

NIVEL MÉDIO



Quem Somos

A Domina Concursos, especialista no desenvolvimento e comercialização de apostilas digitais e impressas para Concurso Públicos, tem como foco tornar simples e eficaz a forma de estudo. Com visão de futuro, agilidade e dinamismo em inovações, se consolida com reconhecimento no segmento de desenvolvimento de materiais para concursos públicos. É uma empresa comprometida com o bem-estar do cliente. Atua com concursos públicos federais, estaduais e municipais. Em nossa trajetória, já comercializamos milhares de apostilas, sendo digitais e impressas. E esse número continua aumentando.

MISSÃO

Otimizar a forma de estudo, provendo apostilas de excelência, baseados nas informações de editais dos concursos públicos, para incorporar as melhores práticas, com soluções inovadoras, flexíveis e de simples utilização e entendimento.

VISÃO

Ser uma empresa de Classe Nacional em Desenvolvimento de Apostilas para Concursos Públicos, com paixão e garra em tudo que fazemos.

VALORES

- Respeito ao talento humano
- Foco no cliente
- Integridade no relacionamento
- Equipe comprometida
- Evolução tecnológica permanente
- Ambiente diferenciado
- Responsabilidade social



HABILITADA P/ IMPRESSÃO



PROIBIDO CÓPIA

Não é permitida a revenda, rateio, cópia total ou parcial sem autorização da Domina Concursos, seja ela cópia virtual ou impressa. Independente de manter os créditos ou não, não importando o meio pelo qual seja disponibilizado: link de download, Correios, etc...

Caso houver descumprimento, o autor do fato poderá ser indiciado conforme art. 184 do CP, serão buscadas as informações do responsável em nosso banco de dados e repassadas para as autoridades responsáveis.



Conhecimentos específicos

*"Camuflar um erro seu é
anular a busca pelo
conhecimento. Aprenda
com eles e faça novamente
de forma correta."*

Nara Nubia Alencar

Magnetismo

Mãs E Magnetos

Um ímã é definido com um objeto capaz de provocar um campo magnético à sua volta e pode ser natural ou artificial.

Um ímã natural é feito de minerais com substâncias magnéticas, como por exemplo, a magnetita, e um ímã artificial é feito de um material sem propriedades magnéticas, mas que pode adquirir permanente ou instantaneamente características de um ímã natural.

Os ímãs artificiais também são subdivididos em: permanentes, temporais ou eletroímãs.

- Um ímã permanente é feito de material capaz de manter as propriedades magnéticas mesmo após cessar o processo de imantação, estes materiais são chamados ferromagnéticos.
- Um ímã temporal tem propriedades magnéticas apenas enquanto se encontra sob ação de outro campo magnético, os materiais que possibilitam este tipo de processo são chamados paramagnéticos.
- Um eletroímã é um dispositivo composto de um condutor por onde circula corrente elétrica e um núcleo, normalmente de ferro. Suas características dependem da passagem de corrente pelo condutor; ao cessar a passagem de corrente cessa também a existência do campo magnético.

Propriedades Dos Ímãs

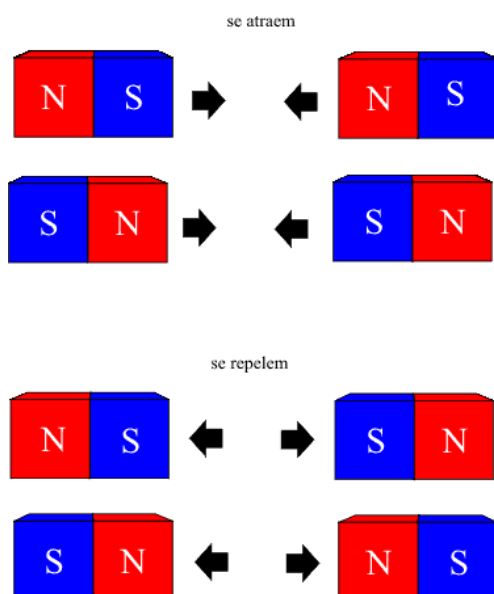
Polos Magnéticos

São as regiões onde se intensificam as ações magnéticas. Um ímã é composto por dois polos magnéticos, norte e sul, normalmente localizados em suas extremidades, exceto quando estas não existirem, como em um ímã em forma de disco, por exemplo. Por esta razão são chamados dipolos magnéticos.

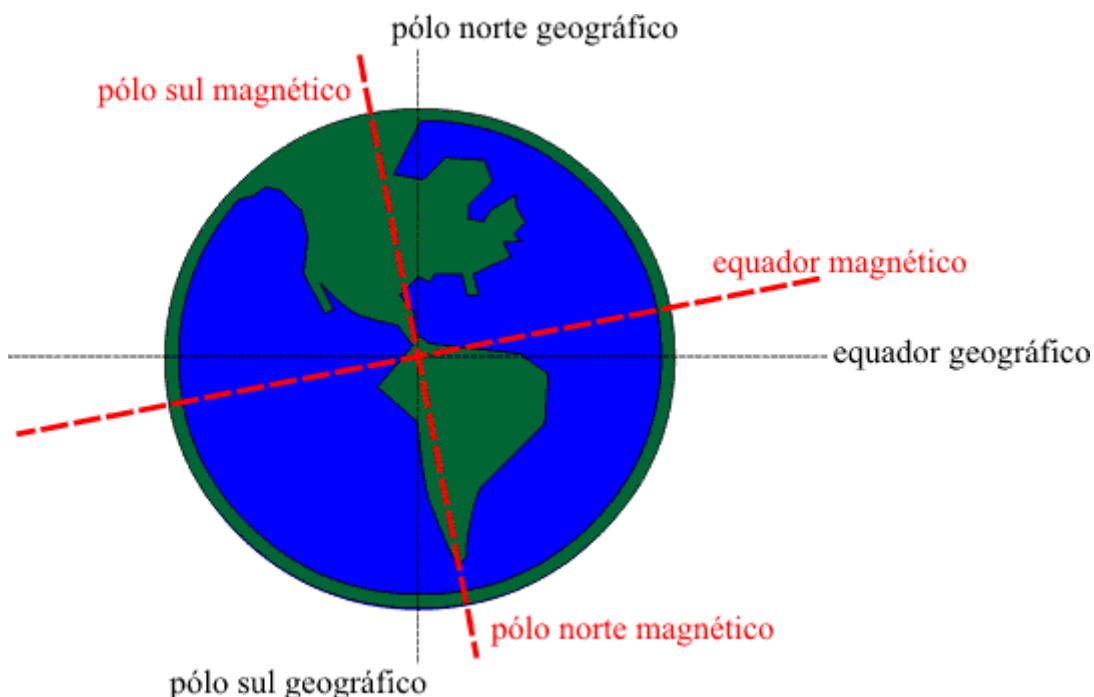
Para que sejam determinados estes polos, se deve suspender o ímã pelo centro de massa e ele se alinhará aproximadamente ao polo norte e sul geográfico recebendo nomenclatura equivalente. Desta forma, o polo norte magnético deve apontar para o polo norte geográfico e o polo sul magnético para o polo sul geográfico.

Atração E Repulsão

Ao manusear dois ímãs percebemos claramente que existem duas formas de colocá-los para que estes sejam repelidos e duas formas para que sejam atraídos. Isto se deve ao fato de que polos com mesmo nome se repelem, mas polos com nomes diferentes se atraem, ou seja:



Esta propriedade nos leva a concluir que os polos norte e sul geográficos não coincidem com os polos norte e sul magnéticos. Na verdade eles se encontram em pontos praticamente opostos, como mostra a figura abaixo:



A inclinação dos eixos magnéticos em relação aos eixos geográficos é de aproximadamente 191° , fazendo com os seus polos sejam praticamente invertidos em relação aos polos geográficos.

Interação Entre Polos

Dois polos se atraem ou se repelem, dependendo de suas características, à razão inversa do quadrado da distância entre eles. Ou seja, se uma força de interação F é estabelecida a uma distância d , ao dobrarmos esta distância a força observada será igual a uma quarta parte da anterior $F/4$. E assim sucessivamente.

Inseparabilidade Dos Polos De Um Ímã

Esta propriedade diz que é impossível separar os polos magnéticos de um ímã, já que toda vez que este for dividido serão obtidos novos polos, então se diz que qualquer novo pedaço continuará sendo um dipolo magnético.

Bússola

A bússola, também chamada de bússola magnética, é um objeto utilizado para orientação geográfica.

Durante muito tempo esse instrumento foi utilizado na navegação como forma de localização, e até hoje é considerada uma das maiores invenções da humanidade.

Bússola: Entenda Como Ela Funciona

Você provavelmente já viu uma bússola pessoalmente. Mas, já parou pra pensar em como ela funciona? A bússola é um objeto de orientação geográfica desenvolvida 2000 a.C. Ela marca os pontos cardeais e contém uma agulha que indica sempre o polo Norte geográfico, permitindo que você se oriente e encontre a direção que deseja seguir.

Mas E Como Ela Funciona?

Na verdade a bússola é um instrumento bem simples. Seu funcionamento se baseia na combinação do magnetismo da sua agulha com o magnetismo da Terra.

A Terra é um grande ímã, que possui um campo magnético, que como qualquer outro tem seu pólo Norte magnético (situado bem próximo ao polo Sul geográfico) e seu pólo Sul magnético (igualmente bem próximo do Norte geográfico).

Como a agulha da bússola é magnética (um pequeno ímã), com polo Norte e Sul, ela sofre a ação do campo magnético terrestre, qualquer que seja o local da superfície da Terra em que você se encontre.

Se a agulha da bússola puder girar livremente e sabendo que pólos opostos se atraem, o polo norte da bússola é atraído pelo sul magnético da Terra. Isso aponta o chamado pólo Norte geográfico. Da mesma forma acontece o oposto, a parte sul da bússola é atraída pelo norte magnético da Terra, indicando o pólo Sul geográfico da Terra. Definida a direção do Norte geográfico uma rosa dos ventos fornece qualquer outra direção desejada.

Como Montar Uma Bússola?

Para montar sua própria bússola você vai precisar de:

- Um ímã
- Uma agulha
- Fita adesiva
- Faca sem ponta
- Vasilha com água
- Uma rolha ou pedaço de isopor

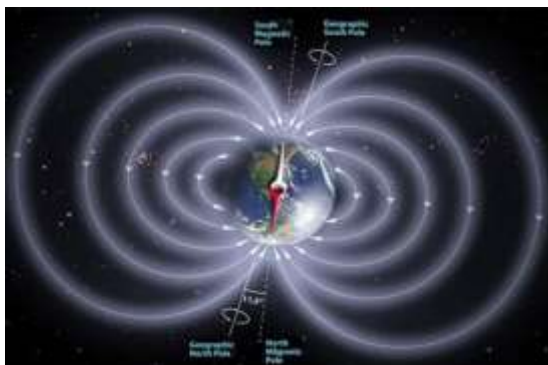


Para montar a bússola basta cortar a rolha ou o pedaço de isopor e deixá-lo com cerca de 1 cm de altura, formando uma espécie de disco. Depois, esfregue uma das pontas da agulha na parte lateral do ímã cerca de 20 vezes, sempre no mesmo sentido e tomando cuidado para não fazer movimentos de ida e volta. Então pegue a fita adesiva e use-a para fixar a agulha no disco.

