

MEDIÇÃO DE FORÇA E TORQUE

ELT 314 – INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA

Pablo Santos Lopes – 93517

Leonardo Sales de Melo - 93517

Sumário

1. Introdução	3
2. Medição de Força	3
2.1 Balanças	3
2.2 Mola	4
2.3 Por meio de sinais elétricos	4
2.4 Extensômetros	5
2.5 Células de carga	6
2.5.1 Células de Carga com Strain Gauges	6
2.5.2 Células de Carga piezométricas	7
2.5.3 Células de Carga do tipo Anel de Prova	7
3 Medição com torquímetro	8
3.1 Torquímetro tipo flexão	9
3.2 Torquímetro tipo extensômetro	9
3.3 Medidor optico de torque	9
4. Medicao de torque em motores	9
4.1 Dinamômetro	9
4.2 Transdutores de torque	10
4.3 Freio Prony	10
4.4 Freio hidráulico	11
5.Conclusão	11
6. Referencias	11

INTRODUÇÃO

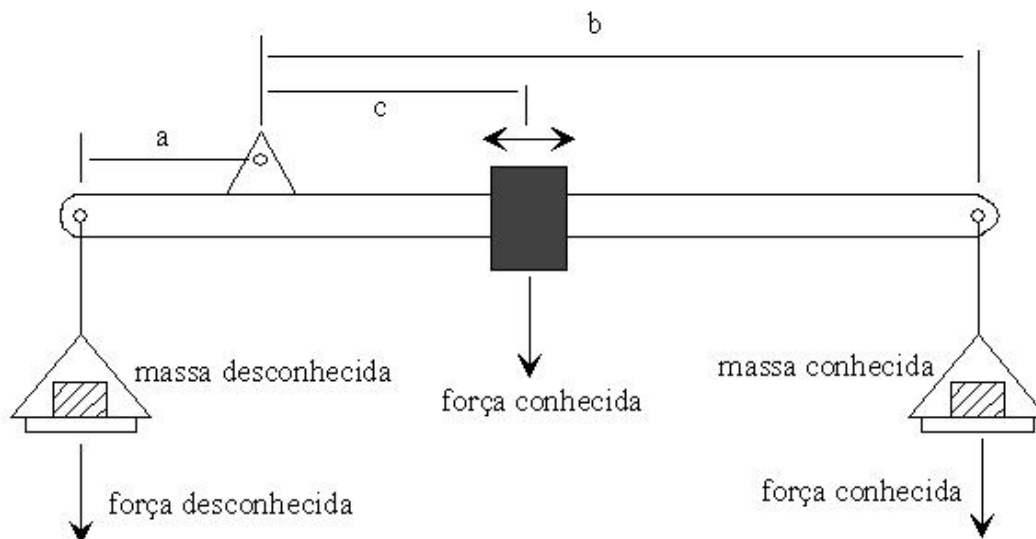
Inicialmente cabe diferenciar massa e força: massa é uma propriedade inercial, a medida de quantidade de matéria de um corpo. Força é uma quantidade vetorial associada à massa, necessária para mudar a quantidade de movimento do corpo. Como todos sabemos, massa e força se relacionam através da Segunda Lei de Newton.

É interessante notar que, na prática, a medição de força ou é realizada com instrumentos relativamente simples, como a balança de braço ou o dinamômetros de mola, ou com as células de carga de extensômetros. A célula de carga é um dispositivo mecânico/eletrônico que usa o extensômetro para medir deformação e então tensão e força. Atualmente, as células de carga de extensômetro tornaram-se de uso disseminado com sua adoção em balanças comerciais (as balança eletrônicas das padarias, dos supermercados, etc) têm custo quase imbatível na montagem de um sistema de medição de força.

