

ENGENHARIA DA QUALIDADE NA AVALIAÇÃO DE MÉTODO PARA PERIODICIDADE DE CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS: estudo de caso

QUALITY ENGINEERING ON THE ASSESSMENT METHOD FOR THE EQUIPMENT CALIBRATION INTERVAL: case study

Nathielle Gomes Ferreira (FEAMIG) <nathi-gomes@hotmail.com>

Wellington Corsino da Silva (FEAMIG) <metrologia@tseaenergia.com.br>

Lorena Fernanda Silva Fragozo (FEAMIG) <lorena.fragoso13@gmail.com>

Wilson José Vieira da Costa (FEAMIG) <wilsoncosta@feamig.br>

Gabriela Fonseca Parreira (FEAMIG) <gabriela.fonseca@feamig.br>

RESUMO

Na engenharia da qualidade, a metrologia tem o papel principal de prover credibilidade, exatidão e qualidade às medidas e, uma das suas ferramentas utilizada para garantia desse papel principal é a calibração. A calibração de instrumentos de medição é uma atividade relevante no processo de fabricação, pois é indispensável para assegurar uma boa qualidade no produto, evitando seu retrabalho ou refugo. Os instrumentos estão sujeitos a influências externas, como fator humano e condições ambientais, que impactam na medição, fazendo-se necessário estabelecer a melhor periodicidade de calibração para manter a confiabilidade do processo de fabricação. O objetivo deste trabalho é propor uma metodologia para avaliação da periodicidade de calibração de instrumentos, através da investigação em instrumentos selecionados para esta pesquisa. Para isso, foi realizado o mapeamento do processo de avaliação de periodicidade e uma análise dos resultados de calibração dos instrumentos em estudo. O estudo de caso foi o procedimento metodológico selecionado, por possibilitar uma aproximação direta com o fenômeno estudado com baixa disponibilidade bibliográfica na área da qualidade. Os principais resultados permitem concluir que, após a aplicação dos métodos definidos em literatura, preocupam-se apenas com o status da calibração (atributo). Por isso, houve a necessidade de proposição de um método que, além da avaliação do histórico de calibração e o *status*, também considere a análise do resultado de erros totais dos pontos calibrados, dentro da faixa de tolerância do instrumento.

Palavras-chave: Qualidade, Metrologia, Calibração, Periodicidade.

ABSTRACT

The Metrology on the Quality Engineering has the main objective of proof confidence, accuracy and quality to the measurement and one of its tools to assure this target is the calibration. The calibration of the measurement equipment is an important activity in the manufacturing process once it is essential to assure the product quality and consequently avoiding reworks or scraps. The equipment are subject to external influences as the operator factor, environmental conditions and their own natural drift over time. In this way it is necessary to establish the best calibration interval to keep the manufacturing process reliable. The objective of this work is to propose a methodology to evaluate the equipment calibration interval, through the investigation in equipment selected for this research. To do that it was performed a mapping of the procedures to evaluate the interval and an assessment of the calibration results for the instruments under analysis. The case study was the selected methodological procedure, because it allows a direct approach with the studied phenomenon, and it has low bibliographical availability in the area of quality. The main results permit to conclude that the application of the methods established in the literatures care only about the calibration statuses (attribute). However, there was identified the need to propose a method that beyond the assessment of the calibration history and status consider also the analysis of the total errors found for the calibrated points within the equipment tolerance range.

Keywords: Quality. Metrology. Calibration. Periodicity.

Correspondência/Contato

Faculdade de Engenharia de Minas Gerais

FEAMIG

Rua Gastão Braulio dos Santos, 837

CEP 30510-120

Fone (31) 3372-3703

parametrica@feamig.br

http://www.feamig.br/revista

Editores responsáveis

Wilson José Vieira da Costa

wilsoncosta@feamig.br

Raquel Ferreira de Souza

raquel.ferreira@feamig.br

1 INTRODUÇÃO

A engenharia da qualidade é um conjunto de atividades operacionais de gerenciamento e engenharia usado nas organizações para garantir que as características da qualidade de um produto ou serviço estejam na especificação exigida. Neste ponto, a engenharia da qualidade busca o equilíbrio para viabilizar o processo de produção do bem ou serviço e também atender as expectativas do cliente.

Entre os vários métodos e ferramentas que contribuem para a qualidade do produto, existe o sistema de metrologia. Metrologia é a ciência da medição que permite correlacionar as grandezas funcionais do produto com as especificações já pré-estabelecidas pelo cliente ou pela engenharia. Percebe-se então, que a calibração de instrumentos de medição é uma tarefa importante para os processos nas organizações, buscando sempre a confiabilidade do seu sistema de medição e a redução da variabilidade das operações continuamente.