Finalmente, basta colocar sua bússola sobre a vasilha com água. Se estiver tudo certo, quando você mexer na agulha, ela deve voltar para o mesmo lugar, ou seja, apontando para o Norte geográfico.

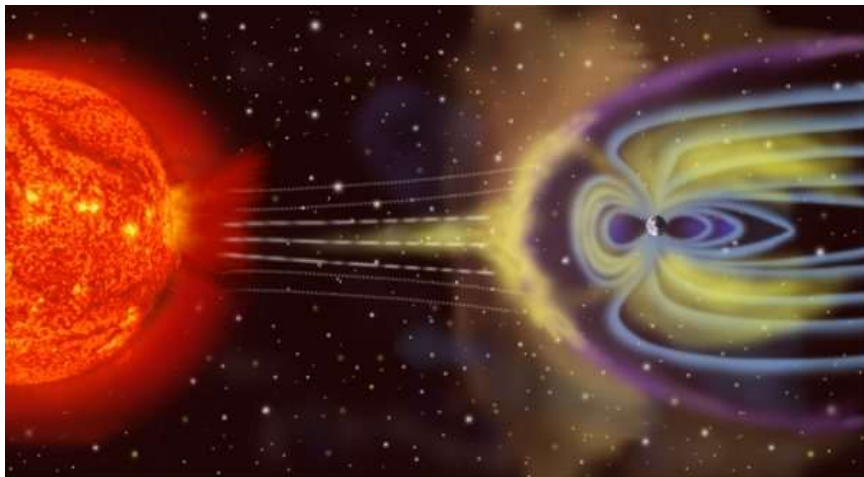
Campo Magnético Da Terra

Muitas vezes ouve-se falar num escudo protector que defende o Planeta Terra de “agressões” cósmicas que poderiam deixar marcas profundas no nosso planeta. Esse escudo é o Campo Magnético da Terra.



O campo magnético terrestre assemelha-se a um dipolo magnético com os seus pólos próximos aos pólos geográficos da Terra. Uma linha imaginária traçada entre os pólos Sul e Norte magnéticos que apresenta uma inclinação de aproximadamente $11,3^\circ$ relativa ao eixo de rotação da Terra.

A teoria do dínamo é a mais aceitável para explicar a origem do campo. Um campo magnético, genericamente, estende-se infinitamente e vai se tornando mais fraco com o aumento da distância da sua fonte. Como o efeito do campo magnético terrestre se estende por várias dezenas de milhares de quilômetros, no espaço ele é chamado de magnetosfera da Terra.

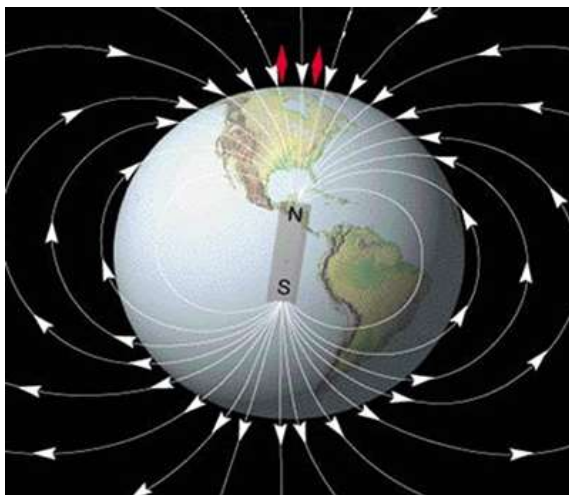


“A magnetosfera é um escudo invisível que protege o nosso planeta das radiações solares. É um campo instável, cujos pólos podem mudar de sítio. Os observatórios no solo não conseguem ver tudo e por isso são lançados magnetômetros para órbita.”

A primeira descrição científica do campo magnético da Terra foi a de William Gilbert, em 1600, que demonstrou que, com o auxílio da terrella, um ímã em forma de esfera, a Terra se comporta como um imenso ímã. Podemos afirmar que essa é, ainda hoje, a forma mais básica e simples de descrever o magnetismo terrestre.

O fato de um ímã orientar-se, quando suspenso pelo seu centro de gravidade, na direção do vetor indução magnética, revela que existe um campo magnético produzido pela Terra: é o campo magnético terrestre. A cada ponto do campo magnético terrestre associa-se um vetor indução magnética B .

O ímã suspenso orienta-se na direção do vetor indução magnética B do lugar. Como o polo norte do ímã volta-se, aproximadamente, para o norte geográfico; e o polo sul, para o sul geográfico; podemos considerar a Terra um grande ímã, que possui polo sul magnético próximo do norte geográfico e o polo norte magnético próximo do sul geográfico.



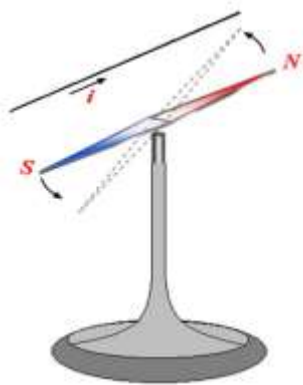
Na figura acima, mostramos as linhas de indução do campo magnético observado nas proximidades da Terra. Podemos dizer que a origem do campo magnético terrestre ainda é desconhecida, mas as primeiras explicações sugeriam que ele se originava em razão de enormes quantidades de ferro magnetizado que estariam no interior do planeta.

Se pensarmos bem, essa hipótese não tem sustentação, já que a temperatura no interior da Terra é tão alta que o ferro ali existente está liquefeito. Hoje a hipótese mais defendida admite que o campo magnético terrestre se origina de intensas correntes elétricas que circulam no interior da Terra. Mas, mesmo assim, ainda há muito a ser explicado, como a origem da energia que gera essas correntes e o contínuo deslocamento dos polos magnéticos no decorrer do tempo.

Experimento De Oersted

Ainda no ano de 1820, os cientistas do mundo todo acreditavam que os fenômenos elétricos e magnéticos eram totalmente independentes um do outro. No entanto, o físico dinamarquês H. Oersted notou que isso não era verdade.

Ao realizar diversas experiências, Oersted observou que uma corrente elétrica, passando por um condutor, desviava uma agulha magnética colocada na sua vizinhança, de tal modo que a agulha assumia uma posição diferente ao plano definido pelo fio e pelo centro da agulha.



Utilizando-se inicialmente de um fio condutor retilíneo, por onde passava uma corrente elétrica, Oersted posicionou sobre esse fio uma agulha magnética, orientada livremente na direção norte-sul. Fazendo passar uma corrente no fio, observou que a agulha sofria um desvio em sua orientação, e que esse desvio era perpendicular a esse fio.

Ao interromper a passagem de corrente elétrica, a agulha voltou a se orientar na direção norte-sul. Assim, ele concluiu que a corrente elétrica no fio se comportava como um ímã colocado próximo à agulha magnética. Ou seja, a corrente elétrica estabeleceu um campo magnético no espaço em torno dela, e esse campo foi o agente responsável pelo desvio da agulha magnética.

Podemos concluir que as cargas elétricas em movimento criam, numa região do espaço próximo a ela, um campo magnético.

Assim, o aparecimento de um campo magnético juntamente com a passagem da corrente elétrica foi pela primeira vez observado.

Essa descoberta foi fundamental para a unificação da eletricidade com o magnetismo, que passaram a constituir um importante ramo da ciência denominado eletromagnetismo.

Transformadores

De uma forma geral, os transformadores de potência são constituídos por três componentes básicos – enrolamentos primários, enrolamentos secundários e núcleo.

Os enrolamentos estão acoplados magneticamente ao núcleo. Por definição o enrolamento primário é o que se encontra do lado da fonte e o enrolamento secundário o que se encontra do lado da carga.

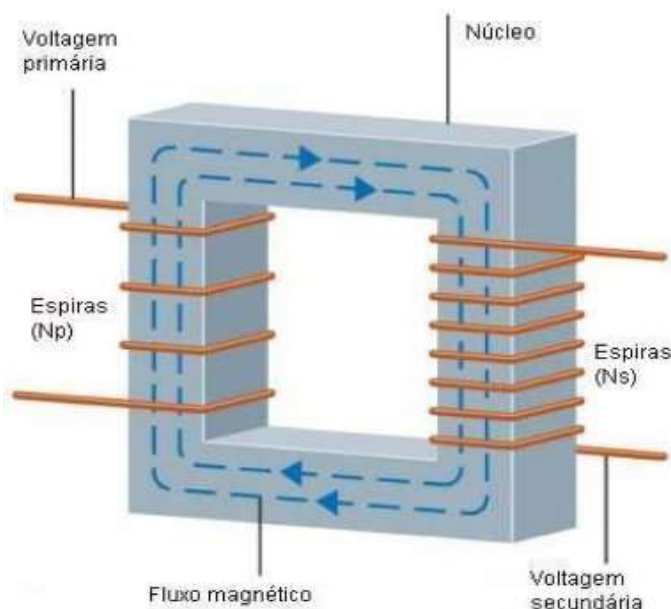
Assim num transformador “elevador” (por exemplo, 6/60 kV, numa central eléctrica) a tensão primária é 6 kV e a tensão secundária 60 kV. Já num transformador “abaixador” (por exemplo, 400/150 kV, numa subestação da rede de transporte), 400 kV é a tensão primária e 150 kV a tensão secundária.

Num transformador “abaixador” o enrolamento primário tem mais espiras do que o enrolamento secundário, reduzindo-se a tensão secundária na razão da relação entre o número de espiras dos referidos enrolamentos. Num transformador “elevador” o enrolamento primário tem menos espiras do que o enrolamento secundário, aumentando a tensão secundária na razão da relação entre o número de espiras dos referidos enrolamentos.

O princípio de funcionamento do transformador pode descrever-se da seguinte forma:

- Aplicando uma tensão alternada no enrolamento primário, à medida que essa tensão vai aumentando cria-se um campo magnético no núcleo, cujo fluxo varia e percorre o enrolamento secundário.
- A variação do fluxo magnético que percorre um condutor induz nesse condutor uma corrente eléctrica.
- O aumento da corrente no enrolamento primário origina um aumento do fluxo magnético através do enrolamento secundário, induzindo nesse enrolamento uma tensão.

