensionamento e o subdimensionamento da instrumentação são responsáveis por uma grande parcela das perdas, e a indústria que estabelecer os seus processos com a devida confiabilidade metrológica, respeitando de forma clara a interdependência conjunta com a normalização e a qualidade, sem dúvida evidenciará de maneira concreta a qualidade adequada do seu produto, marcando o diferencial no mercado consumidor competitivo atual. Portanto, a compreensão da função “tara” das balanças é fundamental e imprescindível para o desenvolvimento, com qualidade, dos serviços que se utilizam deste instrumento.

2. UMA AVALIAÇÃO DO PROBLEMA PROPOSTO

Considerando um laboratório de metrologia, diariamente são realizadas diversas medições utilizando balanças, como, por exemplo, a calibração de uma pipeta. Para determinação do volume deve-se considerar apenas a pesagem do líquido transferido pela pipeta.

O processo de medição envolve a utilização de um béquer limpo e seco sobre o prato da balança e utiliza-se a função “tara” para “zerar” a indicação. Transfere-se o líquido para o béquer e o valor indicado é apenas o da massa do líquido, não sendo necessário o cálculo da diferença entre béquer cheio e béquer vazio (massa do líquido contida no interior do béquer).

A seguir, o valor da massa medida necessita ser corrigido utilizando-se a correção declarada no certificado de calibração da balança. Usualmente, utiliza-se o ponto de correção baseado no valor líquido. Por outro lado, o ponto de correção a ser utilizado pode ser baseado no valor bruto.

Desta forma, surge uma pergunta natural: depois de usada a função “tara”, a correção a ser aplicado seria no valor líquido ou no valor bruto?

3. DEFININDO A ABORDAGEM EXPERIMENTAL

Para se definir o procedimento experimental do problema proposto, é necessário entender o funcionamento básico de uma balança.

De forma simplificada, uma balança é um transdutor (sensor) de forças, que, através da sensação da interação gravitacional dos corpos colocados sobre ela é possível determinar a massa destes, aplicando-se uma força restauradora de valor conhecido, como mostrado pelo diagrama de forças da figura 1.



Figura 1 - Forças atuantes na colocação de um objeto sobre o prato de uma balança

Vale a pena ressaltar que ainda existiria na figura 1 uma força na direção contrária à força peso do objeto devido ao efeito de Arquimedes no ar (empuxo). Porém, nesta descrição, serão desconsiderados seus efeitos para simplificação.

Segundo Paraguassú [3], em balanças de um prato (eletrônicas) é comum encontrar casos onde a força

restauradora é gerada a partir de uma compensação eletromagnética. Em casos como este, a colocação de massa sob o prato da balança faz com que seu prato se desloque de uma posição de equilíbrio. Ao se deslocar, uma bobina contida dentro da balança irá produzir uma força, proveniente de um campo magnético gerado a partir da variação da corrente que passa pela bobina, contrária ao deslocamento desta até que ela retorne à sua posição de equilíbrio. Desta forma, é fácil compreender (pela 2ª Lei de Newton) que esta força magnética produzida é proporcional à massa colocada no prato da balança.

A posição de equilíbrio do bloco mecânico da balança, composto por um sistema de alavancas acoplado a um conjunto magnético, é monitorada através de um sensor óptico, e sua posição é restabelecida por um circuito de controle atuando neste conjunto magnético, composto por um ímã e uma bobina. A variação de corrente do conjunto magnético é convertida em uma variação de tensão que corresponde à massa depositada sobre o prato de pesagem, que é direcionada ao microprocessador da balança e, neste momento, é que os dados são processados e enviados ao dispositivo indicador na forma de números. Esse ciclo se repete em frações infinitesimais de segundo, atualizando a informação.

Assim percebe-se que uma variação de massa sob o prato da balança irá provocar uma variação na tensão do elemento elétrico. Portanto, a constatação do estado de medição de uma balança, quando acionada a tecla “tara”, pode ser verificada através da medição da tensão gerada neste elemento elétrico e, conseguindo medir esta variação da tensão elétrica, é possível correlacioná-la aos valores de massa certificados e obter a curva de calibração de uma balança em tensão elétrica.

4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As medições consistem em colocar um determinado peso-padrão no prato da balança e anotar tanto a indicação exibida pela balança quanto a medição da tensão na saída da bobina. O primeiro ciclo de medições foi realizado com a balança no zero, ou seja, sua tara foi realizada com o prato vazio. Assim, foram realizadas as seguintes medidas através da colocação de pesos-padrão de valores nominais: 50 g, 100 g, 150 g, 200 g, 250 g, 300 g, 350 g e 400 g. Cada medição foi repetida 5 vezes.