Por isso, é importante ressaltar que vários fatores podem influenciar na variabilidade das calibrações, como: fatores humanos, condições ambientais, equipamentos, manuseio de objetos e rastreabilidade de medição. E é neste cenário do sistema metrológico que a periodicidade de calibração ganha destaque, pois se não determinada adequadamente, surgirão erros e incertezas nas medições, o que pode ter impacto na funcionalidade do produto ou até mesmo seu refugo, aumento dos custos agregado ao produto final, na qualidade do produto e a diminuição da confiabilidade do cliente final.

Contudo, ocorre que a periodicidade de calibração tem sido estabelecida por métodos informais ou práticos de estimação na maior parte das empresas, talvez até pela ausência da definição de intervalos adequados. O ajuste dos intervalos de calibração e sua revisão se fazem necessários depois que a calibração foi estabelecida como rotina, para aperfeiçoar o equilíbrio de riscos e custos, mas, principalmente, prover confiabilidade, credibilidade, exatidão e qualidade às medidas. O ajuste na calibração dos instrumentos fomenta a produção de itens com qualidade, atuando no processo como condição fundamental para que as empresas atribuam aos seus produtos maior valor agregado e sejam cada vez mais competitivas no mercado.

Nesta pesquisa será abordado o histórico de calibração de instrumentos de uma empresa, com o objetivo de apresentar um possível método para estabelecer a periodicidade de calibração de instrumentos. Presume-se que o método a ser proposto contribuirá para maior confiabilidade dos equipamentos calibrados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Engenharia da Qualidade e a Metrologia

A engenharia da qualidade integra técnicas e métodos aplicados à qualidade e à estratégia para melhoria da produtividade. A Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) (2017) estabelece a engenharia da qualidade como uma das áreas da engenharia da produção e a define como “planejamento, projeto e controle de sistemas de gestão da qualidade que considerem o gerenciamento por processos, a abordagem factual para a tomada de decisão e a utilização de ferramentas da qualidade.”

A engenharia da qualidade dispõe de uma série de ferramentas que permite compilar informações precisas e capazes de retratar um diagnóstico mais eficaz, na prevenção e detecção dos problemas nos processos produtivos ou serviços em análise. Esse aparato auxilia a empresa na tomada de decisão, tende a proporcionar o aumento da produtividade, minimizar as perdas e desperdícios, reduzir refugo e retrabalho, utilizar de forma eficiente os recursos disponíveis, o que, por sua vez, impacta positivamente os resultados da empresa, possibilitando maior competitividade no mercado, com produto final de qualidade.

Nesse contexto, surge a metrologia como uma das ferramentas da engenharia da qualidade que atua como sensor no processo e acaba sendo utilizada para monitorar e controlar as variáveis e atributos do processo ou até mesmo de produtos. A metrologia é a ciência da medição e, segundo VIM (2012, p.23) “abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições, qualquer que seja a incerteza, em quaisquer campos da ciência ou da tecnologia.”.

Atualmente, a metrologia vem ao encontro à qualidade, como ferramenta que auxilia na obtenção produtos e processos com garantia, afinal permite conhecer uma característica de algo que se fala, pois o mede e o expressa em números. Araújo (1995) confirma que a metrologia auxilia “o sistema de garantia da qualidade, dando suporte a todas as avaliações da qualidade dos produtos e dos processos, desde as fases de projeto e desenvolvimento até a fase de rotina de produção.” Essas avaliações ocorrem durante as medições ao longo do processo e até nas etapas de inspeção, sendo necessário criar um sistema de medição.

2.2 Sistema de Medição

Existe uma diferença entre instrumento de medição e sistema de medição. Esta diferenciação das terminologias se faz necessária, já que o foco do trabalho limita-se a instrumentos de medição. Albertazzi; Sousa (2008) defendem o instrumento de medição como “preferido para medidores pequenos, portáteis e encapsulados em uma única unidade” e o sistema de medição como uso genérico para “abranger desde medidores simples e compactos até os grandes e complexos”.

2.3 Processo de Calibração e Normas

Uma das formas utilizadas mais completas para acompanhar o desempenho de um instrumento é pelo procedimento denominado calibração, que é importantíssimo para determinar a confiabilidade da medição, estabelecendo os erros, determinando as incertezas de medição. Mas o que é calibração?