MEDIÇÃO DE FORÇAS

BALANÇAS

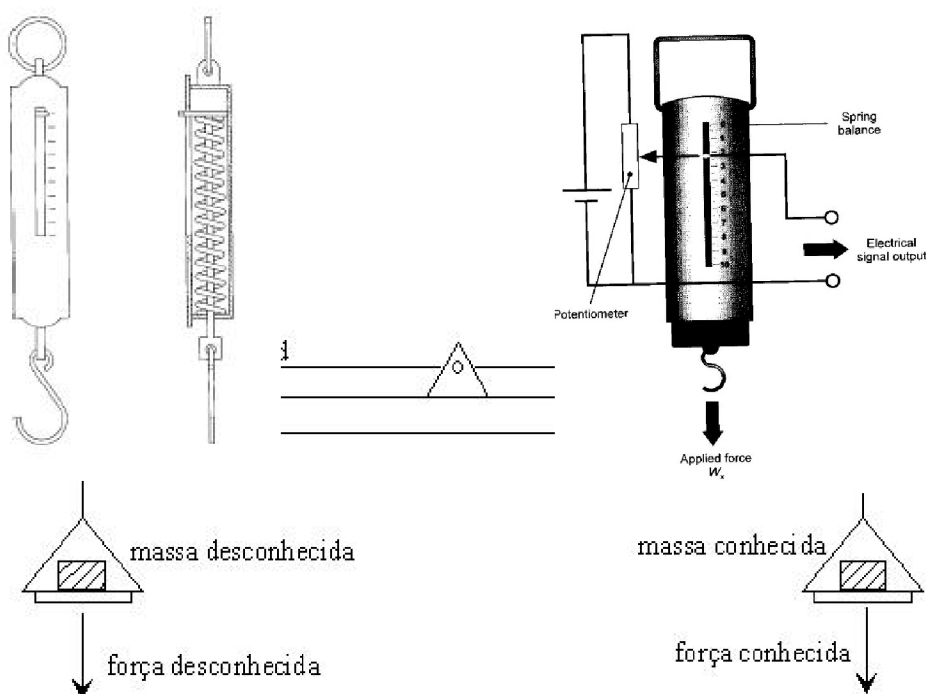
Entretanto, o método mais simples de se medir uma força é compará-la com uma força conhecida, gerada por uma massa conhecida. Isto pode ser realizado em uma balança de pivot central ou na balança de massa deslizante. Os esquemas estão na figura abaixo.



BALANÇA DE MOLA

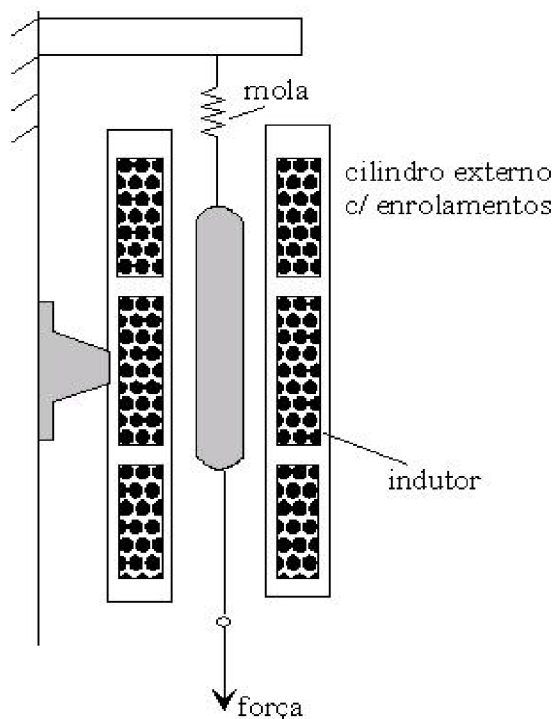
Neste caso a extensão de uma mola dá a indicação da força aplicada, veja na imagem abaixo. Neste caso a força F em (N) é aplicada num prato que se encontra sobre uma mola helicoidal, o deslocamento x em (m) da mola devido à força aplicada no estado estacionário é:

$F = K \cdot x$, onde K = constante da mola e x a deflexão da mola a partir da posição de equilíbrio.



