

# Aperto controlado

Just take control



By EGA Master

Um mundo que se desenvolve exponencialmente rápido, gera crescentes necessidades de segurança e aplicações de tecnologia avançada.

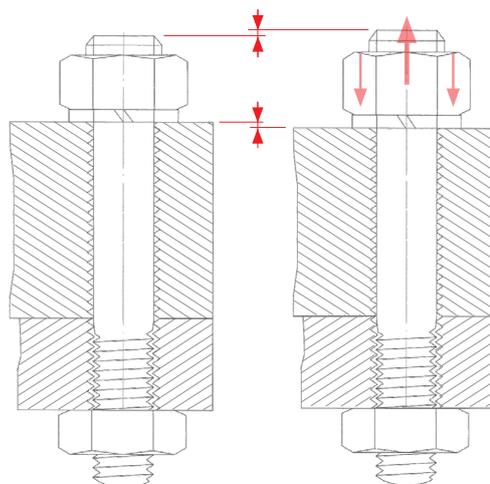
**Por esse motivo, a EGA Master desenvolveu uma gama de ferramentas de aperto controlado para proporcionar soluções a algumas destas necessidades.**

As chaves dinamométricas, registam o binário de aperto original do elemento de fixação, através de um sistema inovador que regista o binário ao mesmo tempo que a porca inicia a rotação, devido ao sensor de rotação angular (registando o binário de aperto assim que deteta uma rotação de 3 graus).



# Glossário

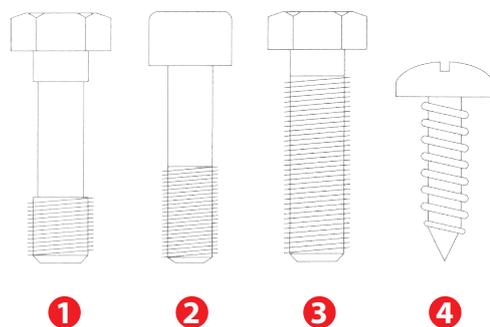
**Ligação roscada:** união de peças através de elementos roscados.



União **não-apertada**

União **apertada**

**Rosca:** aresta helicoidal de um parafuso (rosca exterior) ou porca (rosca interior), de secção triangular, quadrada ou sem corte, formada sobre um núcleo cilíndrico, cujo diâmetro e passo são normalizados. As rosca caracterizam-se pelo seu perfil e passo, além do seu diâmetro.

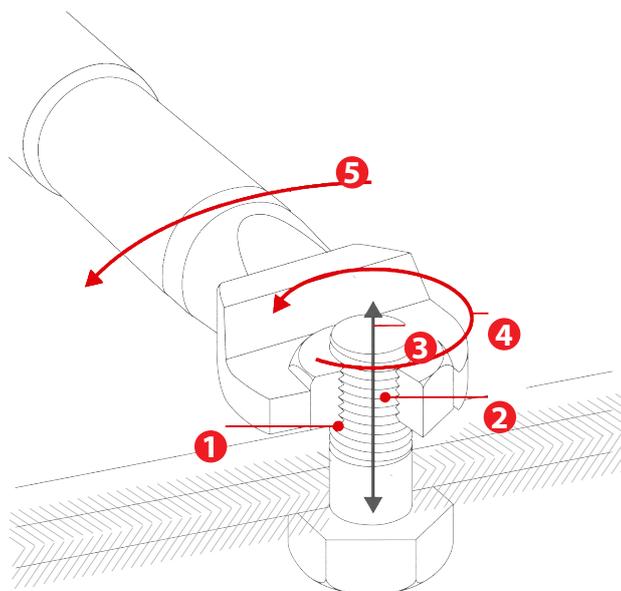


1. Parafuso **de tensão**
2. Parafuso **cabeça Allen**
3. Parafuso **cabeça hexagonal**
4. Parafuso **auto-roscante**

**Aperto do elemento roscado:** fixação por meio da aplicação de tensão através de elementos roscados.

**Tensão de aperto axial:** Tensão gerada no elemento roscado longitudinal ao realizar o aperto. É medido em Unidades de Força por Área (Kg/mm<sup>2</sup>, N/mm<sup>2</sup>, lb/ft<sup>2</sup>...) 2

# Glossário



1. Fricção junto à cabeça do parafuso
2. Fricção na rosca
3. Força de sujeição
4. Soma de todos os binários
5. Força do aperto

**Binário ou momento:** Par de forças é um sistema formado por duas forças paralelas uma à outra, com a mesma intensidade ou módulo, mas de sentidos opostos.