Vim (2012) define calibração como a:

[...] operação que estabelece, sob condições especificadas, numa primeira etapa, 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 a obtenção dum resultado de medição a partir duma indicação. (VIM, 2012 p.27).

Portanto, a calibração é a comparação do resultado de um instrumento de medição a determinada grandeza, com um padrão ou material padrão dentro de um ambiente controlado, a fim de definir seus erros e incertezas.

A calibração permite determinar os erros do instrumento e as correções a serem aplicadas quando necessário, além de detectar outras propriedades metrológicas, como grandezas de influência na medição ou comportamento metrológico dos instrumentos em condições ambientais adversas, por exemplo, temperatura elevada ou muito baixa, umidade relativa do ar etc.

Por se tratar de um processo crítico, condições adequadas devem ser estabelecidas para que a calibração seja realizada com sucesso. Normalmente, adotam-se preocupações que circundam as condições ambientais, equipamentos, mão de obra ou qualquer outra que possa interferir no processo, a fim de que sejam eliminadas ou reduzidas. Nesse sentido, a ISO 10012:2004 estabelece que:

Requisitos metrológicos especificados são derivados de requisitos para o produto. Estes requisitos são necessários tanto para o equipamento de medição quanto para os processos de medição. Requisitos podem ser expressos como erro máximo permissível, incerteza permissível, faixa, estabilidade, resolução, condições ambientais ou habilidades do operador. (ISO 10012:2004, p. 2)

Outro ponto relevante é que, através da calibração, os resultados da medição executada devem estabelecer associação com as respectivas definições no Sistema Internacional de Unidade (SI), padrões nacionais ou internacionais ou credenciados. Esse requisito deve ser adotado para toda e qualquer calibração, pois é uma maneira para garantir a rastreabilidade, assegurando atendimento aos requisitos de desempenho.

As normas ISO 9001:2015 e ISO/IEC 17025: 2005, em ao menos um de seus requisitos, tratam exclusivamente dos recursos de monitoramento e medição, a fim de garantir que o empreendimento que a(s) adote(m) estabeleça e mantenha os recursos adequados, de modo a assegurar que resultados da monitorização e medição sejam válidos e confiáveis ao avaliar a conformidade dos produtos, processos e serviços.

A ISO 9001:2015, que dispõe em sua estrutura de boas práticas para assegurar a qualidade de todos os processos e produtos, trata dos recursos de monitoramento e medição no item 7.1.5; onde o subitem '7.1.5.1 Generalidades' descreve que "a organização deve determinar e prover os recursos necessários para assegurar resultados válidos e confiáveis quando monitoramento ou medição for usado para verificar a conformidade de produtos e serviços com requisitos."

A referida norma também estabelece que, quando a rastreabilidade for um requisito para a organização, o instrumento de medição deve seguir algumas recomendações, como: ser calibrado e/ou verificado, em intervalos especificados ou, antes, do uso, empregando padrões de medição rastreáveis, possuindo identificação quanto a situação de calibração, bem como ser protegido contra ajustes, danos ou deterioração que invalidam o resultado da medição.

A NBR ISO/IEC 17025:2005, é que regulamenta a acreditação de laboratórios de ensaios e de calibração, por meio de requisitos padronizados e reconhecidos internacionalmente. Relevante destacar que essa norma estabelece que todo equipamento utilizado em ensaios e/ou calibrações deve garantir a exatidão pretendida e atender as especificações determinadas, além de ser calibrado.

Há também fatores que influenciam na periodicidade de calibração, dentre eles, destacam-se: tipo de instrumento, recomendação do fabricante, extensão e severidade das condições de utilização, tendência ao desgaste e à instabilidade, frequência de verificação cruzada contra outros equipamentos ou padrões, condições ambientais, onde os mesmos são utilizados, exatidão pretendida, frequência e formalidade da verificação interna das calibrações, consequências de um valor medido erroneamente e da aceitação da medida decorrentes de falhas na calibração do instrumento, entre outros.

2.4 Periodicidade e métodos para ajustar periodicidade de calibração

Periodicidade é o intervalo de tempo, prescrito, ou antes do uso, que os instrumentos de medição são submetidos à confirmação metrológica. O objetivo dessa confirmação é melhorar a estimativa do desvio entre um valor de referência, o valor obtido pelo instrumento de medição e a incerteza nesse desvio. Uma vez confirmada se houve ou não alguma alteração do instrumento de medição que poderia gerar dúvidas sobre os resultados já realizados anteriormente, deve-se evitar que seja utilizado quando estiver fora da faixa aceitável e assim produzir erros no resultado, mas principalmente, manter e assegurar a confiabilidade nas medições realizadas (PORTELA, 2003).