Terminado o primeiro ciclo, foi colocado um peso-padrão no prato e então foi realizada a tara da balança. Depois, foram efetuadas as medições de acordo com o procedimento citado anteriormente, mas com este novo valor de tara. Para cada ciclo de medições foram utilizados os seguintes pesos para realizar a tara: 100 g, 200 g e 300 g. Totalizando quatro ciclos de medições.

A figura 2 mostra o fluxograma de como foram efetuadas as medições.

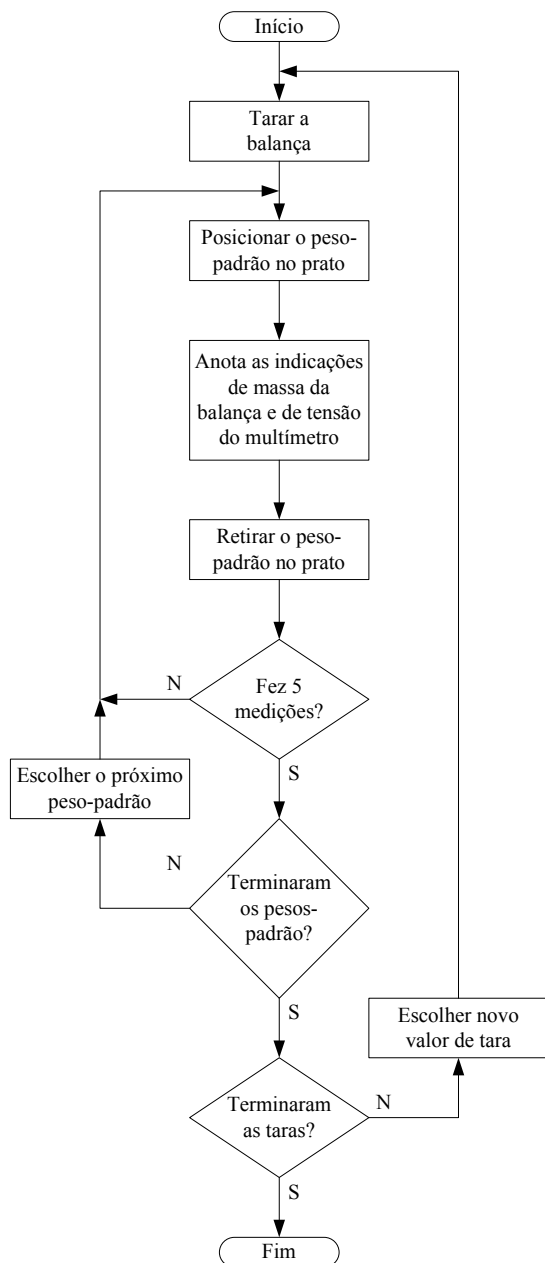


Figura 2 – Fluxograma do conjunto de medições do experimento

Neste trabalho, foi utilizada uma balança com resolução de 1 mg e capacidade máxima de 404 g que funciona pelo princípio descrito no item 3, constituído basicamente por dispositivo receptor de carga tipo prato, dispositivo de equilíbrio de carga e dispositivo indicador digital na parte frontal e, para medir a variação de tensão gerada pela bobina do conjunto magnético da balança, um multímetro digital calibrado de 6 ½ dígitos (0,01 mV).

5. RESULTADOS OBTIDOS

Ao término das séries de medição, foram analisados os resultados que estão expostos na forma de gráficos como se pode observar na figura 3.

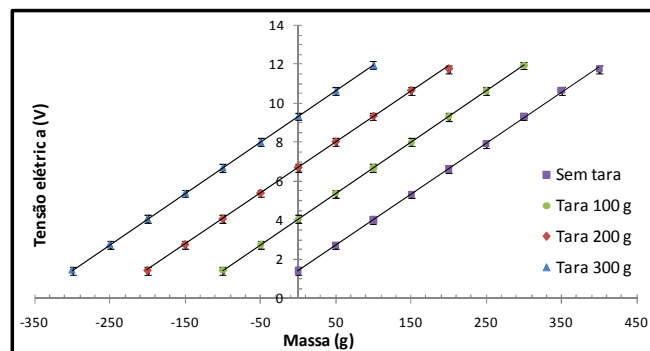


Figura 3 - Variação da tensão elétrica nos terminais de saída da balança com a massa aplicada

Pode-se observar que a adição de taras sob o prato da balança apenas provoca um deslocamento horizontal da curva de calibração. Do ponto de vista prático, apenas foram “renomeados” os valores da curva de calibração. Todavia em nada foram alteradas suas características e resultados.