Ao aplicar um **par de forças** a um corpo é produzida uma rotação ou torção. A magnitude da rotação depende do valor das forças que compõem o par e da distância entre ambas, chamado **braço de binário**.

**Um par de forças é caracterizado pelo seu momento. O momento de um par de forças,  $M$ , é uma magnitude vetorial que tem por módulo o produto de qualquer uma das forças pela distância (perpendicular) entre elas,  $d$ . Isto é;  $M=F_1d=F_2d$**

**Binário de aperto:** Binário aplicado a elementos roscados no aperto. É medido em unidades de força por Distância (Nm, Kgm, lb-ft, lb-polegada, ...).

**Ângulo de aperto:** Ângulo no qual o elemento roscado é rodado para obter o aperto desejado (geralmente após um prévio aperto por binário). É medido em graus.

# N.m

## Newton metro

A unidade de medida mais comum para a medição de um binário de aperto é o newton metro. Esta faz parte do sistema internacional de unidades (SI).

Um newton metro corresponde a um joule de energia e o ponto é atingido quando um newton é aplicado a uma distância de um metro.

# ft.lb

## Libra-força pé

É a unidade Anglo-Americana na medição de binários de aperto ou momento. Originalmente, era denominada por lbf-ft. Mas foi alterada para evitar confusão com a unidade de energia que tem o mesmo nome.

Uma unidade de libra-força pé corresponde aproximadamente a 1.356 joules – que é a energia necessária para mover uma libra a um pé.

# in.lb

## Libra-força polegada

Também é uma unidade de medição Anglo-Americana. Uma unidade de in-lb corresponde a 0.11298483 joules, que é a energia necessária para mover uma libra a uma polegada (2.54cm).



# 1

## FUNÇÃO DO APERTO

**O aparafusamento ou a união por elementos roscados tem como função unir firmemente elementos estruturais, transmitir forças motrizes ou de travamento, ou selar aberturas na contenção de líquidos e gases.** Representa um dos procedimentos mais comuns numa instalação ou montagem de peças.

O elemento fundamental é o parafuso, que pode ser descrito como um perno roscado equipado com uma cabeça que serve para apertar e fixar. Também existem outros elementos roscados para a união (pernos, porcas...)



# 2

## PORQUE É IMPORTANTE O SEU CONTROLO?

Para garantir a fixação adequada dos elementos durante o tempo de serviço exigido por cada aplicação, os elementos roscados devem ser cuidadosamente dimensionados, uma vez que devem suportar elevadas forças de sujeição, tensões estáticas e dinâmicas.

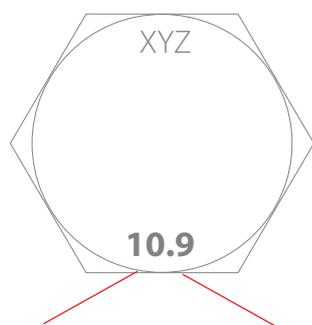
O objetivo é que as peças unidas se comportem como se fossem uma única peça, sem movimentos relativos.

Para tal, deve ser aplicada uma força de tensão adequada aos elementos de fixação, que é alcançada quando os parafusos são apertados.

**Uma correta seleção dos elementos de aperto inclui não só as dimensões, mas também as características da sua resistência mecânica. O código de classificação de resistência mecânica inclui 2 elementos.**

O primeiro dos números indica a resistência à tração (multiplicado por 100, dá-nos o resultado em N/mm<sup>2</sup>); o segundo número indica o limite de elasticidade (multiplicado pelo primeiro número e por 10, dá-nos o resultado em N/mm<sup>2</sup>).

No exemplo abaixo, a resistência à tração seria de 1000N/mm<sup>2</sup> (10x100) e o limite elástico seria de 900N/mm<sup>2</sup> (9x10x10).



**Resistência à tração**  
1º número x 100 N/mm<sup>2</sup>  
10 x 100 N/mm<sup>2</sup>  
**1000 N/mm<sup>2</sup>**

**Limite de elasticidade**  
1º número x 2º número x 10 N/mm<sup>2</sup>  
10 x 9 x 10 N/mm<sup>2</sup>  
**900 N/mm<sup>2</sup>**

---

**A vida útil, o  
desempenho, os  
custos operacionais  
e a segurança são  
afetados pelo não  
aperto na tensão  
axial adequada.**

A vida útil, o desempenho, os custos operacionais e a segurança são afetados pelo não aperto na tensão axial adequada.