De modo geral, é perceptível que não é fácil estabelecer regras que determinem os intervalos de calibração aplicáveis a todos, mas podem ser adotadas diretrizes sobre como os intervalos de calibração podem ser estabelecidos, considerando alguns fatores como: recomendação do fabricante, extensão e severidade de uso, influência do ambiente, exatidão pretendida pela medição e dados de tendências históricas, obtidos a partir de registros de calibração anteriores (THEISEN, 1997).

Uma vez que a calibração em uma rotina foi estabelecida, o ajuste dos intervalos de calibração e sua revisão se fazem necessários, a fim de aperfeiçoar o equilíbrio de riscos e custos. Além disso, o intervalo inicial determinado pela intuição técnica e um sistema que mantém intervalos fixos sem revisão, não são considerados suficientemente confiáveis, não sendo recomendados.

Com isso, ao longo dos anos, desenvolveram-se alguns métodos que consistem em fórmulas, tabelas e instruções para manter, reduzir ou aumentar a periodicidade de calibração. Existe um gama de métodos disponíveis para revisar os intervalos de calibração, nesta pesquisa serão descritos: Método A1, Método A2, Método A3, Método A, Método de Schumacher e RP-1.

Método A1: a periodicidade das calibrações é ajustada levando em consideração a condição de conformidade do instrumento na calibração e o grau de confiabilidade de medição (PORTELA, 2003). Para o estabelecimento do ajuste, quando o grau de confiabilidade for estabelecido para alcance de aproximadamente 95%, existem duas situações possíveis de conformidade:

- Situação A: Quando o instrumento é calibrado e os desvios apresentados estão dentro da tolerância especificada, o intervalo de calibração aumentará em 10%;
- Situação B: Os desvios apresentados estão fora da tolerância especificada, o intervalo de calibração será reduzido em 55 %.

Método A2: também é definido em função da conformidade do instrumento, porém o seu ajuste leva em consideração o quanto o resultado desviou em relação à tolerância do processo estabelecido (NOVASKI; FRANCO, 2000). O intervalo de calibração é ajustado de acordo com o fator, determinado em função do grau de especificação dos desvios.

Método A3: O novo intervalo de calibração será estabelecido após analisada a condição de conformidade da situação atual mais o das duas últimas calibrações (PORTELA, 2003). Através do estado da conformidade obtido com relação às tolerâncias estabelecidas, o dispositivo é classificado como dentro ou fora em função desses resultados, para tomar as seguintes ações: continuar, aumentar, reduzir ou reduzir drasticamente o período das calibrações, com os percentuais de 50%, 10% e 50%, respectivamente (DUNHAM; MACHADO, 2008).

Método Schumacher: nesse método os instrumentos serão classificados conforme o status de conformidade em que se encontram, levando em consideração o histórico do status, de duas ou três calibrações anteriores, que receberão a indicação conforme as letras: A (equipamento com avaria que impedia o seu funcionamento), F (equipamento funcionava, porém, fora das tolerâncias estabelecidas) e C (instrumento funcionava dentro das tolerâncias estabelecidas) (NOVASKI; FRANCO, 2000).

Posteriormente, com base na condição de recebimento do equipamento e no histórico das calibrações anteriores, uma decisão que deve ser tomada de: D: diminuir o intervalo em 10%, E: aumentar em 20%, P: incerteza na análise, portanto o intervalo não deve ser alterado, M: reduzir ao máximo possível em 35%; segundo Novaski; Franco (2000).

Método RP-1: este método parte do princípio de que se o equipamento apresenta um histórico de conformidade, há uma maior tendência de que esta conformidade mantenha nas calibrações futuras. O novo intervalo será dado por:

$$NI = CI * (W1 * X + W2 * Y + W3 * Z)$$

Fonte: RP-1, 2010

Onde NI = novo intervalo, CI= o atual intervalo de calibração, W1, W2 e W3 os pesos, X = multiplicador referente ao resultado da última calibração, Y = multiplicador referente ao resultado da penúltima calibração e Z = multiplicador referente ao resultado da antepenúltima calibração.

Quadro 1 - Valores dos multiplicadores X, Y e Z – Método RP – 1

Resultado da Calibração	Valor Atribuído
Dentro da Tolerância	1
Fora da tolerância, não excedendo 1x a faixa	0,8
Fora da tolerância, não excedendo 2x a faixa	0,6
Fora da tolerância, não excedendo 4x a faixa	0,4
Fora da tolerância, excedendo 1x a faixa	0,3

Fonte: RP - 1: Establishment and Adjustment of Calibration Intervals, 2010

Para os multiplicadores X, Y e Z, o valor atribuído deve atender ao disposto no quadro 1. Os pesos atribuídos correspondem a 0.8, 0.3 e 0.2, respectivamente para W1, W2 e W3.