É este acoplamento electromagnético entre os enrolamentos primário e secundário, acompanhado de uma transferência de energia eléctrica, que está na base do funcionamento do transformador.



As linhas de força do campo magnético aumentam, expandindo-se em torno do enrolamento secundário, à medida que a corrente aumenta no enrolamento primário, utilizando-se diversos tipos de materiais para o núcleo, com o objetivo de direccionar as linhas do campo magnético para o enrolamento secundário.

Tal como se verifica com a corrente eléctrica, também as linhas do campo magnético tendem a circular pelo percurso que apresenta menos resistência. A oposição do material do núcleo à circulação do campo magnético designa-se por relutância magnética do material, uma característica semelhante à resistência dos circuitos eléctricos.

As leis fundamentais do electromagnetismo que explicam o funcionamento do transformador são as leis de Faraday e de Ampère-Maxwell e, também, segundo alguns académicos, a lei de Lenz.

Impedância Refletida

Num transformador a impedância refletida (denotada como “Z”) define-se como a impedância da carga, vista do lado do primário.

Seja N_1 o número de espiras do enrolamento primário e N_2 o número de espiras do enrolamento secundário, U_1 e I_1 e U_2 e I_2 as tensões e correntes primárias e secundárias, respectivamente, a relação de transformação “a” do transformador é:

$$a = N_1/N_2 = U_1/U_2 = I_2/I_1$$

A impedância refletida é calculada pela expressão:

$$Z = a^2 \times Z_c$$

Onde Z_c é a impedância refletida da carga.

Transformador Ideal E Transformador Real

O transformador ideal é um modelo teórico que considera que ambos os enrolamentos, primário e secundário, têm um acoplamento perfeito, isto é, que não há dispersão do fluxo magnético. Esta hipótese é equivalente a considerar que a permeabilidade magnética (μ) do núcleo é infinita e que o circuito magnético é fechado.

Admite-se também que, contrariamente ao transformador real, as perdas no núcleo e nos enrolamentos são nulas, uma vez que neste modelo se considera que os enrolamentos têm resistência nula e indutância infinita.

As perdas dos transformadores reais são de dois tipos:

- Perdas no núcleo (perdas por corrente de magnetização), também designadas por perdas no ferro ou perdas em vazio:

Perdas por histerese, devidas à não linearidade da tensão aplicada no núcleo.

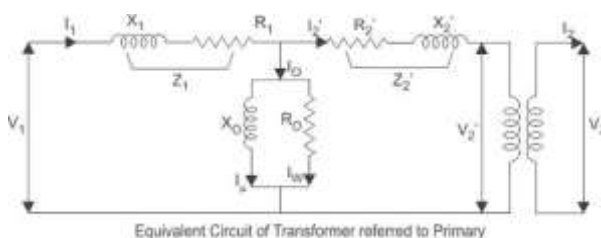
Perdas devidas a correntes vagabundas que circulam no núcleo (perdas por efeito de Joule) e que são proporcionais ao quadrado da tensão aplicada.

- Perdas nos enrolamentos, também designadas por perdas no cobre:

Perdas por efeito de Joule, devidas à resistência dos enrolamentos e existe circulação de corrente.

Perdas causadas por linhas do fluxo magnético que circulam nos enrolamentos, devidas à respectiva reatância indutiva.

Os transformadores podem ser representados por um circuito equivalente, referido ao primário, refletindo as perdas atrás referidas – Diagrama de Steinmetz.



R – Resistência do enrolamento primário

X – Reatância indutiva do enrolamento primário

R' – Resistência do enrolamento secundário (referida ao primário)

X' – Reatância indutiva do enrolamento secundário (referida ao primário)

R – Resistência do núcleo (referida ao primário)

X – Reatância indutiva do núcleo (referida ao primário)

I – Corrente primária

I' – Corrente secundária (referida ao primário)

I – Corrente de magnetização (referida ao primário)

V – Tensão primária

V_2 – Tensão secundária

O transformador é uma das máquinas mais eficientes já existiu. Ele não transforma o tipo da energia, mas muda algumas variáveis. Para tal, o transformador apenas funciona em circuitos de correntes alternadas.

O nome transformador de potência denota que a máquina transforma valores de potência. Na verdade, este transformador apenas muda o valor da tensão de entrada, e entrega uma diferente na saída.

Seu funcionamento é explicado pela lei de Faraday (indução) e lei de Lenz (variação do fluxo magnético). A espira primária, lado onde chega a energia a ser transformada, recebe a tensão primária e conduz uma corrente primária. Esta corrente, por ser alternada, gera uma variação no fluxo magnético no seu interior. Este fluxo, para um melhor rendimento, é canalizado por um núcleo ferro-magnético. No outro lado do núcleo, onde há a espira secundária (saída da energia transformada), a variação do fluxo, canalizado pelo núcleo, induz uma tensão nesta espira. Se houver um circuito fechado ligado à espira secundária, uma corrente induzida será estabelecida.

A variável que é modificada é a tensão (e, conseqüentemente, a corrente). A tensão é diretamente proporcional à relação entre as espiras. Se a primária tiver o dobro da secundária, a tensão que colocarmos na primária induzirá uma tensão de metade do valor. Se mudarmos a ligação, ligarmos a tensão primária (a que queremos transformar) no lado do transformador que tem menos espiras (no nosso exemplo, metade), a tensão que sairá do lado com o dobro de espiras será o dobro.

Quando alimentamos um transformador, sem que haja carga (a vazio), a corrente primária fica bem reduzida. Isso porque a variação do fluxo magnético canalizado pelo núcleo é tal que limita o aumento da corrente no primário (Faraday e Lenz).

Ao ligarmos uma carga no secundário, a corrente induzida que é estabelecida gera uma nova variação do fluxo magnético de modo a interagir com o que tinha inicialmente (a vazio), e a variação resultante permite que a corrente primária aumente (para suportar a carga ligada no secundário).

A potência do circuito primário para o secundário não muda, continua constante. Se entrarmos com 10KVA no primário, sairá 10KVA no secundário (ignorando as perdas).

Transformadores De Potência

O Transformador Certo Para A Sua Tarefa

Oferecer energia de modo seguro para o cliente: um requisito básico aplicável a todos os transformadores de potência. Entretanto, cada um deles é exclusivo – projetado segundo características individuais tais como tensão, potência, condições ambientais, nível de ruído, configuração do sistema de distribuição de energia e muito mais. A Siemens é sua parceira, traduzindo estes requisitos em soluções com a máxima qualidade e desempenho, oferecendo transformadores de potência confiáveis, seguros e com a melhor relação custo-benefício.

Razões Para A Oferecermos Confiabilidade

Antes de tudo, nos comprometemos com a qualidade, sem meios-termos.

Cada fábrica de transformadores Siemens pratica nosso sistema de gerenciamento da qualidade e somente transformadores totalmente aprovados em todos os testes e ensaios são entregues ao cliente e liberados para entrar em operação. A Siemens oferece uma gama completa de serviços – desde orientação durante o projeto e fabricação, transporte, comissionamento em campo até nosso sistema de gerenciamento da vida do transformador (TLM).

Transformador De Potência (TP)

O Transformador de potência é muito importante em instalações elétricas, por isso, deve estar sempre funcionando adequadamente e ser de qualidade. Para não cometer o erro de comprar Transformador de potência (TP) de qualquer um e acabar no prejuízo, o conselho é buscar ajuda nas empresas do Grupo ATS Elétrica, que são especializadas em Transformador de potência (TP).

O Grupo ATS Elétrica trabalha com Transformador de potência (TP) moderno e feito com a mais avançada tecnologia existente no mercado. Comprando Transformador de potência (TP) com as empresas do Grupo ATS Elétrica, você está adquirindo um produto de qualidade por preços acessíveis, pois o Grupo ATS Elétrica trabalha com os menores preços em Transformador de potência (TP).

Para Que Serve Um Transformador De Potência (TP)

Um Transformador de potência (TP) retrata as condições de potência e corrente de um circuito elétrico e atua na isolamento, entre outras funções.

No grupo ATS Elétrica você obtém todas as informações sobre Transformador de potência (TP) e sobre qual Transformador de potência (TP) deve ser usado em suas instalações para que fique segura.

Os profissionais atuantes do Grupo ATS Elétrica são experientes e atuam a mais de 20 anos na área, por isso, são competentes para oferecer o que há de melhor no mercado de Transformador de potência (TP).

Transformador De Potência (TP)

As empresas do Grupo ATS Elétrica ficam em São Paulo e Sorocaba e atuam com excelência em Transformador de potência (TP) e também em produtos na área de fusíveis e iluminação.

Transformador De Potência (TP) Óleo E A Seco

Trabalhando com grande variedade de Transformador de potência (TP), o Grupo ATS Elétrica possui transformadores a seco e a óleo.

Transformadores De Potência

A Importância Dos Transformadores De Potência

Os transformadores de potência são equipamentos elétricos estáticos que exercem grande importância em nossas instalações de energia, provendo uma melhor transferência de energia de um ponto a outro. Por isso, é normal que tenhamos um pé atrás quando precisamos comprar um equipamento desse tipo, principalmente por ser um investimento de grande importância para nossas instalações.

É natural que busquemos sempre uma empresa com grande potencial e disponibilidade para a confecção desse equipamento que não é facilmente fabricado. Mas, quando falamos de transformadores de potência, não podemos deixar de citar a empresa Interfase Indústria e Comércio de Transformadores.

A fabricante que mais cresce no mercado nacional desde sua fundação a mais de 15 anos. Trabalhando com profissionais de ponta no servido, sempre proporcionando uma alta qualidade nos materiais de seus equipamentos.

Para Que Servem Os Transformadores De Potência?

Os transformadores de potência são equipamentos voltados para a transferência de energia de um circuito para outro, através de um fluxo magnético comum de ambos os lados do circuito.

Os transformadores de potência retratam as condições de potência e correntes de certo circuito elétrico, atuando também na isolação elétrica, como possui também diversas outras funções dentro da instalação.

É por isso, que devemos sempre tomar cuidado quando escolhemos o local onde comprar nossos transformadores de potência, afinal, se não tivermos especialistas trabalhando no assunto, o equipamento pode ter algum problema, e isso acarretar grandes dificuldades na instalação.

Interfase Industria E Comercio De Transformadores

Quanto a isso, podemos ficar totalmente tranquilos, a Interfase Industria e Comercio de Transformadores é uma empresa totalmente séria quanto a seu serviço, que sempre busca levar um equipamento de qualidade a seus clientes e parceiros. Principalmente quando se trata de fabricação de ponta, nós possuímos os melhores equipamentos hoje no mercado nacional e internacional, assim como os melhores operadores e engenheiros da atualidade. Também possuímos materiais de qualidade e matérias-primas de alto nível.