# 3

## FÍSICA DO APERTO

**Na fixação de elementos roscados, independentemente do método utilizado, a finalidade é a obtenção de uma força de sujeição que mantenha os componentes fixos. O parafuso funciona como uma mola que gera tensão e que está em equilíbrio com as peças montadas, comprimindo-as.**

A rigidez da união roscada é determinada pela força que os parafusos exercem na direção axial das peças que fixa. Esta força caracteriza-se pela tensão gerada no eixo roscado (perno, parafuso) quando apertado.

A força ideal para cada união é determinada pela função que esta deve desempenhar, de modo que o dimensionamento, a dureza e a resistência dos parafusos dependem da mesma.

Embora a magnitude que deve ser controlada seja a tensão axial do parafuso, torna-se muito difícil e dispendioso de medir. Por conseguinte, existem vários métodos de aperto controlado, dependendo da criticidade da medição, da capacidade de investimento e do tempo disponível para a operação.

---

**Existem vários métodos de aperto controlado, dependendo da criticidade da medição, da capacidade de investimento e do tempo disponível para a operação**

# 4

## MÉTODOS DE APERTO CONTROLADO

Estes são os métodos de controlo de aperto que existem:

MÉTODO DE APERTO	DESCRIÇÃO	VANTAGENS E DESVANTAGENS
CONTROLO DE BINÁRIO	<ul style="list-style-type: none"><li>- É o método mais utilizado</li><li>- O controlo é efetuado através do binário aplicado</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- É um método de fácil aplicação, rápido e de custo razoável</li><li>- Como o comprimento do parafuso não afeta o binário, a normalização é simples</li><li>- A dispersão da tensão axial aplicada é elevada e não se consegue a máxima eficiência do parafuso</li></ul>
ÂNGULO DE ROTAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"><li>- O aperto é controlado através do ângulo</li><li>- O parafuso é apertado num ângulo específico a partir de um binário de referência inicial</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- É possível chegar ao ponto de deformação plástica do parafuso, pelo que a dispersão da tensão é pequena e consegue boa eficiência de aperto.</li><li>- Como o limite elástico é ultrapassado, existem limitações para aplicar cargas adicionais ou reapertos</li><li>- É difícil calcular o ângulo necessário</li></ul>
GRADIENTE DE BINÁRIO	<ul style="list-style-type: none"><li>- Utiliza a propriedade que quando se excede o limite elástico, a deformação cresce rapidamente. Os ângulos e binários de aperto são detetados através de sensores elétricos, o limite elástico é calculado por computador, e o aperto é realizado próximo do mesmo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Diminuição da dispersão de tensão axial e elevada eficiência de aperto</li><li>- O equipamento é muito dispendioso</li><li>- Não é viável em trabalhos exteriores</li></ul>
MEDIÇÃO DE ALONGAMENTO	<ul style="list-style-type: none"><li>- É medido o alongamento do parafuso gerado pelo aperto.</li><li>- Pode ser realizada com um micrómetro ou por ultrassom.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- A dispersão é muito baixa, pelo que a precisão do aperto no limite elástico é possível</li><li>- A eficiência de aperto é elevada</li><li>- Podem ser aplicadas cargas adicionais ou reapertos</li><li>- O custo em equipamentos e tempo é elevado</li><li>- Não é viável em operações de elevado aperto</li></ul>
POR CARGA	<ul style="list-style-type: none"><li>- O parafuso é esticado até à tensão definida</li><li>- É a carga aplicada que controla o aperto</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- A tensão axial é controlada diretamente</li><li>- Não é gerado binário de aperto no parafuso</li><li>- Tanto o equipamento de carga como os parafusos são especiais</li><li>- Elevado custo de ambos</li></ul>
POR AQUECIMENTO	<ul style="list-style-type: none"><li>- O parafuso é aquecido e alongado</li><li>- O aperto é controlado pela temperatura</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Não é necessário espaço ou força para o aperto</li><li>- Nenhuma relação entre a temperatura e tensão axial</li><li>- Difícil o controlo na regulação da temperatura</li><li>- Requer medidas de prevenção para o manuseamento de peças quentes</li></ul>

# 5

## APERTO ATRAVÉS DE BINÁRIO

O aperto através de binário é um método indireto de aproximação ao limite de tensão, pelo que não é assegurada uma fixação ótima. No entanto, a sua facilidade, rapidez e custo reduzido fazem deste o método mais utilizado no controlo de ligações roscadas.