POR MEIO DE SINAIS ELETRICOS

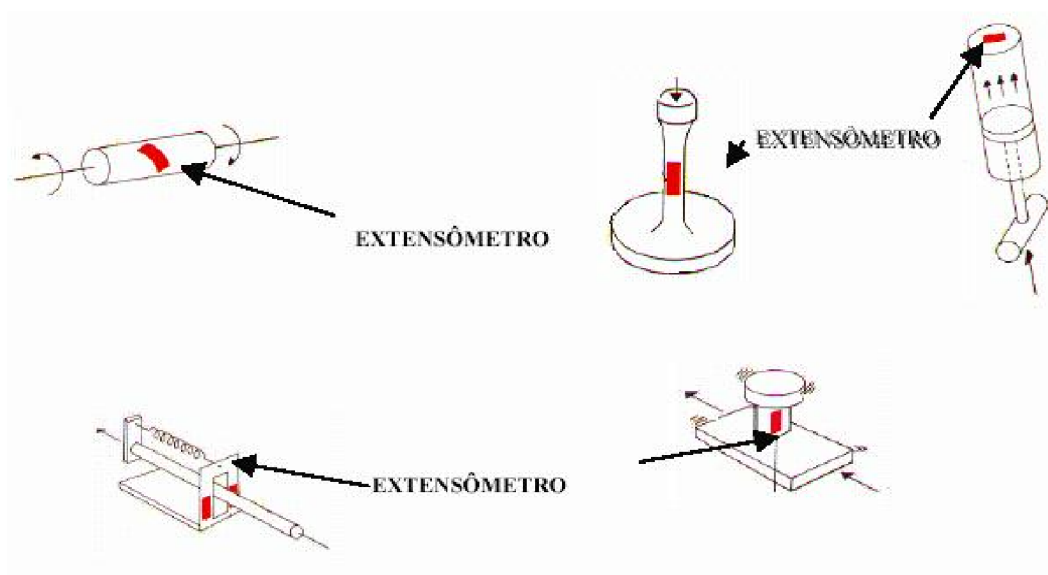
Outro dispositivo para medir força é o transformador diferencial variável linear (TDVL, ou LVDT na nomenclatura inglesa, Linear Variable Differential Transducer). O TDVL é constituído por uma série de indutores construídos em um cilindro oco, dentro no qual se desloca um cilindro sólido. Os indutores são formados por enrolamentos elétricos. O deslocamento do cilindro sólido interno produz um sinal elétrico proporcional à sua posição. O TDVL pode ser usado em vários tipos de dispositivos mecânicos que necessitem de converter uma posição física em um sinal elétrico. A ausência de atrito entre o cilindro externo e o cilindro central garantem uma vida longa ao dispositivo e assegura uma excelente resolução.



EXTENSÔMETRO

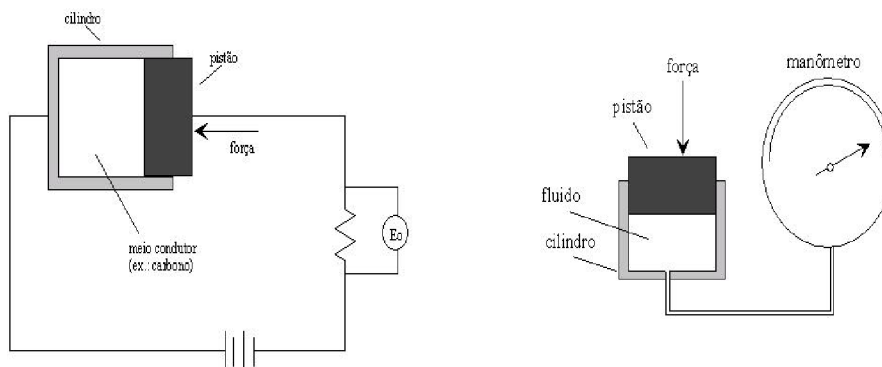
Extensômetro é um transdutor capaz de medir deformações mecânicas em corpos de prova. É um bipolo de resistência nominal que quando fixado sobre o corpo de interesse, sofre a mesma deformação, e então sua resistência é alterada. Essa variação de resistência é lida por outro dispositivo e então processada para obter a informação desejada.

O extensômetro é uma pequena superfície metálica que é colada no corpo do material que se deformará. A deformação do extensômetro é medida por variação da sua resistência elétrica na medida em que ele compõe parte de um circuito eletrônico.



CELULAS DE CARGA

As células de carga são atualmente os dispositivos de medição de força mais utilizados. E dentre elas, a célula de carga de extensômetros domina o mercado. Entretanto deve-se mencionar que há células de carga que operam com outros princípios que não sejam a medição da deformação com extensômetros: as células de carga de carbono e as células de carga de fluidos estão entre elas, veja na figura a seguir.