Com nossa sede própria na cidade de Diadema São Paulo, temos conexão com todas as grandes rodovias que cortam o país, com isso, sempre nos empenhamos para cumprir com nossos prazos combinados e levar o produto até a sua empresa.

Então se você estiver procurando por transformadores de potência, você encontrou o lugar certo, é com a Interfase! Entre em contato com um de nossos atendentes e descubra o porquê da Interfase ser a empresa que mais cresce no mercado nacional.

Monitoramento Por Emissão Acústica De Transformadores De Potência E Reatores

As atividades acústicas em equipamentos, como transformadores de potência, são, em geral, provocadas por fenômenos mecânicos, térmicos e elétricos. Suas causas mais comuns são: vibrações mecânicas de componentes e acessórios; surtos de manobras; oscilações do sistema elétrico; pontos quentes e descargas parciais. Independentemente de sua natureza, no entanto, estas causas podem resultar na degradação do isolamento e levar à falha do equipamento.

Para evitar estes problemas, uma ferramenta que vem sendo bastante empregada em diversas áreas tecnológicas é a emissão acústica. Trata-se de uma técnica de ensaios não destrutiva de grande utilidade na detecção de defeitos internos em materiais e equipamentos. Suas propriedades fazem com que se apresente como uma importante ferramenta de inspeção preventiva/ preditiva, não invasiva, de fácil aplicação, baixo custo, e, portanto, uma alternativa simples para uso no campo.

Sendo assim, o serviço de monitoramento por emissão acústica de transformadores de potência e reatores permite - através de medições sob demanda ou medições contínuas - avaliar, por meio de emissão acústica, as solicitações elétricas e mecânicas impostas a equipamentos de transformação e reatores.

O serviço, prestado pelo Laboratório de Diagnóstico em Equipamentos e Instalações Elétricas (LabDig), localizado na Unidade Fundão, possibilita: a realização de ensaios com o equipamento em operação, eliminando a necessidade de interrupções do seu funcionamento; a detecção e análise de defeitos em tempo real; relativa imunidade a ruídos eletromagnéticos; a localização tridimensional de defeitos. Dessa forma, provê subsídios a concessionárias e fabricantes de equipamentos elétricos para que minimizem a taxa de falhas de equipamentos e para que identifiquem a(s) causa(s) de falha(s).

Manutenção De Transformadores De Potência

Utilize Manutenção De Transformadores De Potência Para Deixar Sua Rede Sempre Com Bom Funcionamento

A rede elétrica da sua empresa tem dado problemas ultimamente? Não se preocupe, pois existe uma solução perfeita para o seu problema. A solução para que sua rede comece a ter um desempenho melhor o mais rápido possível é que você entenda a importância da manutenção de transformadores de potência como uma forma de melhorar o seu desempenho. Com o tempo, o transformador que você utiliza pode começar a dar problemas, por isso é extremamente importante sempre estar de olho e

perceber quando pode ser a melhor hora para que você agende um processo de manutenção de transformadores de potência com uma empresa que tenha qualidade garantida para que você obtenha sempre resultados significativos com a sua rede elétrica.

Mas como encontrar a empresa perfeita para fazer o serviço de manutenção de transformadores de potência para você? Essa é uma pergunta muito importante, pois encontrar a empresa certa para o serviço pode ser a resposta certa para que a efetividade da manutenção de transformadores de potência seja muito maior. Sendo assim, vale a pena se preocupar com a qualidade da empresa se você quer otimizar a qualidade do serviço e, por consequência, da sua rede elétrica.

Como encontrar uma empresa específica de manutenção de transformadores de potência que seja perfeita para você? Isso é mais fácil do que parece. A melhor opção, caso você esteja na região de São Carlos (SP), é contratar os serviços da CBT Corporação Brasileira de Transformadores Eirel, a melhor empresa de transformadores de São Paulo. Somente com a ajuda da CBT você vai ser capaz de obter o que são indiscutivelmente os melhores resultados na área. Por isso, privilegia sempre a escolha pela qualidade quando for precisar de manutenção de transformadores de potência para que a sua empresa atinja sempre resultados melhores e mais otimizados quando o assunto for a efetividade da rede elétrica que ela utilizada para abastecer as suas atividades de produção. A CBT é a escolha perfeita para empresas que acreditam na qualidade como um valor fundamental para elas.

Transformadores de potência eficientes são necessários para um planeta mais sustentável.

Parece algo tão distante, mas se pararmos para pensar um transformador de energia está mais perto de nós do que imaginamos.

Somente conseguimos acender as luzes de nossas casas, porque existem milhares de transformadores de energia transportando eletricidade. É através deles que a corrente elétrica é conduzida. Atualmente, fatores como economia e energia sustentável, tem se tornado cada vez mais importante para ajudar o planeta a consumir energia de maneira consciente, desta maneira, adotar equipamentos que contribuam para a produção de uma energia mais limpa, torna-se imprescindível.

Sendo assim, transformadores de potência fabricados em cobre surgem como uma solução eficiente, quando comparado àqueles produzidos em alumínio.

Mas, será que os transformadores de energia fabricados com enrolamento de cobre são mais caros dos que os fabricados em alumínio?

Na realidade, isso é um mito, uma vez que as variáveis que determinam o custo total para a fabricação de um transformador, entre elas: condutores, aço magnético, tanque e óleo necessário para atingir o desempenho energético necessário, são frequentemente mais baratas quando utilizado o cobre ao invés do alumínio.

Desta maneira, quanto mais cobre se utiliza em um transformador de potência, maior a possibilidade que os transformadores operem em melhores condições, de maneira eficiente, e que tenham uma maior vida útil.

Manutenção Preventiva Em Transformadores De Potência

Oferecendo soluções em manutenção preventiva em transformadores de potência, a TECNO DAHER atua na área de manutenção elétrica em AT e BT, com ênfase em cabines primárias e dispositivos de proteção tais como: disjuntores, contadores, reles de proteção, etc. Assim como a manutenção preventiva em transformadores de potência, os demais serviços da TECNO DAHER são voltados às necessidades dos clientes e executados de acordo com as normas vigentes NBR5410, NBR5419, NBR14039 e NR10, e a resolução 456/00 da ANEEL. Consulte a manutenção preventiva em transformadores de potência TECNO DAHER e tenha tranquilidade em sua rede.

A manutenção preventiva em transformadores de potência é fundamental para o bom funcionamento das instalações elétricas e está prevista na resolução 456 da ANEEL e na norma regulamentadora NR-10. A TECNO DAHER dispõe de ferramental, instrumentos de medição, mão de obra qualificada e registro no Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura de São Paulo, o CREA SP, para a execução completa de manutenção preventiva em transformadores de potência. Contrate experiência em manutenção preventiva em transformadores de potência junto à TECNO DAHER!

Na manutenção preventiva em transformadores de potência, a equipe técnica da TECNO DAHER faz análise de óleo físico-químico e cromatográfico, tratamento do óleo por meio de máquina termo vácuo, inspeção das buchas, isoladores, radiadores, rele de gás, termômetro, sílica gel e proteções, manutenção preventiva e ensaios elétricos.

Importância Da Manutenção Preventiva Em Transformadores De Potência

A manutenção preventiva em transformadores de potência tem a finalidade de restabelecer as características dos equipamentos e adequá-las às condições do circuito e do ambiente.

A TECNO DAHER é especialista em manutenção preventiva em transformadores de potência, contando com mão de obra qualificada que elabora cronograma para a perfeita operação dos equipamentos, elaborando etapas de inspeção e testes que seguem uma lógica e devem ser adotadas em todos os casos onde exista uma subestação e a preocupação de manter a sua conservação e bom funcionamento.

Os técnicos da TECNO DAHER realizam procedimento padrão que objetiva detectar eventuais falhas, executando rotinas de testes estabelecidas em normas, desta forma, prolongando a vida útil dos componentes do sistema.

O objetivo da manutenção preventiva em transformadores de potência é averiguar e diagnosticar o estado de operação e prováveis falhas que possam ocorrer nos equipamentos instalados. Durante a manutenção preventiva em transformadores de potência a equipe TECNO DAHER efetua as atividades que indicam as reais condições de operação das subestações.

Transformadores De Potência

Nas estações de transformação, a parte mais importante é, certamente, representada pelos transformadores, seja pela função que eles exercem de transformação da tensão para o nível desejado de trabalho e por serem dimensionados para suportar todas as cargas instaladas e eventuais aumentos sazonais de carga, como pelo custo que importam em relação às outras partes da instalação.

Entenda Como Funciona Um Transformador De Energia Elétrica E Onde Ele É Necessário

Responsável por garantir o uso de energia elétrica em residências e indústrias, o transformador de energia elétrica é um dispositivo que trabalha dentro dos princípios da indução de corrente e tem capacidade de modificar a tensão elétrica. Existem dois modelos diferentes de transformador: o transformador de potência, que recebe a energia elétrica da usina e repassa para a rede de transmissão, e o transformador de distribuição, que é a última etapa antes da energia elétrica chegar até o consumidor. Basicamente, a energia produzida pelas usinas chega ao transformador de potência em uma tensão muito grande, e continua assim durante toda a extensão dos fios da rede elétrica. É neste ponto que o transformador de distribuição entra em cena, reduzindo essa tensão e distribuindo-a para casas, lojas, empresas, indústrias e consumidores em geral.

Para mensurar a necessidade do transformador de energia elétrica, basta ter em mente que os maiores geradores das usinas elétricas enviam uma tensão superior a 10.000 V, o que é impossível para o uso doméstico — que utiliza tensões de 110 ou 220 V. Esta corrente elevada chega até uma bobina presente dentro do transformador de energia, criando um campo magnético. Essa energia é, então, transformada em uma tensão adequada e enviada aos consumidores finais. Se levarmos em conta apenas a finalidade de uso, existem quatro tipos de transformadores de energia.

O primeiro é o transformador de corrente, que permite a mudança de corrente contínua para corrente alternada. Já o transformador de potência atua para enviar a tensão ao sistema de distribuição. O modelo de distribuição, por sua vez, repassa a tensão pelos fios da rede, e o transformador de energia de força envia ao consumidor. Durante todo este processo, a tensão da energia elétrica vai sendo reduzida até chegar aos lares e empresas na medida adequada.

Como Funciona Um Transformador De Energia Para Média Tensão

Um transformador de energia é um equipamento que tem como finalidade transmitir potência ou energia elétrica entre diferentes circuitos por meio da indução de tensão e corrente ou da modificação da impedância do circuito elétrico. É muito comum encontrá-los em postes e locais onde existam instalações elétricas.