A relação entre o binário aplicado e a tensão axial alcançada é afetada por inúmeros fatores, tais como:

1. Materiais
2. Fricção entre as superfícies de união
3. Rosca
4. Dimensões
5. Temperatura
6. Lubrificação

A precisão do binário aplicado depende de:

1. A precisão da chave dinamométrica utilizada
2. O sistema pelo qual a chave indica que o binário foi atingido
3. A experiência e habilidade do operador

**Hoje em dia, a maioria das indústrias presta muita atenção à precisão e calibração das chaves, mas ignora o fator humano e o próprio sistema da chave.**

No entanto, os fatores que provocam o maior erro no binário aplicado são os dois últimos, uma vez que a precisão das chaves costuma ser de 2-6% de margem de erro, enquanto a habilidade do operador e o sistema de acionamento podem exceder 10-15% de erro.

Por conseguinte, e para conseguir um aperto tão próximo do pretendido, é essencial a adequada formação dos operadores, bem como a seleção dos sistemas de chaves que facilitem a eficaz aplicação do binário correto.

---

**A sua facilidade,  
rapidez e custo  
reduzido fazem  
deste o método mais  
utilizado no controlo  
de ligações roscadas**

## 5.1 Chaves de disparo mecânico ou clique

Estas chaves, ao atingirem o binário selecionado, soltam a cabeça de acionamento e com um clique, indicando ao operador que deve parar de apertar. Como o operador desconhece o momento exato em que o binário será atingido, além que o clique é bastante breve, é difícil para o operador não exceder o binário aplicado, mesmo sendo experiente.



## 5.2 Chaves mecânicas de deslizamento

Uma vez atingido o binário fixo, o sistema liberta a chave do punho onde a tensão é aplicada e portanto, evita o excesso de aperto. As desvantagens são o custo e a robustez do sistema mecânico. Com este sistema, apenas são fabricadas chaves com baixos binários.

## 5.3 Chaves digitais

A chave indica o binário que o utilizador está a aplicar, e indica através de luzes e sinais sonoros a aproximação ao binário selecionado, deste modo o utilizador tem a informação de quando deverá deixar de exercer força de aperto. Também permite o registo de dados históricos para verificação, emissão de certificados, etc.

Em qualquer uma das versões, existem diferentes opções:

**Chaves pré-programadas:** As chaves têm um binário de aperto pré-definido, que o utilizador não pode modificar. É útil em aplicações onde é utilizado sempre o mesmo binário, uma vez que a possibilidade de erro humano na seleção do binário correto é eliminada.

**De cabeças intercambiáveis:** Permite a troca de cabeças entre chaves de roquete, chaves de boca ou luneta, dependendo da aplicação a realizar. Nas operações em que o acesso é complicado ou onde o aperto muda frequentemente, é a solução mais flexível e versátil.