3 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos do presente estudo são de natureza quali-quantitativa e, quanto aos seus fins, a pesquisa se classifica como exploratória, cuja aplicação tem por finalidade a elaboração de instrumentos adequados à realidade estudada.

O universo da pesquisa está diretamente relacionado ao histórico de calibração dos instrumentos de medição, envolvidos no processo de produção e sistema elétrico na empresa AA.

As amostras estudadas foram determinadas como sendo as três últimas calibrações dos instrumentos apresentados na figura 01. Portanto, o universo da pesquisa contemplará 18 registros de calibrações de três instrumentos de medição escolhidos para o

desenvolvimento da pesquisa e a amostra restrita a nove registros de calibrações destes instrumentos.

Figura 1 - Imagem dos instrumentos analisados (*shunt*, traçador de altura e manovacuômetro)



Fonte: arquivo da empresa, 2017.

A coleta de dados foi feita via análise documental, por meio dos registros de calibração fornecidos pela empresa, no período de 2013 a 2017; além da aplicação de questionário a dois funcionários do setor de metrologia da empresa pesquisada.

Para compilação dos resultados foi usado o editor de planilhas Excel, voltado para elaboração de tabelas e gráficos, que permitiu comparar os dados históricos e os resultados obtidos com a aplicação dos métodos propostos por Novaski; Franco (2000), Portela (2013) e a norma RP-1.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Mapeamento do processo de avaliação de periodicidade de calibração de instrumentos

Ao identificar a necessidade de medição em alguma etapa do processo produtivo, a inspeção final de um produto é definida com auxílio de especificações técnicas, análise crítica de processo, projetos, normas nacionais e internacionais, escolha do que será medido e qual instrumento se adapta melhor na especificação. Posteriormente, é providenciada a aquisição do instrumento de medição. Após passar pela inspeção de recebimento, o instrumento é enviado para a Metrologia que, junto com a Engenharia, define se o instrumento requer ou não calibração.

Se o instrumento recebido não demanda calibração é liberado para uso. Entretanto, se o instrumento necessita de calibração, serão definidos, com auxílio do manual do fabricante, normas nacionais e internacionais, especificação do cliente ou experiência do técnico, os parâmetros metrológicos para o instrumento: faixa a ser calibrada, periodicidade, exatidão requerida e pontos a calibrar. Todos estes dados deverão constar na ficha individual de instrumento e enviado para a área de metrologia.

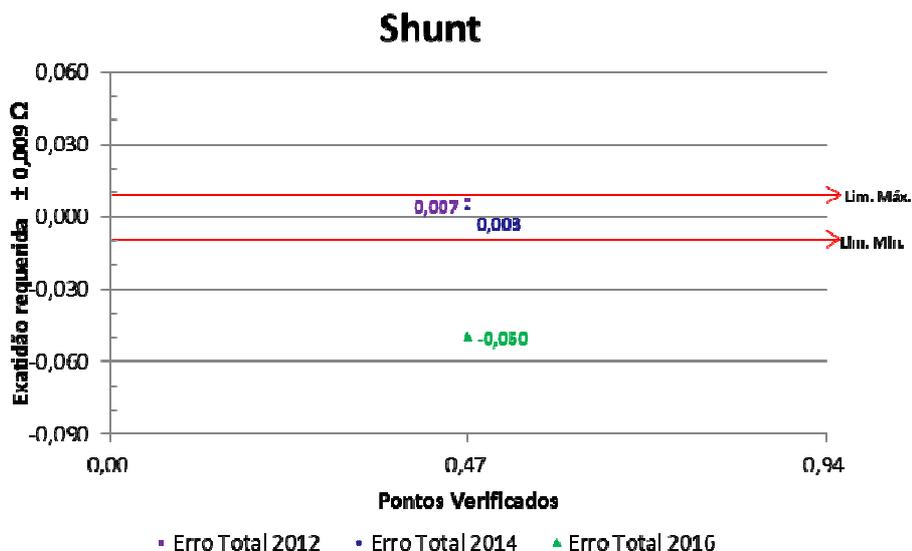
De posse de todos os parâmetros metrológicos, o instrumento deve ser calibrado internamente ou externamente. Qualquer que seja a calibração adotada, interna ou externa, será gerado o laudo de calibração com todos os erros e incertezas de medição, que serão analisados pela área de metrologia.