Na tabela 1 é possível observar a curva de ajuste obtida para cada situação da figura 3. É importante ressaltar que houve modificação apenas do coeficiente linear deste ajuste enquanto permanece inalterada a inclinação da curva, dada pelo coeficiente angular.

Tabela 1. Curvas de ajuste tensão vs. massa encontradas para diferentes valores de tara

Curvas de ajuste	
$y = \text{tensão (em Volts)}; x = \text{massa (em gramas)}$.	
Sem taras	$y = 0,0262x + 1,4089$
100 g	$y = 0,0263x + 4,0562$
200 g	$y = 0,0261x + 6,6725$
300 g	$y = 0,0263x + 9,3278$

5.1 Um estudo de caso

Foi feito este estudo de caso utilizando como exemplo a calibração de um balão volumétrico de 200 cm³ na temperatura de 20 °C. O balão volumétrico calibrado pesa aproximadamente 50 g.

Iniciou-se a calibração colocando o balão vazio e seco na balança e utilizando a função “tara” para “zerar” a indicação da balança. Em seguida, o balão volumétrico foi retirado da balança e enchido com água (na temperatura de 20 °C), ajustando seu menisco. Pesa-se novamente o balão volumétrico, e a indicação obtida é de aproximadamente 200 g. No entanto, a carga aplicada (balão volumétrico com água) foi de aproximadamente 250 g. Para este estudo, considerar que a massa específica da água a esta temperatura é 0,99820 g/cm³ para o cálculo do volume.

A equação 1 descreve o valor da massa de água contida no balão volumétrico, baseada em [4].

$$m_{\text{água}} = m_{\text{cheio}} - m_{\text{vazio}} \quad (1)$$

Em que:

$m_{\text{água}}$ é a massa de água contida no balão volumétrico;
 m_{cheio} é a massa corrigida do balão volumétrico cheio;
 m_{vazio} é a massa corrigida do balão volumétrico vazio.

De fato, a massa corrigida é a soma algébrica da indicação da balança com o erro aplicado à indicação. Portanto, pode-se reescrever a equação 1 na equação 2.

$$m_{\text{água}} = (I_{\text{cheio}} + \varepsilon_{I_{\text{cheio}}}) - (I_{\text{vazio}} + \varepsilon_{I_{\text{vazio}}}) \quad (2)$$

Ou ainda:

$$m_{\text{água}} = \Delta I + \Delta \varepsilon \quad (3)$$

$$V_{\text{calculado}} = m_{\text{água}} \cdot \rho_{\text{água}} \quad (4)$$

Em que:

I_{cheio} é a indicação da balança referente à colocação do balão volumétrico cheio;

I_{vazio} é a indicação da balança referente à colocação do balão volumétrico vazio.

$\varepsilon_{I_{\text{cheio}}}$ é o erro aplicado à massa do conjunto balão volumétrico e água;

$\varepsilon_{I_{\text{vazio}}}$ é o erro aplicado à massa do balão volumétrico;

ΔI é diferença de indicações entre I_{cheio} e I_{vazio} ;

$\Delta \varepsilon$ é diferença de erros entre $\varepsilon_{I_{\text{cheio}}}$ e $\varepsilon_{I_{\text{vazio}}}$;

$V_{\text{calculado}}$ é o volume calculado a partir da massa de água contida no balão volumétrico;

$\rho_{\text{água}}$ é a massa específica da água a 20 °C.

Isso significa que quando se usa a função “tara” da balança com I_{vazio} , é realizada a operação limite onde este valor tende a zero e tem-se a aparente noção que $\Delta \varepsilon$ também segue esta mesma sistemática. Contudo, aplicando esse limite na equação 3, é provado que a massa de água após utilizar-se a função “tara” é equivalente à massa do líquido ($m_{\text{líquido}}$) acrescida da diferença dos erros, como pode ser visto nas equações 5, 6 e 7:

$$\lim_{I_{\text{vazio}} \rightarrow 0} m_{\text{água}} = \lim_{I_{\text{vazio}} \rightarrow 0} (\Delta I + \Delta \varepsilon) \quad (5)$$

$$\lim_{I_{\text{vazio}} \rightarrow 0} m_{\text{água}} = \lim_{I_{\text{vazio}} \rightarrow 0} (I_{\text{cheio}} - I_{\text{vazio}} + \Delta \varepsilon) \quad (6)$$

$$\lim_{I_{\text{vazio}} \rightarrow 0} m_{\text{água}} = m_{\text{líquido}} + \Delta \varepsilon \quad (7)$$

Na tabela 2 são apresentados valores da média das medições para a calibração do balão volumétrico sob duas situações. Uma, realizando a tara do balão volumétrico vazio de forma a obter diretamente a massa de água contida no balão volumétrico. A outra ao se obter este valor através do cálculo da diferença das massas do balão volumétrico cheio e vazio.