# 6

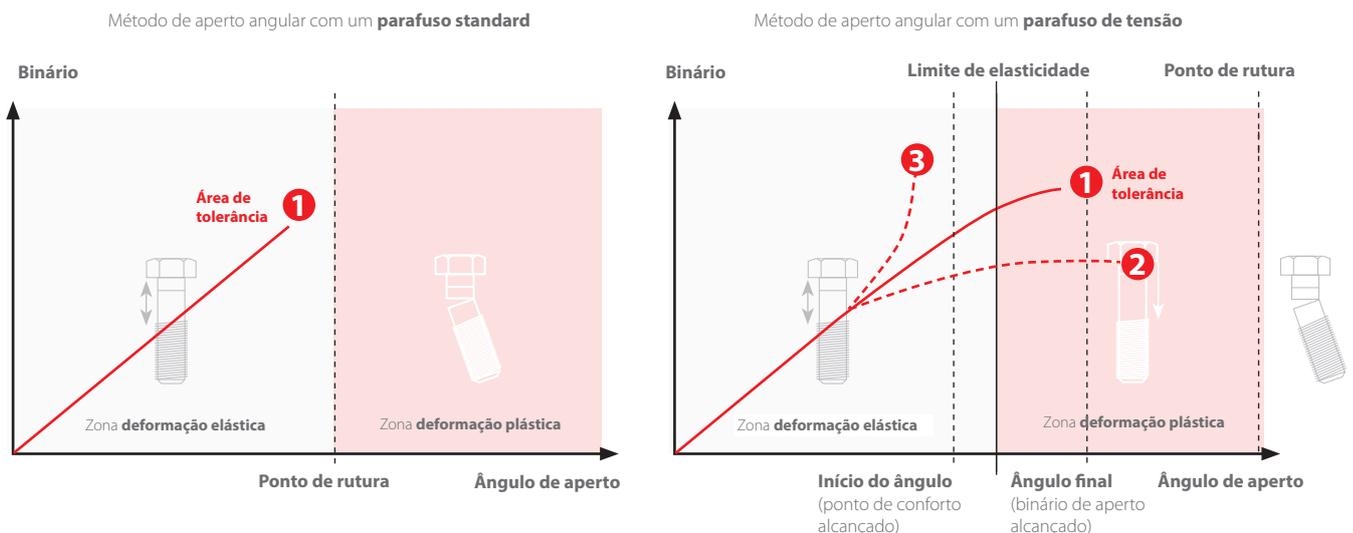
## APERTO POR ÂNGULO

O binário de aperto não está diretamente relacionado com a tensão axial do parafuso. O binário depende da fricção entre a porca/cabeça do parafuso e as superfícies de ligação, pelo que o mesmo binário vai exercer uma tensão diferente no eixo roscado, dependendo das dimensões, material, temperatura e lubrificação da porca, cabeça de parafuso e superfície de suporte.

Neste método é aplicado um binário torsional preliminar denominado de pré-binário. Um determinado ângulo é então aplicado. Estes valores de pré-binário e ângulo devem ser especificados e são únicos para cada montagem, embora o ângulo especificado seja geralmente 90º, e a sua tolerância pode variar de  $\pm 5^\circ$  a  $\pm 15^\circ$  dependendo do tipo de montagem e dos meios disponíveis para a realizar.

Com este método, normalmente o parafuso alonga um pouco mais do que o limite elástico, chegando à área plástica, ou seja, à deformação permanente.

**Com este método,  
normalmente o  
parafuso alonga um  
pouco mais do que o  
limite elástico**

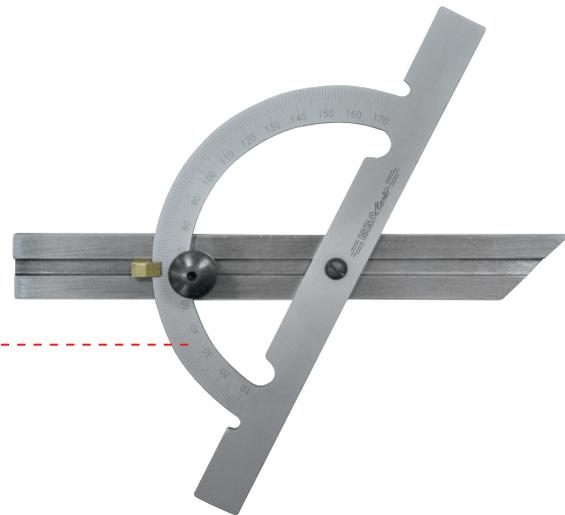


**Uma deformação é considerada permanente quando, de acordo com a norma ISO 868, esta deformação ou alongamento acrescenta 0,2% ao comprimento original do parafuso.** Este método pode ser aplicado a qualquer montagem em que o parafuso seja o elemento mais fraco do sistema de fixação e geralmente é utilizado em

fixações de segurança. Neste método, a força de sujeição, tende a ser constante e geralmente independente da fricção e dispersão do binário torsional. Um ponto a ter em consideração é que normalmente os parafusos utilizados recorrendo a este método, quando desmontados não podem ser reutilizados, ou seja, têm de ser descartados.

## 6.1 Medição angular por goniómetro

Uma vez aplicado o **pré-binário**, o ângulo a aplicar é medido com um goniómetro, é efetuada uma marcação, e a porca é apertada no ângulo indicado.



## 6.2 Medição angular digital

Existem chaves dinamométricas digitais que permitem aplicar o **pré-binário** (binário), assim como, a aplicação imediata no ângulo correspondente. Primeiro alerta-nos do momento em que é alcançado o valor de pré-binário, e depois indica o momento em que é obtido o ângulo desejado. É provavelmente o meio mais rápido e preciso para um aperto de binário angular a um custo acessível.



# 7

## Verificação do binário de aperto

Existem diferentes variáveis que podem fazer com que o aperto não seja realizado corretamente:

1. **Erro humano: esquecer-se de apertar** uma ou várias porcas consecutivas.
2. **Erro humano: Selecionar o binário inadequado** ou confundir-se com a escala.
3. **Chave mal calibrada**

Por esse motivo, nos processos em que é exigido um elevado número de apertos, e/ou por muitas pessoas, é geralmente aconselhável efetuar um controlo estatístico dos apertos efetuados, a fim de garantir que os apertos foram efetuados corretamente.