Esse equipamento foi inventado há mais de 180 anos por Michael Faraday e se baseia nos princípios do eletromagnetismo, princípios esses que se acredita que foram descobertos pelo próprio Faraday com a contribuição de Heinrich Lenz, embora uma operação matemática referente aos princípios eletromagnéticos tenha sido formulada apenas no ano de 1845 por Franz Ernst Neumann.

O funcionamento de um transformador de energia só é possível em redes elétricas de corrente alternada, que são aquelas onde os circuitos ficam sujeitos a campos magnéticos variáveis. Basicamente, sua composição se dá a partir de dois componentes, que formam a parte ativa do equipamento:

Enrolamento: que é a união de várias bobinas, geralmente de cobre, isoladas por uma camada de verniz sintético;

Núcleo: que na maior parte das vezes composto por um material ferromagnético, tem a função de fazer a transferência da corrente do enrolamento primário até o secundário.

Outros componentes que compõem um transformador de energia são acessórios complementares como tanques principais e de expansão, buchas, comutadores, acionamentos, radiadores, termômetros e um painel de controle, entre outros.

O Que É Média Tensão

A tensão elétrica é dividida em algumas categorias para facilitar sua compreensão e proporcionar um melhor entendimento em relação às suas aplicações. O conceito de média tensão pode variar de acordo com cada contexto e geralmente trata de tensões entre 1 kV e 69 kV.

Logo, um transformador de energia para média tensão deve operar nessa faixa de tensão para que garanta a eficiência e o perfeito funcionamento da rede elétrica. É muito importante que o dimensionamento do transformador de energia para média tensão seja feito da maneira correta e por meio de cálculos que possam comprovar as características necessárias, já que o uso de um transformador de maior potência resultará em um prejuízo financeiro e perdas elétricas consideráveis, enquanto o uso de um transformador de potência menor coloca totalmente em risco a segurança do sistema e pode causar acidentes e vários outros problemas.

Importância Do Uso De Um Transformador De Energia Para Média Tensão

A energia que é transmitida pelas redes de distribuição elétrica circula em um nível de tensão de aproximadamente 13,8 kV, muito alto para a maioria dos consumidores. Se essa energia fosse utilizada para a alimentação de casas, lojas, prédios e estabelecimentos comerciais, os danos causados aos equipamentos elétricos e eletroeletrônicos seriam muito grandes, já que eles não têm capacidade para absorver essa tensão.

Assim que a energia passa por um transformador de energia sua tensão é rebaixada para 380V, de onde podem ser extraídas as tensões de 220V e 110V, utilizadas pela grande maioria das residências e estabelecimentos no Brasil. Isso garante que todos os equipamentos que precisem de energia elétrica funcionem com segurança e eficiência.

É evidente que a função de um transformador de energia é essencial, o que mostra ainda mais a importância de tomar todos os cuidados necessários para a escolha desses equipamentos. Isso vai garantir que não ocorra nenhuma falha ou variação de tensão que possa danificar os equipamentos ou colocar em risco a segurança das pessoas.

Bons transformadores de energia são fabricados com matérias-primas de excelente qualidade e seguem a todas as exigências, normas técnicas e determinações legais competentes, que garantem tanto seu perfeito funcionamento quanto total segurança. Portanto, mantenha o olho vivo nesses fatores!

Uma forma segura de utilização de um transformador de energia para média tensão é em forma de skid, geralmente composto por um transformador de energia, associado a sistemas de proteção.

A solução de transformação de energia para média tensão da A Geradora é composto por um skid transformador e uma blindada. O principal componente do skid é seu transformador de energia, destinado a rebaixar ou elevar a tensão de um circuito de 13,8KV para 380V e vice-versa, de modo que não se altere a potência do circuito.

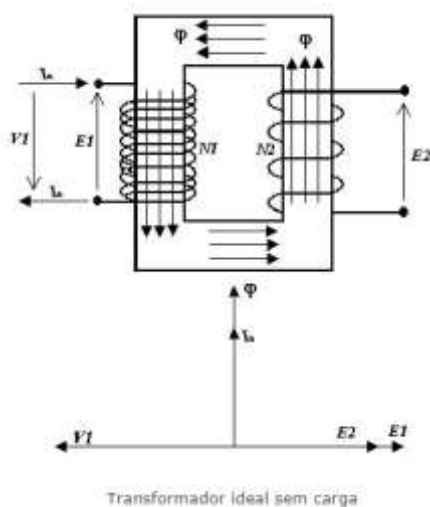
Além do transformador de energia, o skid transformador da A Geradora é composto por dois sistemas de proteção dos tipos MT e BT. O primeiro isola o fornecimento de energia elétrica de partes de um sistema elétrico para protegê-lo em caso de uma eventual manutenção, ou para minimizar os efeitos indesejados em caso de interrupção do fornecimento de energia programada. O sistema de proteção BT contém um disjuntor eletromecânico, que funciona como um interruptor automático, destinado a proteger uma determinada instalação elétrica contra possíveis danos causados por curtos-circuitos de sobrecargas elétricas. A sua função básica é a de detectar picos de corrente que ultrapassem o adequado para o circuito, interrompendo-a imediatamente antes que os seus efeitos térmicos e mecânicos possam causar danos à instalação elétrica protegida.

Transformador de Potencial

Um transformador consiste essencialmente de dois enrolamentos independentes sobre um núcleo de ferro. O enrolamento primário recebe a energia e o secundário transfere a mesma à carga. A figura abaixo representa um circuito magnético fechado, de ferro, sobre o qual estão colocados os dois enrolamentos que têm N_1 e N_2 espiras. Um transformador ideal no qual não existem perdas no ferro, a resistência dos enrolamentos é desprezível e todo o fluxo magnético se enlaça com ambos os enrolamentos. Quando o secundário não está ligado a nenhuma carga e encontra-se aberto, nenhuma corrente pode circular por ele. O enrolamento primário é simplesmente uma indutância pura. Quando se aplica uma tensão alternada V_1 ao enrolamento primário, circulará uma corrente I_0 (corrente de magnetização), atrasada 90° devido a indutância do enrolamento que produzirá um fluxo magnético (fluxo de magnetização), em fase com I_0 . Este fluxo induzirá (lei de Lenz) tensões (contra-voltagens) E_1 , no primário e E_2 , no secundário, de mesma fase, e de sentido contrário (180°) a V_1 .

No transformador ideal (unitariamente acoplado), a indutância mútua e auto-indutância se comportam de tal forma que $E_1/E_2 = N_1/N_2 = \text{constante}$. Na figura seguinte, podemos observar o comportamento dos fasores. A potência fornecida pela fonte é a potência fornecida pela fonte é

onde $V = V_m \sin(\omega t + \phi)$ e a corrente da fonte é $I_{\text{primário}} = I_0 = I_m \sin(\omega t)$ é a própria corrente de magnetização (transformador sem carga).



Como o fluxo ϕ está em fase com I_0 temos que:

$$\phi = \phi_m \sin \omega t, \text{ logo } E_1 = N_1(-d\phi/dt) \text{ e } E_2 = N_2(-d\phi/dt)$$

$$\text{Como } -d\phi/dt = -\cos(\omega t) \Rightarrow E_1 = N_1 \cos(\omega t) \text{ e } E_2 = N_2 \cos(\omega t)$$

logo teremos que $E_2/E_1 = -N_2 \cos(\omega t) / N_1 \cos(\omega t) \Rightarrow E_2/E_1 = N_2/N_1$

No transformador ideal que não tem fluxo de dispersão e cujos enrolamentos não têm resistência, a voltagem terminal V_2 é igual à voltagem induzida E_2 . Também, V_1 e E_1 são iguais em grandezas, embora de sinais opostos.

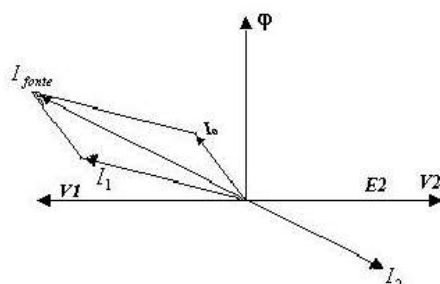
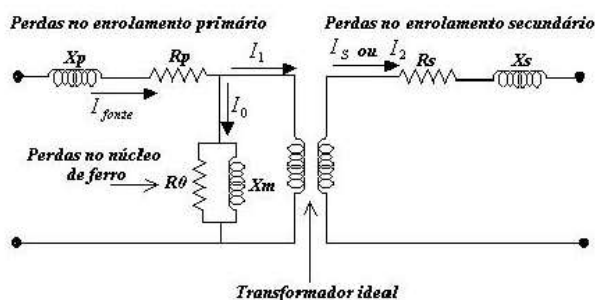
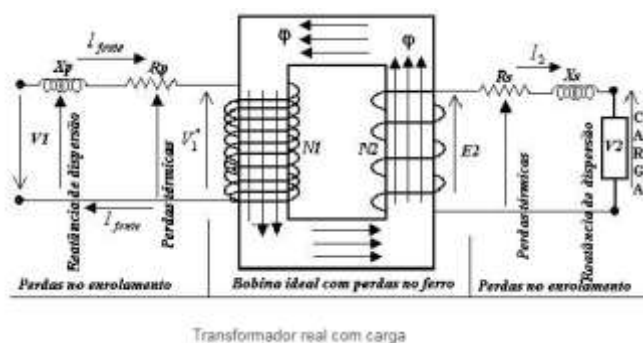
Quando se liga uma carga no secundário do transformador, ela interage com o mesmo passando a existir a corrente do secundário I_2 , que é a corrente de carga do circuito que está conectado ao mesmo. No primário a corrente fornecida pela fonte I_{fonte} deve ser suficiente para suprir a indutância do trafo (I_0) e a potência fornecida ao secundário, I_1 . Ou seja, $I_{\text{fonte}} = I_1 + I_0$.

A equação anterior pode ser escrita como: $V_2/V_1 = -N_2/N_1$, ou considerando apenas os módulos, $V_2/V_1 = N_2/N_1$, onde V_1 é a tensão da fonte e V_2 a tensão que é fornecida a carga do secundário. A equação anterior é utilizada para um transformador ideal em todas as cargas. Pode ser usada, também, para um transformador real, sem carga, visto que quando I_2 é nula, não existe diferença entre V_2 e E_2 , ou quando I_2 é nula, I_1 é pequena, de maneira que a diferença entre os valores de V_1 e E_1 é pequena. No caso dos transformadores reais, em plena carga, esta equação geralmente fornece um erro de 2% a 3%.

Se a carga do secundário não contém nenhuma fonte f.e.m, mas é simplesmente uma impedância Z , isto é, uma combinação de resistências, indutâncias e capacitâncias, então $I_2 = E_2/Z$. A corrente I_2 , que circula no secundário exerce uma força magnetomotriz (f.m.m) de $I_2 N_2$ que atua sobre o mesmo circuito magnético que a f.m.m $I_0 N_1$ do primário.