Caso os resultados do laudo não sejam satisfatórios, deve-se definir o motivo da não conformidade do instrumento e tentar sanar toda causa do problema. Persistindo os erros, o instrumento deverá ser devolvido ao fabricante. Porém, se os resultados forem satisfatórios, finalizam-se os registros aplicáveis e correlatos, o instrumento é cadastrado no sistema e identifica-se o status da calibração, os selos de proteção e integridade. Finalizada todas essas ações, o instrumento é disponibilizado para uso. Depois de ingressado no processo e no sistema, o instrumento passará por calibrações em intervalos constantes e determinados anteriormente.

4.2 Identificação do histórico de calibração dos instrumentos em estudo

O critério de aceitação de um dado instrumento utilizado no processo é determinado em função do erro total dos pontos calibrados que permanecem dentro do intervalo da exatidão requerida no processo em que está inserido. Diante disso, apresenta-se o histórico das três últimas calibrações dos instrumentos: *Shunt*, Traçador de Altura e manovacuômetro.

Gráfico 1 - Erro total *Shunt*

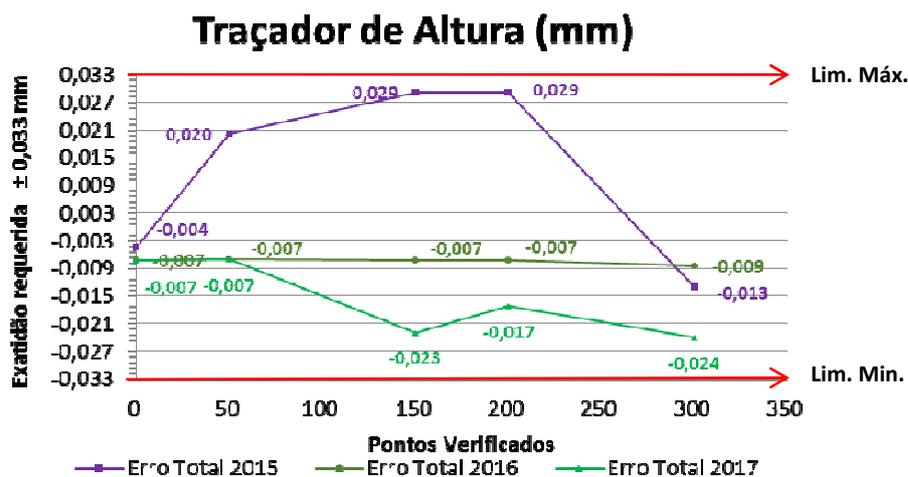


Fonte: elaborado pelos pesquisadores (2017), a partir da tabulação dos dados.

Verifica-se pelo gráfico 1 que os valores de erro total nos anos de 2012 e 2014 encontram-se dentro da exatidão requerida, portanto, aprovado, porém no ano de 2016, o instrumento foi reprovado, com o resultado de -0,050 Ω.

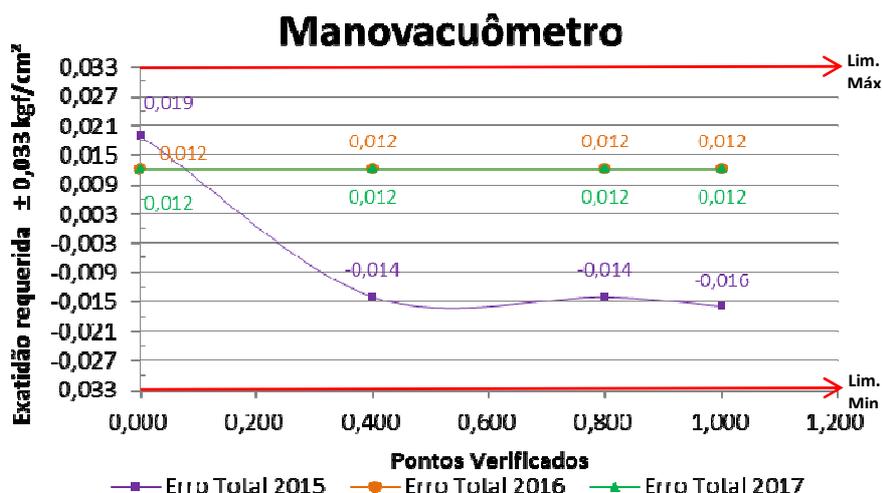
No gráfico 2, referente ao traçador de altura, há uma dispersão significativa no valor do erro nos pontos verificados no ano de 2015: dois pontos calibrados apresentaram 87,9% de erro em cada ponto calibrado sob a faixa de exatidão.