O método consiste na aplicação de um binário a uma porca já apertada até que esta se movimente, sendo registado o binário para o qual a porca se moveu.

O procedimento é complexo e a sua precisão reduzida, porque existem inúmeras condições que distorcem a medição.

1. **A destreza e sensibilidade do utilizador** na deteção de quando a porca se move.
2. **Qualquer porca apertada com um binário X, exigirá um binário X+Y para se mover** (não só pelo binário estático do aperto anterior, como também iremos exercer uma força dinâmica para mover a porca, excedendo o binário inicial).

Tudo isto faz dos métodos de controlo existentes uma solução fiável para saber se a porca foi apertada a um binário próximo do requerido... mas não para obter uma informação precisa do binário a que foi apertada. Basicamente, serve

**O método consiste na aplicação de um binário a uma porca já apertada até que esta se movimente, e sendo registado o binário para o qual a porca se moveu**

---

para identificar se o operador tinha apertado a porca a valores próximos do que deveria, ou não.

Pode ser realizado aplicando um binário de sobre aperto, ou um binário de desaperto:

### 7.1 Dinamométricas de mostrador

O utilizador aperta (ou desaperta) a porca, verificando o binário que é identificado no mostrador. Quando o utilizador verifica que a porca se está a mover, deixa de aplicar binário. O ponteiro irá apresentar o binário máximo que o utilizador aplicou antes de parar. O binário indicado vai-nos informar se o binário original estava perto do planeado.

### 7.2 Dinamométricas digitais de controlo de binário

Assim como as de mostrador, o utilizador aperta (ou desaperta) a porca, até que esta se mova. A chave deteta o movimento (3°) e regista o binário que estava a ser aplicado quando ocorreu o movimento. É um procedimento mais preciso do que o mostrador, uma vez que é eliminado o fator humano. Também têm a função seguimento (track) do binário aplicado, bem como a função de identificação do valor pico (peak). Dispõe de 4 unidades de medição.



---

**É aconselhável  
efetuar um controlo  
estatístico dos  
apertos efetuados,  
a fim de garantir  
que os apertos  
foram efetuados  
corretamente**

# 8

## CALIBRAÇÃO E CORREÇÃO DE ERROS

**Calibração é o processo de comparação entre os valores obtidos por uma chave dinamométrica com a correspondente medida de referência ou padrão.**

De acordo com o Laboratório Internacional de Pesos e Medidas (BIPM), a calibração é “uma operação que, em condições específicas, estabelece, numa primeira fase, uma relação entre valores e incertezas de medição fornecidas por normas e indicações correspondentes com as incertezas de medida associada, numa segunda etapa, utiliza esta informação para estabelecer uma relação para obtenção de um resultado de medição a partir de uma indicação”.

A partir desta definição, pode-se deduzir que para calibrar um instrumento ou padrão, o utilizador necessita de ter um instrumento de maior precisão (referência-padrão) que proporcione o valor verificável, que será utilizado para comparar com a indicação do instrumento que está a ser submetido à calibração.

A calibração serve para medir a diferença entre a medição identificada pelo instrumento de medição, e a medição real. Um certificado de calibração é o documento que nos indica (garante ou certifica) as diferenças entre a medição e a realidade.