Considerando o circuito equivalente do transformador e as f.e.m. envolvidas,

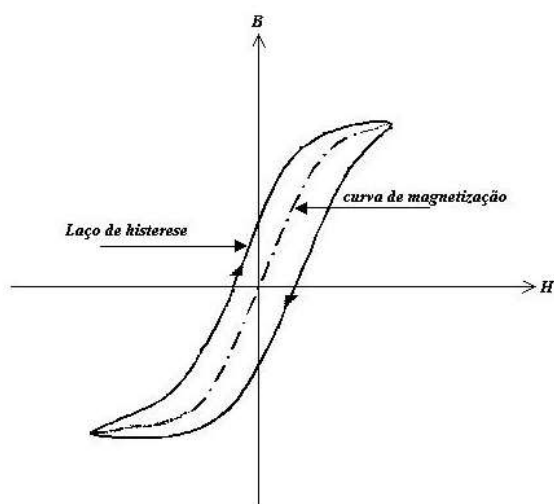
$I_1 N_1 + I_0 N_1 = I_2 N_2$. Se desprezarmos as perdas no transformador real teremos que $I_1 N_1 = I_2 N_2$, ou seja, $I_1/I_2 = N_2/N_1$



Circuito equivalente com as perdas refletidas no primário e diagrama fasorial

1 – Histerese

Os materiais ferromagnéticos exibem uma relação muito complexa entre a densidade de fluxo B e a intensidade de campo H aplicada. A indutância magnética B , além de depender do valor de H , depende do modo pelo qual esse valor foi atingido. Isso tem como implicação uma relação não biunívoca entre B e H . Por causa da histerese, para um ciclo dado, B tem dois valores para cada valor de H , quando H aumenta ou diminui. Uma mudança dos valores máximos e mínimos do ciclo o alteram completamente. A curva resultante tem a forma de um laço chamado LAÇO DE HISTERESE do material. Esse laço depende da amplitude máxima de H e de B . Podem existir laços simétricos e não simétricos. Isso mostra a dificuldade existente na análise do comportamento do material magnético, quando os fenômenos de histerese são relevantes. Felizmente, para os materiais magnéticos de interesse nos conversores eletromecânicos, são utilizados os denominados MATERIAIS MAGNETICAMENTE MOLES, de maneira que a curva de histerese, também conhecidas com curva de magnetização, não se afaste das curvas do laço de histerese. Resulta disso que as perdas histeréticas no material magnético são pequenas. Nas aplicações considera-se que as perdas por histerese são desprezíveis e trabalha-se com uma curva média semelhante à característica de um indutor.



Curvas de histerese de materiais magnéticos

2 – Características do TP

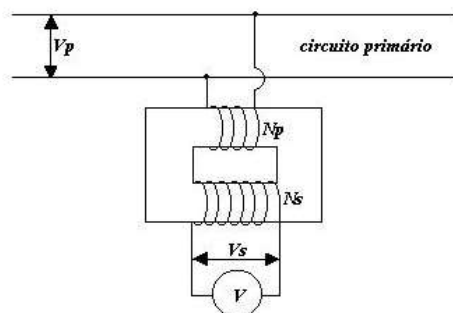
O transformador de potencial, ou TP, é um transformador como outro qualquer, com características próprias, portanto submetido às mesmas considerações anteriores, para ser instalado com medidores de energia elétrica, sendo o enrolamento primário ligado em derivação aos terminais do circuito do qual se deseja medir a tensão enquanto o secundário é ligado aos terminais de potencial de um ou mais instrumentos de medição, controle ou proteção. Todos ligados em paralelo. A tensão no circuito secundário é normalmente menor, sendo na prática considerado um redutor de tensão.

Os TP'S são dimensionados para suportarem uma sobretensão de 15% ou 90% de tensão primária nominal, com frequência nominal, sem exceder os limites de elevação de temperatura. São utilizados para alimentar instrumentos de alta impedância (voltímetros, bobinas de potencial de medidores, etc.) acarretando no secundário uma corrente I_s muito pequena, funcionando quase a vazio.

A figura a seguir, representa de forma simplificada a ligação de um TP, que é um elemento redutor de tensão. São normalmente dimensionados para uma tensão nominal secundária padronizada de 115 V ou $115/\sqrt{3}$ V de aproximadamente. A tensão nominal primária dependerá da tensão primária que será aplicada ao mesmo. As tensões máximas normalizadas dos em kV rms são 0,6 1,2 7,2 15 25,8 36,2 72,5 até 765 kV.

Quando se aplica no primário de um TP a tensão nominal para o qual o mesmo foi projetado, obtém-se no secundário a tensão de 115 V. Quando a tensão aplicada no primário é menor ou maior que a

nominal obtém-se no secundário uma tensão menor ou maior que 115 V. Os TP's podem ser dimensionados para serem ligados entre fases e neutro, tendo assim como tensão primária a tensão entre fases dividida por $\sqrt{3}$ e como tensão secundária nominal $115/\sqrt{3}$ ou 115 V



Ligação de um transformador de Potencial

3 - Relações Nominal, Real, Correlação e Erros

3.1 - Relação Nominal (Kp)

É a relação entre valores nominais das tensões primária (V_{1n}) e secundária (V_{2n}). Conhecida como relação de transformação, é indicada pelo fabricante na placa de identificação do TP.

$$K_p = V_{1n} / V_{2n}$$

3.2 - Relação Real (Kr)

É a relação entre o valor exato V_1 de uma tensão qualquer aplicada ao primário do TP e o correspondente valor exato V_2 verificado no secundário.

$$K_r = V_1 / V_2$$

Os valores de K_r são muito próximos entre si e também de K_p . Normalmente não é possível medir-se V_1 com voltímetro, por ser de valor muito elevado. Mede-se, então, V_2 e chega-se a V_1 através do diagrama fasorial do TP. Assim, podemos representar K_r com a relação

3.3 - Fator de Correlação de Relação (FCRp)

É o fator pelo qual deve ser multiplicada a relação de transformação K_p do TP para se obter sua relação K_r .

$$FCR_p = K_r / K_p$$

Para cada K_r haverá um FCR_p correspondente. Os limites inferior e superior do FCR_p são determinados sob condições especificadas, e a partir daí determina-se a classe de exatidão do TP.

3.4 - Erros do TP

Na prática não é possível, normalmente, obter a tensão primária V_1 do TP. O valor verdadeiro de V_1 é determinado fasorialmente. O valor teoricamente medido será dado pela relação $K_p \times V_2$, ou seja:

$$V_1 = K_p V_2 \text{ (TP ideal) ou } V_1 \approx K_p V_2 \text{ (TP ideal)}$$

No TP real o secundário reflete o que se passa no primário, existindo o Erro de Relação (ϵ_p)

$$\epsilon_p \% = \frac{K_p \times V_2 - |\vec{V}_1|}{|\vec{V}_2|} \times 100$$

que pode ser representado por $\epsilon_p\% = 100 - \text{FCRp}\%$

Outro erro comum é o Erro de Ângulo de Fase que é a defasagem existente entre V_1 e o inverso de V_2 . Este erro pode ser positivo ou negativo.

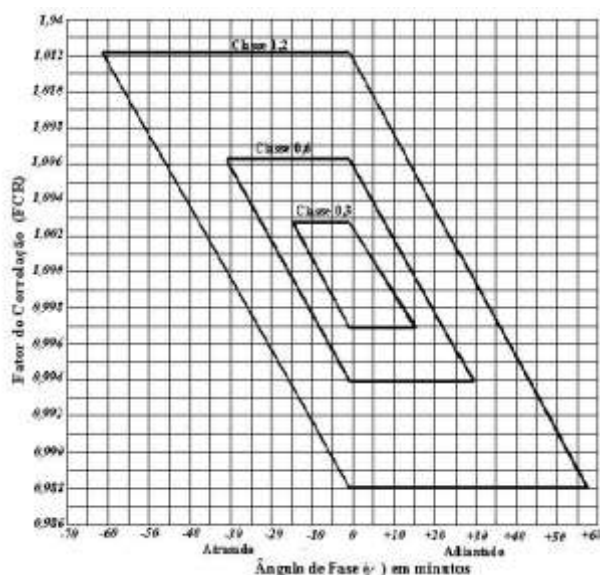
4 - Classe de Exatidão

Devido aos erros existente no TP, como qualquer máquina eletromagnética, que variam com o tipo de carga que é ligada ao seu secundário, são fixadas condições de ensaio, de acordo com as normas técnicas existentes, para se determinar as condições de aplicação dos mesmos e a qualidade dos equipamentos que implica em custos maiores ou menores. Assim é definida a classe de exatidão dos TP's. Um TP pode ser enquadrado em uma ou mais das classes de exatidão abaixo, conforme a sua aplicação.

Um TP está dentro de sua classe de exatidão quando o ponto dado pelo Fator de Correlação de Relação (FCRp) e pelo Ângulo de Fase (ϕ) estiver dentro do paralelogramo de exatidão. Pode-se usar, também, o Erro de Relação (ϵ_p) e o ângulo de fase.

Por exemplo, para um TP de classe 0,3 o Fator de Correlação de Relação deve estar entre os limites de 0,997 a 1,003.

CLASSE DE EXATIDÃO	APLICAÇÃO
Melhor que 0,3	TP Padrão Medições em laboratório Medições especiais
0,3	Medição de energia elétrica para faturamento de consumidor
0,6 ou 1,2	Medição de energia elétrica sem finalidade de faturamento Alimentação de relés Alimentação de instrumentos de controle Voltímetro, watímetro, varímetro, fasímetro, frequencímetro, sincronoscópio



Limites da classe de exatidão 0,3; 0,6 2 1',2 em TP's

5 - Tensões, Carga Nominal, Potência Térmica

5.1– Tensões Secundárias

A tensão secundária normalmente encontrada é de 115 V, tendo possibilidade de 115/ $\sqrt{3}$ V. Pode ser encomendado um TP com tensão secundária de 110, 120 ou 125 V, que são tensão não padronizadas.

5.2 – Tensões Primárias Nominais e Relações Nominais

A determinação da tensão primária nominal em relação nominal depende do valor de tensão primária a qual o TP será submetido, isto é, tensão fase-fase ou fase-neutro. As tensões padronizada podem vistas na tabela 03.

5.3 – Frequência

Deve ser 60 Hz que é a frequência padronizada no Brasil. Em outros países, a frequência pode ser 50 Hz.

5.4 – Carga Nominal

Carga na qual se baseiam os requisitos de exatidão para qual o TP foi fabricado. É designada por caracteres formado pela letra p seguida no número de volt-ampéres (ver tabela 04).