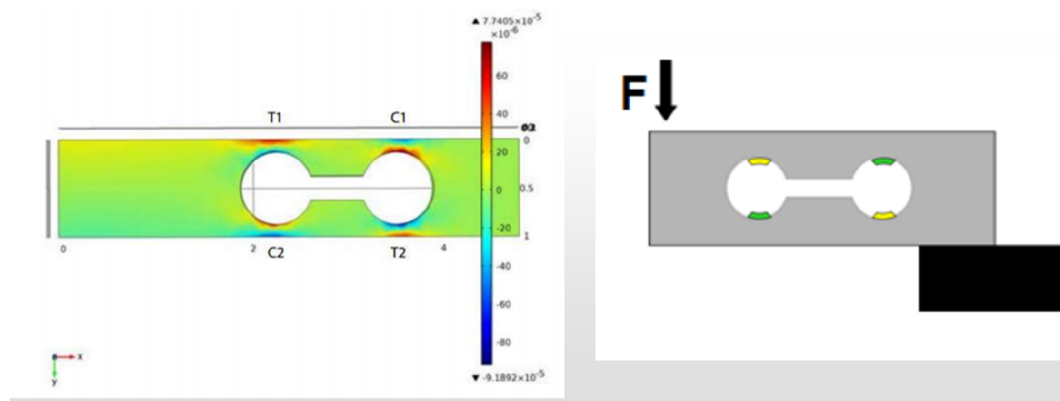


Na célula de carbono, a compressão do carbono altera sua condutividade elétrica e então altera a tensão E_o medida no circuito elétrico. No caso da célula de fluido, a compressão exercida sobre o fluido é medida no manômetro e utilizada para calcular a força F .

Células de carga é um termo usado para descrever um transdutor que gera um sinal de tensão como resultado de uma força aplicada, em geral ao longo de uma direção específica. Quase sempre esses medidores consistem de um medidor de deflexão acoplado a um elemento sujeito a deformação elástica. Uma combinação muito empregada é a de strain gauges e colunas ou vigas. Nesses casos os extensômetros são colados a um corpo com geometria projetada para exibir uma deformação linear na região onde o extensômetro é colado.

Células de Carga com Strain Gauges

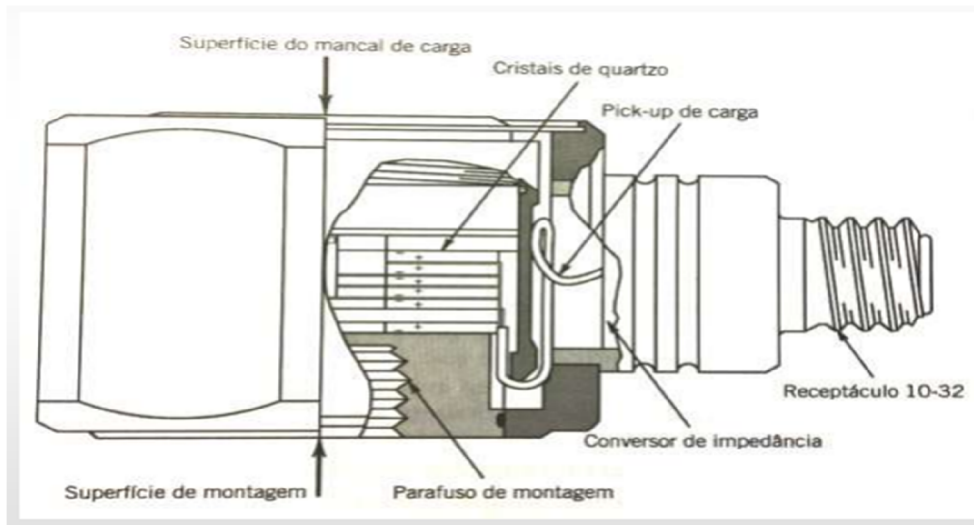
Com base no projeto da viga, é possível definir pontos onde haverá maior concentração de tensão, consequentemente, utilizam-se esses locais para se posicionar os extensômetros. Ex.: Lado esquerdo simulação de viga submetida a carga e lado direito local de fixação dos strain gauges.



Células de Carga Piezoelétricas

Os materiais piezoelétricos são caracterizados por sua capacidade de desenvolver uma carga elétrica quando submetido a uma deformação mecânica.