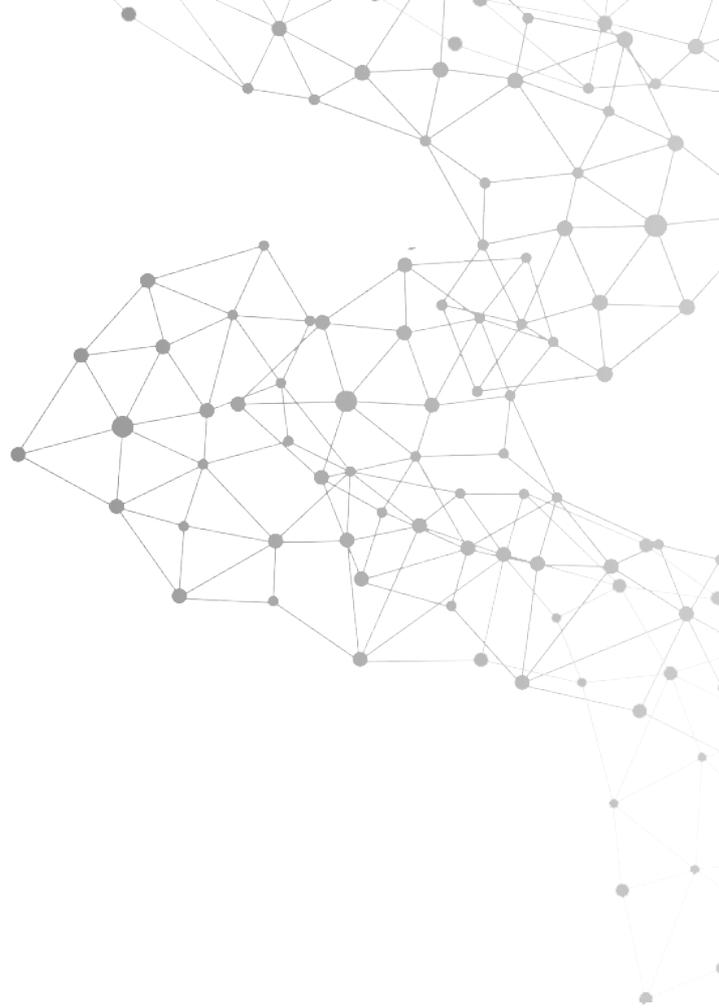
Corrigir o erro é para ajustar o instrumento de modo a que as diferenças entre a medição e a realidade sejam inferiores a uma determinada percentagem (normalmente, a percentagem de erro original).

As principais razões que podem causar a necessidade de calibração dos instrumentos de medição são:

- Expirou um período de tempo específico.
- Um determinado volume de utilização foi excedido (horas de trabalho).
- Quando um instrumento sofre um impacto ou fortes vibrações que possam ter causado a sua descalibragem.
- Alterações de temperatura superiores às aceitáveis.
- Sempre que as observações obtidas sejam questionáveis.

**A calibração serve para medir a diferença entre a medição identificada pelo instrumento de medição, e a medição real**

---



O processo de calibração inicia com a conceção do instrumento de medição a calibrar. A chave tem de ser capaz de “suportar a calibração” através do seu intervalo de calibração. Ou seja, a conceção tem de ser capaz de aceitar medidas que estejam dentro da “tolerância de engenharia” quando utilizado em condições ambientais durante um período de tempo razoável.

O mecanismo exato para a atribuição de valores de tolerância varia por país ou tipo de indústria. Em geral, os fabricantes de equipamentos de medição atribuem tolerâncias na medição, sugerem um intervalo de calibração e especificam o alcance de utilização e armazenamento. O facto de ser fabricado com estas características aumenta a probabilidade de os atuais instrumentos de medição se comportarem conforme o esperado.

O próximo passo é definir o processo de calibração. A seleção de padrões ou normas é a parte mais visível do processo de calibração. Idealmente, o padrão deve ter menos de um quarto da incerteza de medição que é dada pelo aparelho a calibrar. O processo consiste em eleger um padrão que cumpra a norma anteriormente mencionada na incerteza de medição e fazê-lo servir para comparar a sua medição com a do equipamento calibrado.

Depois de eleger um padrão com um reduzido grau de incerteza, a operação anterior é repetida. Este processo é repetido até que seja alcançado o padrão com a maior certeza possível disponível no laboratório de calibração ou metrologia. Este processo estabelece a rastreabilidade da calibração.

Este processo de calibração mediante um padrão é quase sempre precedido por uma inspeção visual do instrumento, onde se comprova que este não apresenta qualquer dano físico que possa ser visto a olho nu.

Os resultados desta inspeção são geralmente referidos como os dados “as-found” da inspeção (dados do instrumento, conforme encontrado). Normalmente, todo o processo de calibração é atribuído a um único técnico especializado que será responsável por documentar que a calibração foi concluída com sucesso.

O processo acima explicado é um desafio difícil e dispendioso. O custo de suporte técnico aos equipamentos usuais ascende, geralmente, a aproximadamente 10% do preço de compra

---

**Corrigir o erro é para  
ajustar o instrumento  
de modo a que as  
diferenças entre a  
medição e a realidade  
sejam inferiores a  
uma determinada  
percentagem**

original, valores anuais. Outra maquinaria mais complexa pode ser ainda mais dispendiosa para manter.