Após aplicada correção a partir da curva de calibração da balança, indicada na figura 4, foram calculados os respectivos volumes e comparados os seus resultados.

Tabela 2. Indicações obtidas na calibração de um balão volumétrico

Valores medidos		
Valor	Com tara	Sem tara
m_{cheio}	200,001 g	249,991 g
m_{vazio}	0,000 g	49,987 g
Correção aplicada	0,016 g	0,020 g
Massa Corrigida	200,017 g	200,024 g
Volume Calculado	199,657 cm ³	199,664 cm ³
Discrepância	0,007 cm ³	

Com os valores obtidos experimentalmente, observa-se uma discrepância de 0,008 cm³ para os valores apresentados na tabela 2 se for considerada a curva de calibração desta balança (obtida a partir dos procedimentos descritos em [5], e exposta na figura 4).

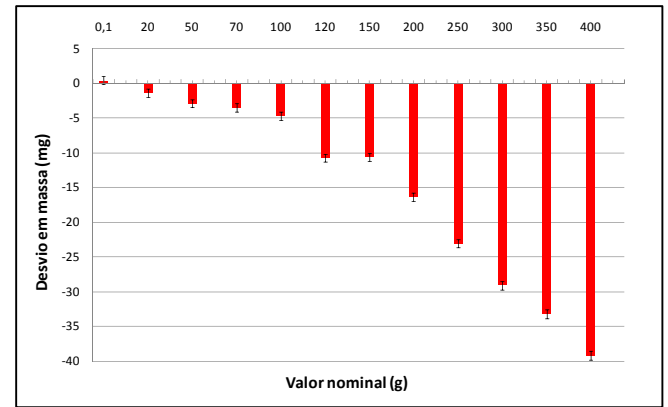


Figura 4 - Curva de calibração da balança

6. CONCLUSÃO

Retomando a pergunta que surgiu na avaliação do problema, conclui-se, com base nas informações da tabela 2, que há uma discrepância proveniente da utilização inadequada das correções do certificado de calibração.

Quando se usa a função “tara” deve-se sempre considerar a massa total aplicada na balança para definir o ponto de correção a ser utilizado.

No estudo de caso o ponto de correção a ser utilizado deve ser na massa de 250 g e não na de 200 g, como foi realizado. Utilizando a correção correta para o caso da utilização da função “tara” da balança, a massa corrigida é de 200,024 g (199,664 cm³), não havendo discrepância entre os valores utilizando a função “tara” e não a utilizando.

De acordo com a aplicação, este erro pode ser desprezível. Como por exemplo aplicações industriais, análises clínicas, entre outros. Contudo, em uma calibração de vidraria de laboratório, cujo alto grau de exatidão é requerido, este erro é extremamente representativo.

A função “tara” apresentada pelas balanças, como visto neste trabalho, apenas simplifica a rotina de determinação da diferença de massa entre o recipiente cheio e vazio.

Para os casos onde a discrepância é significativa, os laboratórios devem solicitar os pontos de calibração de balanças considerando não somente a massa líquida, mas sim a massa bruta, que é a massa do recipiente mais a massa do líquido.

Estudar o comportamento da balança no intervalo limitado pela massa do recipiente vazio e cheio, nestas condições apresenta-se mais interessante que uma análise em toda a faixa da balança, porque as correções certificadas para valores menores que a massa do recipiente não serão utilizadas, uma vez que foi verificada que a correção aplicada depende somente do valor da “tara” e do valor bruto. Assim sendo, os pontos de calibração devem ser escolhidos preferencialmente entre a massa do recipiente e a carga máxima da balança.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos são expressos à colaboração do engenheiro Dr. Dalni Malta do Espírito Santo Filho, chefe

do Laboratório de Fluidos da Divisão de Metrologia Mecânica do Inmetro pelas inúmeras discussões que tivemos, que muito nos auxiliou na redação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] Inmetro, “Vocabulário Internacional de Metrologia - Conceitos fundamentais e gerais e termos associados”, 2009.
- [2] Couto, Paulo R. G. e Monteiro, Luiz C., “A função de um laboratório de metrologia de acordo com o contexto de globalização”, Metrologia 2000, São Paulo, Dezembro de 2000.
- [3] Paraguassú, Luiz H., “Práticas laboratoriais envolvidas nas calibrações de pesos-padrão e balanças”, Curso de Metrologia em Massa, Inmetro, 2002.
- [4] ISO 4787, “Laboratory Glassware – Volumetric Instruments – Methods for testing of capacity and for use”, abril de 2010.
- [5] Euramet cg-18, “Guidelines on the calibration of non-automatic weighing instruments”, março de 2011.