Gráfico 2 - Erro total do Traçador de Altura



Fonte: elaborado pelos pesquisadores (2017), a partir da tabulação dos dados.

Gráfico 3 - Erro total do Manovacuômetro



Fonte: elaborado pelos pesquisadores (2017), a partir da tabulação dos dados

Já no gráfico 3, do instrumento manovacuômetro, nos três históricos de calibração, os valores mantiveram dentro da exatidão requerida, com uma pequena variação nos resultados no ano de 2015.

4.3 Proposição de metodologia para avaliação da periodicidade de calibração dos instrumentos

Para a elaboração de uma proposta que determine o melhor período de calibração nos instrumentos, foi realizado o levantamento do período atual de intervalo de calibração e seu histórico das últimas três calibrações, apresentados no quadro 2:

Quadro 2 – Histórico de calibração dos instrumentos

Instrumento	Período atual	Status do instrumento calibrado		
		Antepenúltima	Penúltima	Última
Shunt	730	Aprovado	Aprovado	Reprovado
Traçador de Altura	365	Aprovado	Aprovado	Aprovado
Manovacuômetro	365	Aprovado	Aprovado	Aprovado

Fonte: elaborado pelos pesquisadores, 2018.

Aplicando os métodos sugeridos pela literatura e apresentados anteriormente, os novos períodos que deveriam ser adotados para os instrumentos encontram-se no quadro 3:

Quadro 3 – Novo intervalo de calibração segundo os métodos da literatura

Instrumento	Período atual	Método A1	Método A2	Método A3	Método Schumacher	Método RP-1
Shunt	730	329	579	730	657	540

Traçador de Altura	365	402	372	548	438	475
Manovacuômetro	365	402	372	548	438	475

Fonte: elaborado pelos pesquisadores, 2018.

É possível notar que, na maior parte dos métodos, o *shunt* teve seu período de calibração reduzido por ter apresentado uma calibração reprovada. Para os demais instrumentos, um novo período foi determinado, com um intervalo maior do estabelecido anteriormente, uma vez que não foi identificada nenhuma variação fora do limite de tolerância em suas calibrações. Porém, nenhum dos métodos considera o quão próximo está o resultado do limite da faixa de tolerância e nem mesmo o quanto essa variação ocorre ao longo do tempo.

Ignorar a proximidade do resultado em relação ao limite da faixa especificada pode comprometer os resultados que o instrumento trará ao ser utilizado até a próxima calibração. Tal decisão no processo poderá apresentar erros na medição que tendem a desencadear impactos significativos no refugo de peças e produtos. Porém, em uma análise imediata e superficial, este erro no processo não seria atribuído ao instrumento de imediato, a menos que o processo apresentasse controles eficazes após a utilização do instrumento.

Por isso, sugere-se a adoção do método que, além da avaliação do status históricos de aprovado ou reprovado das três últimas calibrações, também considere a análise do resultado dentro da faixa de tolerância do instrumento nesse mesmo histórico. Assim, sugere-se que o novo intervalo de calibração seja estabelecido após análise da conformidade da situação atual e das duas últimas calibrações e os seus respectivos erros totais. Para os percentuais indicativos de aumento ou redução do período de calibração, mantiveram-se os sinalizados na metodologia de Schumacher. Sendo que, se o instrumento apresentar as três últimas calibrações o status de aprovado (identificado como A), devem ser feitas as seguintes análises:

- Se os resultados dos pontos calibrados estiverem até 75% dentro da faixa de tolerância, o intervalo de calibração deve aumentar 20%;
- Se os resultados dos pontos calibrados estiverem entre 75 -100 % dentro da faixa de tolerância, o intervalo de calibração deverá ser mantido.

Porém, se o instrumento apresentar um ou mais status de reprovado (identificado como R), em quaisquer das três últimas calibrações, a análise deve ser feita sob os seguintes pontos:

- Se os resultados dos pontos calibrados apresentarem desvios fora da especificação, com valores menores que duas vezes a especificação, deve-se diminuir o intervalo entre as calibrações em 10%;
- Se os resultados dos pontos calibrados apresentarem desvios fora das especificações, com valores maiores que duas vezes a especificação, deve-se reduzir o intervalo entre as calibrações em 35%.