A extensão do programa de calibração expõe as principais crenças da organização envolvida. A integridade da organização pode facilmente ser posta em causa dependendo do programa de calibração que foi estabelecido. Em geral, a organização planeia um processo específico de calibração para cada máquina. Por exemplo, se uma empresa tiver várias máquinas similares, as máquinas mais antigas serão utilizadas para trabalhos menos exigentes e, por conseguinte, exigirão uma calibração limitada. As máquinas que são frequentemente utilizadas e das quais o processo de produção depende, por outro lado, terão de ser calibradas com mais regularidade e com tolerâncias bastante exigentes. Por outro lado, cada máquina só deve ser calibrada em função do funcionamento/trabalho que desenvolve. Significa que, apesar da máquina ser capaz de realizar muito mais trabalhos do que aqueles que realmente faz no processo de produção, só é necessário calibrar o trabalho que é efetivamente realizado. Todos os restantes processos de calibração serão desnecessários.

Este processo de escolha e conceção do processo de calibração deve ser realizado para todos os instrumentos básicos presentes na organização.

A fim de melhorar a qualidade da calibração a favor das organizações externas, e para que estas aceitem os resultados obtidos, é desejável que as medidas correspondentes sejam facilmente convertíveis para o Sistema Internacional de Unidades. A ação de estabelecer a rastreabilidade pode ser realizada fazendo uma comparação formal com uma norma que pode estar direta ou indiretamente relacionada com as normas nacionais, internacionais ou materiais de referência certificados. Os sistemas de gestão da qualidade requerem um sistema eficaz de metrologia que inclua calibração formal, periódica e documentada de todos os instrumentos de medição. As normas ISO 9000 e ISO 17025 estabelecem que estas ações tenham uma elevada rastreabilidade e indicam como devem ser quantificadas.

## **Este processo de escolha e conceção do processo de calibração deve ser realizado para todos os instrumentos básicos presentes na organização**

---



# 9

## REGISTO E COMUNICAÇÃO DE DADOS

Outro aspeto cada vez mais importante é o registo de dados. Não basta assegurar ao cliente que os apertos foram realizados, é cada vez mais frequente, o cliente exigir uma prova de que o aperto foi realizado.

### 9.1 REGISTO MANUAL

Os valores de aperto são anotados e posteriormente transcritos para um certificado. As suas desvantagens são:

1. Erro humano ao apontar e transcrever os dados para o certificado.
2. Se for solicitado ao utilizador uma nova tarefa que interrompe o processo de aperto, que afeta a concentração e pode causar uma falha na sequência de aperto.
3. Processo pouco eficiente

### 9.2 COMUNICAÇÃO DE DADOS POR CABO

É a própria chave dinamométrica que guarda os dados de aperto. Posteriormente, o utilizador, pode transferir os dados para um computador, recorrendo a um cabo. É um sistema que impede o erro humano, bem como a interrupção no aperto. A única desvantagem é que o operador tem que se deslocar periodicamente para descarregar os dados, se, entretanto, a chave sofrer algum problema, os dados armazenados podem-se perder mesmo sem terem sido descarregados.

### 9.3 COMUNICAÇÃO DE DADOS REMOTAMENTE

É a própria chave que regista os valores e os transmite em tempo real para um computador, assim, não há risco de perda de dados, e o operador deve apenas estar focado em executar o aperto corretamente.

**Não basta assegurar ao cliente que os apertos foram realizados, é cada vez mais frequente, o cliente exigir uma prova de que o aperto foi realizado**

---

## 9.4 COMUNICAÇÃO DE DADOS BIDIRECIONAIS - REMOTAMENTE

Existe uma nova função das chaves dinamométricas digitais que não só é capaz de comunicar remotamente os registos dos binários aplicados, como também é capaz de ajustar o binário necessário a que uma porca deve ser apertada seguindo as instruções do processo de aperto que o sistema de produção definiu. Desta forma, o operador não comete erros na seleção do binário correto, ou na unidade de medição correta... reduzindo possíveis erros e libertando o operador para que possa concentrar 100% da sua atenção na realização de um aperto o mais preciso possível.



# 10

## OUTRAS FUNCIONALIDADES

Hoje em dia é possível adicionar funcionalidades de produção graças ao desenvolvimento de software e hardware adicionais que interagem com os dados e registros gerados pelas chaves dinamométricas digitais:

1. Impedir o avanço nos processos até assegurar que o aperto tenha sido efetuado corretamente.
2. Impedir a realização de apertos mal executados.
3. Automatizar certificados de registro de aperto (para cliente).
4. Relacionar chaves e ferramentas de aperto através da geolocalização.
5. Etc.

# 11

## BIBLIOGRAFÍA

- Especificação técnica do torque de torção + ângulo e suas características metrológicas no VWM, por Antonio Castillo M.
- Aperto, elasticidade, parafuso, torque, por bombeerman018.
- Wikipedia