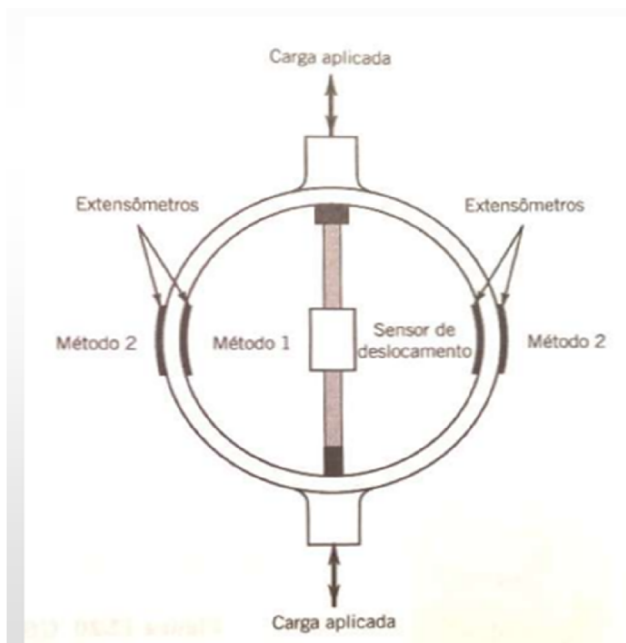
O material piezoelétrico mais comum é o quartzo. Uma configuração típica de célula de carga piezoelétrica é mostrada ao lado.



Células de Carga do tipo Anel de Prova

Este instrumento é empregado como padrão para calibrar grandes máquinas de tração. Pode-se medir deflexões muito pequenas, da ordem de $0,5 \mu\text{m}$ com este instrumento. Através de instrumentos óticos pode-se medir a amplitude daquela vibração.

Pode-se realizar a medição através de sensores de deslocamento localizados no centro ou através de extensômetros colados nas laterais do anel.

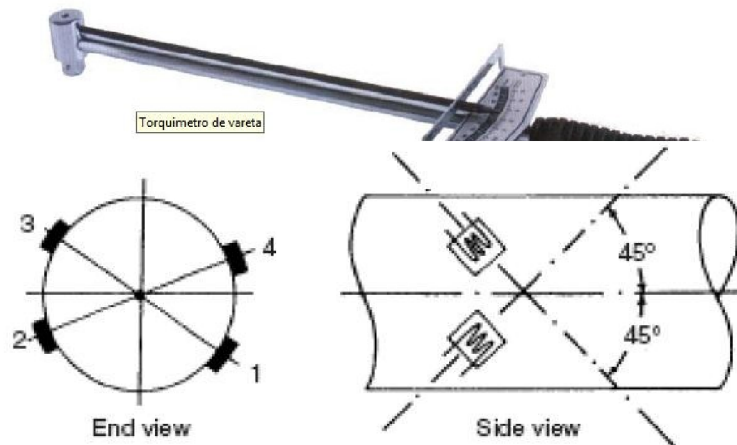


Medição com Torquímetro

Torquímetro é uma ferramenta também conhecida por chave dinamométrica, usada para medir o torque. O torquímetro tem um dispositivo dinamométrico que possibilita medir a força de torque que permita o máximo de aperto sem o risco de danificar o material.

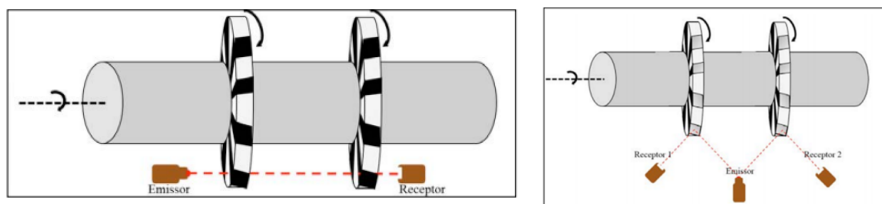
Existem vários tipos de dispositivos de medição de torque, desde modelos exclusivamente mecânicos até modernos aparelhos com display eletrônico e uma precisão muito boa.

Torquímetro tipo flexão: Este torquímetro possui um elemento sensor na haste que se baseia em sua flexão.



Torquímetro com extensômetro: Ele possui extensômetros ao longo do material e assim é permitido realizar a medição.

Medidor óptico de torque: Através dos sensores ópticos, é possível se obter o ângulo de torção e com isso também o torque.



MEDICAO DE TORQUE EM MOTORES

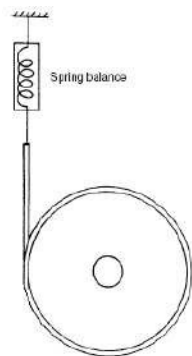
Dinamômetro

Para realizar a medição de torque em motores utilizamos os dinamômetros. Internamente, a maioria dos dinamômetros possuem uma mola que se distende à medida que se aplica a ela uma força. Esse equipamento ainda relaciona o comportamento da carga alargada ou tensão por deformação de uma mola, deslocamento do ar, ou extensão de ligas metálicas.

Os dinamômetros são utilizados no desenvolvimento e preparação de motores, bem como verificar as perdas por atrito na transmissão de potência até às rodas.