GRUPO I LIGAÇÃO FASE-FASE		GRUPO 2 E 3 LIGAÇÃO FASE-NEUTRO		
Tensão Primária Nominal (V)	Relação Nominal	Tensão Primária Nominal (V)	Relação Nominal	
			Tensão Secundária de 115/ $\sqrt{3}$ V	Tensão Secundária de aproximadamente 115 V
1	2	3	4	5
115	1 : 1	-	-	-
2302	2 : 1	230/ $\sqrt{3}$ V	2 : 1	1,2 : 1
402,5	3,5 : 1	402,5/ $\sqrt{3}$ V	3,5 : 1	2 : 1
460	4 : 1	460/ $\sqrt{3}$ V	4 : 1	2,4 : 1
575	5 : 1	575/ $\sqrt{3}$ V	5 : 1	3 : 1
2 300	20 : 1	2 300/ $\sqrt{3}$ V	20 : 1	12 : 1

3 450	30 : 1	3 45/ $\sqrt{3}$ V	30 : 1	17,5 : 1
4 025	35 : 1	4 025/ $\sqrt{3}$ V	35 : 1	20 : 1
4 600	40 : 1	4 600/ $\sqrt{3}$ V	40 : 1	24 : 1
6 900	60 : 1	6 050/ $\sqrt{3}$ V	60 : 1	35 : 1
8 050	70 : 1	8 500/ $\sqrt{3}$ V	70 : 1	40 : 1
11 500	100 : 1	11 800/ $\sqrt{3}$ V	100 : 1	60 : 1
13 800	120 : 1	13 000/ $\sqrt{3}$ V	120 : 1	70 : 1
23 000	200 : 1	23 500/ $\sqrt{3}$ V	200 : 1	120 : 1
34 500	300 : 1	34 000/ $\sqrt{3}$ V	300 : 1	175 : 1
44 000	400 : 1	44 000/ $\sqrt{3}$ V	400 : 1	240 : 1
69 000	600:1	69 000/ $\sqrt{3}$ V	600 : 1	350 : 1
		88 000/ $\sqrt{3}$ V	800 : 1	480 : 1
		115 000/ $\sqrt{3}$ V	1 000 : 1	600 : 1
		138 000/ $\sqrt{3}$ V	1 200 : 1	700 : 1
		161 000/ $\sqrt{3}$ V	1 400 : 1	800 : 1
		196 000/ $\sqrt{3}$ V	1 700 : 1	1 000 : 1
		230 000/ $\sqrt{3}$ V	2 000 : 1	1 200 : 1
OBS: As relações nominais de TP com tensões primárias nominais superiores a 69 kV, para o grupo 1 e a 230 kV para os grupos 2 e 3, devem ser especificados pelo comprador.				

Tensões primárias nominais e relações nominais

5.5 – Maior Potência Térmica

É a maior potência aparente que um TP pode fornecer em regime permanente, sob tensão e frequência nominais sem exceder os limites de elevação de temperatura especificados.

CARGAS NOMINAIS				CARACTERÍSTICAS A 60 Hz E 120 V			CARACTERÍSTICAS A 60 HZ E 69,3 V (120/√3V)		
DESIG NAÇÃO ABNT	DESIG NAÇÃO ANSI	POTÊN CIA APARENTE (VA)	FATOR DE POTÊN CIA	RESIS TÊNCIA Ω	INDU TÂNCIA MH	IMPE DÂNCIA Ω	RESIS TÊNCIA Ω	INDU TÂNCIA mH	IMPE DÂNCIA Ω
1	1a	2	3	4	5	6	7	8	9
P 12,5	W	12,5	0,10	115,2	3 042	1 152	38,4	1 014	384
P 25	X	25	0,70	403,2	1 092	576	134,4	364	192
P 75	Y	75	0,85	163,2	268	192	54,4	89,4	64
P 200	Z	200	0,85	61,2	101	72	20,4	33,6	24
P 400	ZZ	400	0,85	30,6	50,4	36	10,2	16,8	12
OBS: As características á 60 Hz e 120 V são válidas para tensões secundárias entre 100 e 130 V, e as características a 60 Hz e 69,3V são válidas para tensões secundárias entre 58 e 75. Em tais condições , as potências aparentes são diferentes das especificadas									

Cargas de TP

5.6 – Grupo de Ligações - Polaridade

De acordo com o tipo de conexão e do aterramento do sistema onde o TP será instalado, o mesmo pode ser classificado nos seguintes grupos de ligação

5.6.1 – Grupo de Ligação 1- Ligação FaseE/Fase

O TP do grupo deve ser capaz de suportar continuamente sobretensão de 15%. Sua potência térmica nominal (dissipação de calor) deve ser no mínimo 1,33 vezes a maior carga nominal ou a soma das maiores cargas, no caso de TP com mais de um secundário. A elevação de temperatura não deve exceder a este limite.

5.6.2 – Grupo de Ligação 2 - Ligação Fase/Neutro

Usado em sistemas diretamente aterrados. As exigências são as mesmas do grupo 1, descritas anteriormente.

5.6.3 – Grupo de Ligação 3 - Ligação Fase/Neutro

Utilizado em sistemas com aterramento deficiente, que não garanta a sua eficácia, tendo em vista que, em um sistema de neutro isolado, o TP pode ser submetido à tensão fase-fase no caso de contato de uma fase para a terra, o mesmo deve suportar continuamente 90% de sobretensão e a potência térmica nominal deve ser 3,6 vezes a maior carga nominal, ou a soma das cargas.

5.6.4 – Fatores de Sobretensão

A sobretensão que pode suportar um TP em regime contínuo em virtude de faltas ocorridas no sistema de distribuição, de acordo com a NBR6855, estão na tabela abaixo:

GRUPO DE LIGAÇÃO	FATOR DE SOBRETENSÃO	
	CONTÍNUO	30S
1	1,15	1,15
2	1,15	1,5
3	1,9	1,9

Sobretensões em TP's

5.6.5 – Classificação Quanto a Aplicação

O TP pode ser classificado de acordo com o ambiente e o meio isolante (dielétrico) como uso interno ou uso externo, como geralmente é utilizado, conforme descrição do dielétrico abaixo:

EPÓXI	TP uso interno
ÓLEO	TP de uso externo
PÓ DE QUARTZO COM ÓLEO	TP de uso externo
RESINA CICLOALIFÁTICA	TP's de uso interno e externo

Aplicação dos TP's em ambientes internos e externos

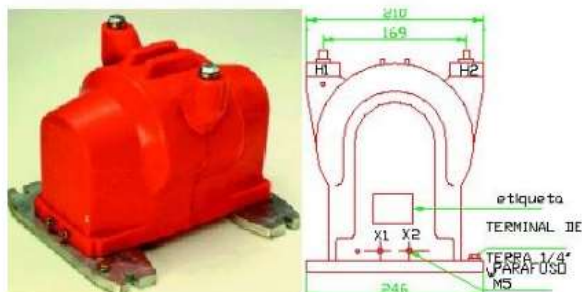
6 – Polaridade dos TP'S

POLARIDADE SUBTRATIVA

primário H1 X1
H2 X2 secundário

POLARIDADE ADITIVA

primário H1 X2
H2 X1 secundário



A polaridade dos transformadores relaciona o sentido instantâneo das tensões primárias e secundárias nos seus terminais. Num transformador, diz-se que o terminal X_1 do secundário tem a mesma polaridade do terminal H_1 do primário se, quando a corrente I_1 percorre o enrolamento primário de H_1 para H_2 , no mesmo instante a corrente I_2 percorre a carga X_1 para X_2 . Conforme a disposição externa dada aos terminais da mesma polaridade, os transformadores podem ser de polaridade aditiva ou subtrativa.

6.1– Polaridade Aditiva

Os terminais de mesma polaridade não são adjacentes, isto é, quando eles estão colocados externamente em diagonal.

6.2– Polaridade Subtrativa

Os terminais de mesma polaridade são adjacentes, isto é, quando eles não estão colocados externamente em diagonal.

7 – Dados de Placa e Dimensionamento

7.1– Dados de Placa

Nos TP's para uso exterior a placa deve ser de aço inoxidável e para uso interior deve ser de alumínio ou outro material não oxidável. Deve ser gravada em alto ou baixo relevo, na cor preta com fundo em cor natural e conter, além das exigidas por lei, as informações identificadas pelas abreviações indicadas a seguir entre parênteses:

01	Conte a expressão	TRANSFORMADOR DE POTENCIAIS
02	Fabricante	NOPE DO FABRICANTE
03	Ano de fabricação	(ANO)
04	Número de série	(N.º ...)
05	Tipo do modelo	(MODELO)
06	Especifique o tipo de uso interior/externo	(USO)
07	Norma e ano de sua edição	(NORMA/ANO)
08	Frequência nominal em (Hz)	Hz
09	Tensão máxima do equipamento (tensão)	kV
10	Nível de isolamento (U_0)	kV
11	Fator de sobretensão contínua	(F. CONT)
12	Perdas nominais	(Pa)
13	Tensão primária nominal (V)	V
14	Classe de exatidão e carga	(EXATIDÃO)

15	Potência térmica nominal (P _{term})	V
16	Grado de ligação	(GRADO)
17	Massa total (Metal)	kg
18	Massa do líquido isolante (Óleo) em kg, se aplicável	kg
19	Número do manual de instrução	(MANUAL)
20	Encomenda	(ENCOM)
21	Estado em branco de 10 x 70 mm	UTILIZADO PESO ORÇAMENTO
22	Diagrama de ligação	

7.2 – Dimensionamento do TP

Para especificar um TP para medição de energia elétrica para faturamento de um consumidor atendido em 69 kV, com medição de kWh, com demanda, e Kvarh com dois elementos (ligação entre fases), teremos:

Classe de Exatidão: Utilizando a tabela da classe de exatidão obteremos a classe 0,3

Carga Nominal: Esta diretamente relacionada com a carga a ser ligada no secundário do TP. Estes dados são obtidos junto ao fabricante (próxima tabela).

Sendo S a potência aparente, teremos: $S = \sqrt{(6,0)^2 + (19,3)^2}$, logo $S = 20,21$ VA

INSTRUMENTO	Watt	Var
Bobina de potencial (kWh)	1,2	7,8
Bobina de Potencial (Varh)	7,0	7,5
Motor conjunto de demanda máxima	2,8	4,0
TOTAL	6,0	19,3

Perdas internas de componentes da medição.

Consultando a tabela de cargas no TP veremos que o TP deve ter carga nominal de 25 VA que corresponde à carga padronizada para ensaios de exatidão imediatamente superior ao calculado.

Potência Térmica Nominal: É a máxima potência dissipada em calor, devido ao efeito joule, dentro dos limites máximos de operação do T.P. É a maior potência aparente que um TP pode fornecer em regime contínuo, sob tensão e frequências nominais, sem exceder os limites de temperatura especificados.

