

1 Introdução

A medição dinâmica de pressão está presente em diversos campos da Engenharia, como pesquisas em aerodinâmica, biomecânica, motores de combustão interna e outros.

No caso particular das aplicações militares, é muito comum a necessidade de medir as pressões desenvolvidas na balística interna, isto é, as pressões desenvolvidas no interior dos tubos das armas no momento do tiro. Para tanto, são usados transdutores piezelétricos de alta pressão, os mais adequados para medir cargas dinâmicas, como as que acontecem na balística interna. Essas medições são feitas em tubos de teste, denominados de provetes.

Mas por que é necessário medir as pressões no interior do tubo de uma arma? Porque a partir dessas medições pode-se decidir pela aprovação, ou reprovação de um lote de munições. Essas medições também são importantes na implementação de projetos de novos armamentos.

É fácil imaginar o elevado custo de se reprovar um lote que está bom ou de se aprovar um lote que está ruim, apenas porque se mediu mal! Um erro dessa natureza é simplesmente inadmissível!

Diante do exposto, torna-se evidente a importância do tema desta dissertação, qual seja: Desenvolvimento de Metodologia de Calibração de Transdutor Piezelétrico de Pressão utilizado em Balística Interna.

1.1 A escolha do problema

O problema objeto desta dissertação foi escolhido após pesquisa em que foi constatada uma dificuldade do Exército Brasileiro (Apêndice A) em poder confiar nas medições de pressão da balística interna, devido à ausência no Brasil de um laboratório no qual esteja disponível o serviço de calibração dos transdutores usados para esse tipo de medição.

1.2 Métodos de calibração

A calibração do transdutor piezelétrico de pressão é um dos pré-requisitos essenciais para a medição confiável da pressão em armas sob teste. Devido às duras condições de uso, mudanças na sensibilidade são causadas. Assim, Winkler (1989) afirma que não é possível determinar a sensibilidade de um transdutor piezelétrico de pressão a partir de dados construtivos ou de material. Portanto, calibrações regulares do transdutor são necessárias durante sua vida útil.

Dois são os métodos principais de calibração de transdutores piezelétricos de pressão: o estático e o dinâmico.

No método estático, balanças de pressão (de peso morto) são usadas para produzir uma pressão de referência confiável (WINKLER, 1989). Então, submete-se o transdutor à pressão de calibração constante com o tempo, quando subitamente essa pressão é aliviada para a pressão atmosférica. Essa mudança súbita na carga a que o transdutor está sujeito é necessária, porque um transdutor piezelétrico produz um sinal elétrico de saída apenas quando experimenta uma mudança na carga a que está exposto. O método estático tem a vantagem de as pressões de referência serem obtidas com alta confiabilidade (incerteza melhor que 0,05%).

No método dinâmico, um pulso de pressão muito similar em tempo, em amplitude e em forma, ao pulso de pressão desenvolvido em um tiro real, é gerado. Resch (1987) defende que a calibração deveria ser sempre realizada sob condições similares àquelas encontradas na prática, o que vale dizer, utilizando-se o método dinâmico. AVL (1989) afirma obter-se, com a utilização deste método, uma incerteza de $\pm 2\%$ na faixa de pressão de 1000 a 2000 bar, e $\pm 1\%$ na faixa de 2000 a 8000 bar, com uma reprodutibilidade de $\pm 0,25\%$.

Não obstante tais posicionamentos, não é totalmente claro se há diferença no comportamento do transdutor piezelétrico de pressão entre calibração estática e dinâmica. Entretanto, Winkler (1989) mostra testes nos quais os transdutores de pressão calibrados estaticamente se desviam uns dos outros em seu comportamento dinâmico, de 0,5% a 1,5% da faixa. Em particular, nas medições requerendo alta exatidão, é de fundamental importância o conhecimento da conformidade dinâmica e da exatidão do pico de pressão dinâmica.

O manual NATO AC/225 (Panel III – SP.1)D/200¹ recomenda intervalos de calibração de 6 meses a 1 ano para os acessórios de calibração, como fonte de pressão hidráulica, voltímetro digital etc., e orienta como proceder para determinar se o transdutor tem linearidade aceitável, qual a sua sensibilidade², e como fazer o teste de qualificação do transdutor.