Assim, com base na avaliação dos resultados, sugere-se que o manovacuômetro adote o intervalo de calibração de 438 dias, uma vez que seu status nas três últimas calibrações apresenta-se como aprovado e todos os pontos calibrados apresentam o erro total dentro de 75% da faixa de tolerância.

Já para o instrumento traçador de altura, o intervalo de calibração seria mantido pois, mesmo com o status de aprovado nas três últimas calibrações, o erro total de ao menos um ponto calibrado, quando analisado individualmente, apresenta-se entre 75 – 100% da faixa de tolerância.

O *shunt* teve seu período reduzido em 35%, uma vez que possui um status de reprovado dentre as três últimas calibrações consideradas e o erro total referente a essa reprovação está maior que duas vezes da faixa de tolerância.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a garantia da confiabilidade das medições, é imprescindível o processo de calibração que, dentre outros fatores que o compõem, está o intervalo de calibração dos instrumentos. Este fator é estratégico para organização, visto que decisões importantes são tomadas, em função dos resultados das medições realizadas. Devido à sua importância, o intervalo de calibração deve ser bem definido e revisado, preferencialmente, segundo os métodos bem embasados e sempre adequando a necessidade do processo.

Após a aplicação dos métodos definidos na literatura revisada e aplicados nesta pesquisa, foi possível verificar que esses se preocupam apenas com o status da calibração, ou seja, leva-se como informação para a tomada de decisão apenas o status de aprovado ou reprovado do instrumento. Por isso, houve a necessidade de proposição de um método que, além da avaliação do histórico de calibração e o status, também considerasse a análise do resultado de erros totais dos pontos calibrados, dentro da faixa de tolerância do instrumento nesse mesmo histórico.

O intervalo de calibração quando bem determinado estimula a prática da melhoria contínua, pois tende a contribuir para a redução da taxa de refugo ou retrabalho de produtos, desprender menores gastos com a manutenção corretiva dos instrumentos de medição, aumentar a disponibilidade do instrumento na fábrica, dentre outros. Vale destacar que a tomada de decisão quanto à adoção do intervalo de calibração do instrumento deve sempre priorizar manter o nível de confiabilidade dos resultados sob a margem de segurança e com a menor variabilidade possível de erro e incerteza.

Logo, os resultados da pesquisa puderam apresentar, a partir da análise dos dados de uma empresa específica, uma nova proposta do método para avaliação do intervalo de calibração, com a limitação de atender às necessidades específicas da empresa selecionada para o estudo.

Como proposta para pesquisas futuras, propõe-se uma análise semelhante à realizada nesta pesquisa, a saber: a de indagação da periodicidade de calibração de instrumentos em processos onde os serviços metrológicos podem causar impactos significativos na produtividade.

REFERÊNCIAS

ALBERTAZZI, Armando G. Jr.; SOUSA, André R. **Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial**. 1^o ed. São Paulo: Ed. Manole, 2008.

Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO. **Áreas da engenharia de produção**. 2017. Disponível em:< <https://www.abepro.org.br/interna.asp?c=362>>. Acesso em: 09nov2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO/IEC 17025:2005**: Requisitos Gerais para a Competência de Laboratórios de calibração e Ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 9001:2015** - Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos. 2^a. Edição, Rio de Janeiro, 2015.

ARAÚJO, Elinaldo B. de. **A organização da função Garantia da Qualidade e o papel da Metrologia**. Florianópolis: UFSC, 1995. Dissertação de Mestrado.

DUNHAM, Paulo Cezar C. L.; MACHADO, Marcio. **Método de alteração de intervalos entre calibrações**. São Paulo: Rede Metrológica de São Paulo - ENQUALAB-2008, 2008.

NATIONAL CONFERENCE OF STANDARDS LABORATORIES –NCSL. **Recommended Practice – 1 - RP-1**: Establishment and Adjustment of Calibration Intervals. Colorado, 2010.

NOVASKI, Olívio; FRANCO, Samuel Mendes. **Comparação entre métodos para estabelecimento e ajuste de intervalos de calibração**. Sociedade Brasileira de Metrologia. Metrologia 2000 – São Paulo.

PORTELA, Willian. **Ajuste da Frequência de Calibração de Instrumentos de Processo – Foco na Indústria Farmacêutica**. In Metrologia, v I. Recife: Metrologia para a Vida, 2003.

THEISEN, Álvaro Medeiros de Farias. **Fundamentos da metrologia industrial: aplicação no processo de certificação ISO 9000**. Porto Alegre: Suliani, 1997, 205p.

VIM. **Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados - VIM 2012**. 1^a. ed. - Rio de Janeiro: Ed. INMETRO, 2012.