Existem diversos tipos de dinamômetros, dos quais se destacam pela sua importância e aplicação, entre eles o dinamômetro de Bekk que serve para determinar da resistência dinâmica do papel,

dinamômetro de mola que é usado para medir o peso de um corpo e o dinamômetro hidráulico que é basicamente utilizado para medir passos.

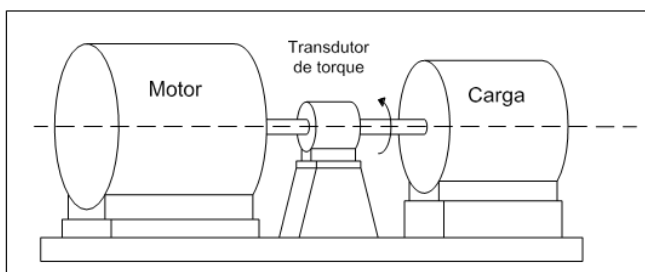


Quando alimentamos um motor com uma tensão determinada, ao variar a carga, ele irá fazer mais força para movimentar o eixo do outro motor que atua como dínamo. Fazendo essa força, ele reage transmitindo essa força para o braço da alavanca e com isso para o dinamômetro. Dessa forma, o dinamômetro vai indicar a força que o motor está fazendo para girar o motor que funciona como carga quando alimentado por determinada tensão.

Transdutores de Torque

Os transdutores de torque permitem a medição direta de torque em um eixo, sendo estes medidores instalados entre a carga mecânica e o motor (elemento primário de potência). Devido a estas características de montagem, os transdutores são basicamente utilizados no desenvolvimento de máquinas rotativas como, ventiladores, bombas, turbinas e etc.

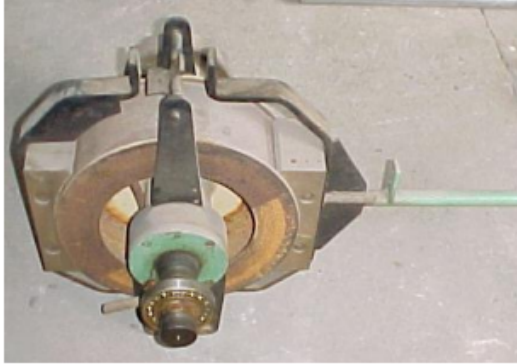
Existem basicamente dois tipos de transdutores de torque: os que utilizam extensômetros e os que utilizam sensores de deslocamento indutivos. De maneira semelhante às células de carga, os transdutores de torque podem utilizar as várias configurações possíveis de montagem de extensômetros fixos ao eixo onde se está medindo o torque.



Freio Prony

O Freio de Prony é um equipamento utilizado para medir o torque de um motor. É utilizado um tipo de freio semelhante ao freio de cinta. Um volante fixo ao eixo conectado a um braço cuja extremidade se apoia sobre um medidor de força. O volante, acionado pelo motor, tem o seu

movimento restringido pelo atrito aplicado, que transmite o esforço ao braço apoiado sobre o medidor. A partir das leituras de força, calcula-se o torque despendido pelo motor, porém, o Freio de Prony apresenta vários inconvenientes operacionais, destacando-se o fato de manter a carga constante independente da rotação empregada.



Freio Hidráulico

O freio hidráulico basicamente possui um rotor que gira no interior de uma carcaça. O sistema começa quando a água entra na câmara do rotor e pela ação centrífuga a água será acelerada e lançada para a saída, formando um anel no interior da câmara do rotor. Então, a energia mecânica fornecida pelo motor será absorvida e convertida em calor no escoamento da água. O torque resultante aplica uma resistência ao movimento de rotação do rotor e tende a girar a carcaça no mesmo sentido da máquina, dessa forma, este esforço é transmitido a um medidor de força instalado a uma distância fixa da linha de centro do freio.



Conclusão

Neste trabalho foi possível observar como é realizada as medições de força e torque, através de aparelhos mecânicos e elétricos, ou a junção das duas tecnologias.

Referencias

Schicker, R. e Wegener, Georg. - Measuring Torque Correctly – 2012 - www.hbm.com

França, F. A. - Instrumentação e Medidas: grandezas mecânicas, UNICAMP 2007

Garcia, M. V. R. – Apostila Automação I – ETEP Faculdades

Viens, M. - Mesure de force, de couple, de pression et de débit – www.etsmtl.ca