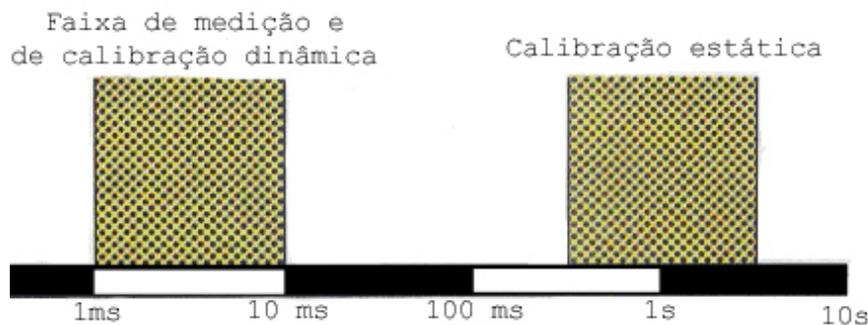


Figura 1 – Faixa de medição e de calibração dinâmica; faixa de calibração estática.

Fonte: Catálogo “Piezoelectric High Pressure Transducers”, do fabricante AVL

1.3

Calibração de transdutores piezelétricos de alta pressão no Brasil

Como visto no item 1.1, atualmente não se encontra disponível no País o serviço de calibração de transdutores piezelétricos de alta pressão.

De acordo com a presente pesquisa, o Campo de Provas da Marambaia (CPrM), organização militar do Exército, já ofereceu esse serviço no passado. O CPrM ainda possui um equipamento de calibração estática de fabricação austríaca. Trata-se do “B 640 Precision Pressure Calibrator” fabricado pela AVL, atual “High Pressure Instrumentation” (HPI). Este equipamento tem as seguintes especificações: faixa de pressão: 100 a 4000 bar; incerteza < 0,03% da pressão selecionada; incremento de pressão: 1 MPa ou, pelo menos, 145 psi. O referido equipamento, entretanto, encontra-se avariado, precisando de manutenção de alto custo. Segundo informação obtida junto ao chefe da Casa Balística do CPrM, a última calibração realizada com o B 640 aconteceu há cerca de 14 anos, em 1990 (Apêndice A).

Tomou-se conhecimento, através da Companhia Brasileira de Cartuchos (CBC), que o Centro de Munições da Marinha já ofereceu, no passado, o serviço

¹ NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. **Manual of proof and inspection procedures for NATO 5,56 mm ammunition.** Section 23, Annex B: Piezoelectric pressure transducer, electronic instrumentation calibration procedures, Annex C: Pressure transducer qualification test, 1983.)

² Segundo o referido manual, a sensibilidade do transdutor deve ser checada em intervalos de 120 ± 20 tiros.

de calibração em pauta, não mais o fazendo nos dias de hoje. Essa empresa, de controle acionário civil, atualmente calibra seus transdutores piezelétricos de pressão no exterior 1 (uma) vez por ano, e já manifestou seu interesse de fazê-lo 2 vezes por ano, caso se viabilize a calibração no Brasil.

Por último, como resultado da presente pesquisa, foi constatado que na Linha de Tiro 2 do CPrM, Linha esta pertencente à Marinha do Brasil, há um equipamento de calibração do fabricante Kistler, modelo 6905, com faixa de calibração de até 7000 bar, mas que se encontra também inoperante (Figura 3).

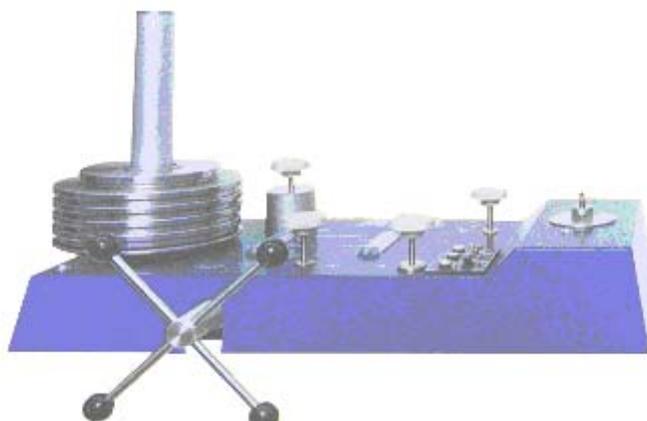


Figura 2 – “B 640 Precision Pressure Calibrator”.
Fonte: Catálogo do fabricante AVL: “Static and Dynamic Calibration of Piezoelectric High-Pressure Transducers”



Figura 3 – Equipamento de calibração do fabricante Kistler, modelo 6905, de propriedade da Marinha
Fonte: Foto tirada in-loco

1.4 A contribuição do presente trabalho

Como sua principal contribuição, o trabalho disponibiliza metodologia própria de calibração, ainda não disponível no País, atribuindo confiabilidade a medições realizadas em fenômenos associados ao que se denomina Balística Interna, que se constitui no estudo científico dos processos que ocorrem no interior de uma arma de fogo, a partir do instante de iniciação (ignição) do propelente (FARRAR; LEEMING, 1983). Como consequência, o presente trabalho contribui para o bom **Controle de Qualidade de lotes de munição**.