Para os grupos de ligação 1 e 2, a potência térmica nominal não deve ser inferior a 1,33 vezes a carga mais alta em VA, referentes à exatidão. Para o grupo de ligação 3, a potência térmica nominal não deve ser inferior a 3,6 vezes a carga mais alta em VA, referente à exatidão do T.P.

Exemplo: Um TP do grupo 1 com enrolamento 0,3P25 terá a potência térmica nominal $P = 1,33 \times 25$, $P = 33,25$ VA que é a potência térmica mínima especificada, com as especificações abaixo.

Tensão Primária:	69.000 V
Tensão Secundária:	115 V
Relação Nominal:	600:1 (tabela 03)
Frequência:	60 Hz
Carga Nominal:	25 VA
Exatidão:	0,3P25
Potência térmica mínima:	33,25 VA
Grupo de ligação:	1
Tensão máxima de operação:	72,5
Níveis de Isolamento:	140/350/.../Kv

8 – Testes de TP no Campo

Na inspeção da medição em campo devemos observar, nos TP's, os seguintes passos:

01 - O TP traz marcas nos bornes do primário (H) e do secundário (X), que indicam uma correspondência existente entre os bornes, isto é, se um borne do primário for tornado como entrada de tensão, existe um no secundário que será a entrada de tensão para medição.

02 - A polaridade em qualquer equipamento TP (e TC) é sempre subtrativa e caso haja inversão, deve haver desligamento da subestação do consumidor para regularizar a ligação do TP.

03 – Quando for verificado a existência de escoamento de tensão, provocada por poeira no equipamento, o sistema deverá ser desenergizado, limpando-se o TP com bucha umedecida em óleo mineral. Se continuar o problema, substituir o mesmo, pois apresenta descargas parciais.

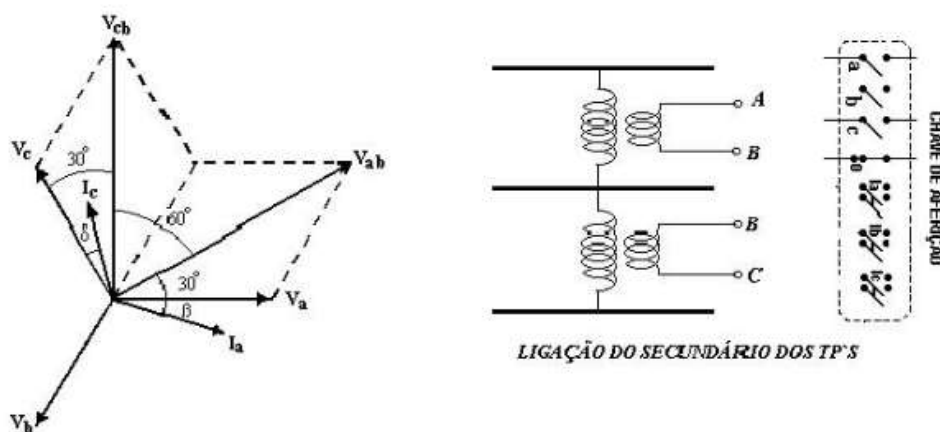
04 - As rachaduras no epoxi provocam descargas parciais, assim como colocação de placas inadequadamente (para controle interno do usuário, sem consulta prévia ao fabricante) e locais com umidade excessiva.

05 – Quando houver descargas parciais provenientes de umidade excessiva, podemos minimizar o problema com a colocação de resistências no cubículo de medição.

06 – Ao medir a tensão na chave de aferição, com relação do TP, e verificado sua inexistência (tensão=0), fica caracterizado que o equipamento encontra-se com problema, devendo ser substituído imediatamente, depois de verificar se o cabo não se encontra partido.

07 – Quando o TP estiver energizado no primário, o secundário nunca deve ficar curto-circuitado, ou melhor, ele deve ficar aberto alimentando uma carga

09 - A polaridade é facilmente detectada, pois o TP com a polaridade invertida (aditiva), apresenta um desequilíbrio de tensão na chave de aferição, com o pode ser visto abaixo:



Teste de polaridade dos TP's no campo

Na ligação de 02 elementos o fluxo de potência é dado por:

$$P_{\Sigma} = V_{AB} I_A + V_{CB} I_C$$

Na chave de aferição conectamos a tensão do secundário do TP, V_{AB} , entre o ponto a e 0, e a tensão V_{CB} , entre o ponto c e 0. Ao medirmos a tensão entre a e c, teremos: $V_{ac} = V_{AB} - V_{CB}$

Fazendo o módulo $V_{AB} = V_{CB} = V$, e considerando o ângulo de V_{AB} como referência (0°), teremos que:

$$V_{\Sigma} = V \angle 0^\circ - V \angle 60^\circ = V \angle -60^\circ$$

Diagrama Unifilar

O diagrama elétrico e o esquema elétrico são desenhos técnicos que têm a função de representar graficamente circuitos elétricos e eletrônicos através de desenhos e simbologias.

O diagrama elétrico possui uma simbologia definida por normas que é um padrão mundial! Desta forma, independente do país que você estiver, você conseguirá entender um diagrama elétrico, se souber a língua do país é claro.

Existem 4 tipos de diagramas elétricos, que são:

Diagrama Unifilar

Diagrama Multifilar

Diagrama Funcional

Diagrama Trifilar

Mas como foi dito no início do artigo, focaremos nossa explicação no diagrama unifilar.

Diagrama Unifilar: Definição

O diagrama unifilar é um desenho feito sobre a planta baixa arquitetônica de uma construção. Seja o diagrama unifilar industrial, residencial, comercial ou outro, todos eles representam os pontos de conexão dos dispositivos e o trajeto dos condutores, além de outros fatores.

Unifilar significa um fio, isso quer dizer que todos os cabos e fios são representados por símbolos sobre um só traço, normalmente este traço representa o eletroduto ou o caminho que os cabos estão submetidos! Esse diagrama serve também para verificar rapidamente a quantidade de condutores em um certo eletroduto. E por esses motivos, além da praticidade de leitura, ele é o diagrama mais usado pelos profissionais do Mundo da Elétrica!

Um erro que muitos profissionais cometem é confundir esquema unifilar e diagrama unifilar. Preste atenção, apesar de possuírem a mesma função, o diagrama e o esquema são diferentes!

Diagrama Unifilar: Simbologia e Interpretação

O jeito mais correto de aprender como interpretar um diagrama unifilar é conhecendo os seus símbolos! A simbologia nesse diagrama dita praticamente toda a interpretação dele, pois se você conhecer os símbolos e seguir os desenhos, facilmente entenderá a instalação.

Existem diversos símbolos para este tipo de diagrama e cada símbolo possui um significado diferente. Para ter acesso a todos os símbolos, basta consultar a norma NBR 5444 elaborada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), ela é a norma dos Símbolos Gráficos para Instalações Elétricas Prediais.

Apesar de serem muitos símbolos, alguns são os principais usados em uma instalação, entre eles estão:

Eletrodutos

Condutores

Caixas de passagem

Quadro de distribuição

Interruptores

Luminárias

Tomadas

Diagrama Unifilar Simbologia: Interruptores

Os interruptores são dispositivos que têm a função de seccionar o circuito quando são acionados, ligando ou desligando o mesmo. A simbologia mais usada deste dispositivo está representada na imagem abaixo.






Símbolo	Significado
	Interruptor de uma seção
	Interruptor de duas seções
	Interruptor de três seções
	Interruptor paralelo ou <i>Three-Way</i>
	Interruptor intermediário ou <i>Four-Way</i>

Diagrama Unifilar Simbologia: Tomadas

As tomadas são dispositivos conectados à rede elétrica que oferecem um ponto de conexão para dispositivos elétricos e eletrônicos, a fim de evitar a conexão direta deles na rede. A simbologia deste dispositivo está representada abaixo.

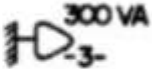



Símbolo	Significado
	Tomada de luz na parede, baixo (300 mm do piso acabado)
	Tomada de luz a meia altura (1.300 mm do piso acabado)
	Tomada de luz alta (2.000 mm do piso acabado)
	Tomada de luz no piso

Diagrama Unifilar Simbologia: Luminárias

As luminárias são os componentes que abrigam as lâmpadas! Elas podem ser classificadas e representadas de acordo com muitos fatores como por exemplo, a potência das lâmpadas, o circuito que a luminária pertence, a quantidade de lâmpadas e outros. Veja abaixo a simbologia delas.

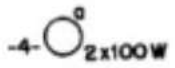
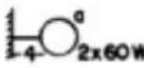
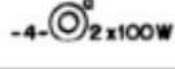
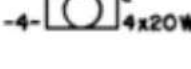


Símbolo	Significado
	Ponto de luz incandescente no teto. Indicar o nº de lâmpadas e a potência em watts
	Ponto de luz incandescente na parede (arandela)
	Ponto de luz incandescente no teto (embutido)
	Ponto de luz fluorescente no teto (indicar o nº de lâmpadas e na legenda o tipo de partida e reator)
	Ponto de luz fluorescente na parede
	Ponto de luz fluorescente no teto (embutido)

Diagrama Unifilar Simbologia: Eletrodutos

Podemos definir os eletrodutos como caminhos para os condutores, porque são eles que comportam os condutores e os levam por toda a construção. Os eletrodutos são essenciais para uma instalação elétrica, e possuem muitas representações como as que estão abaixo.



Símbolo	Significado
	Eletroduto embutido no teto ou parede
	Eletroduto embutido no piso
	Eletroduto que sobe
	Eletroduto que desce
	Eletroduto que passa descendo
	Eletroduto que passa subindo

Diagrama Unifilar Simbologia: Condutores

Os condutores são os caminhos onde a corrente elétrica percorre até o seu objetivo final, que é a carga. São um dos três principais componentes do circuito!


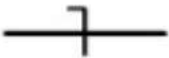




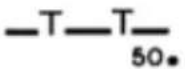
	Condutor de fase no interior do eletroduto
	Condutor neutro no interior do eletroduto
	Condutor de retorno no interior do eletroduto
	Condutor terra no interior do eletroduto
	Condutor positivo no interior do eletroduto
	Condutor negativo no interior do eletroduto
	Cordoalha de terra

Diagrama Unifilar Simbologia: Caixas de Passagem

As caixas de passagem são pontos abertos entre os eletrodutos. Elas são usadas para facilitar a passagem dos cabos por locais que têm curvas ou para oferecer uma possibilidade de manutenção em caso de longas distâncias.

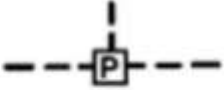






 Cx. pass. (200x200x100)	Caixa de passagem no piso
 Cx. pass. (200x200x100)	Caixa de passagem no teto
 Cx. pass. (200x200x100)	Caixa de passagem na parede

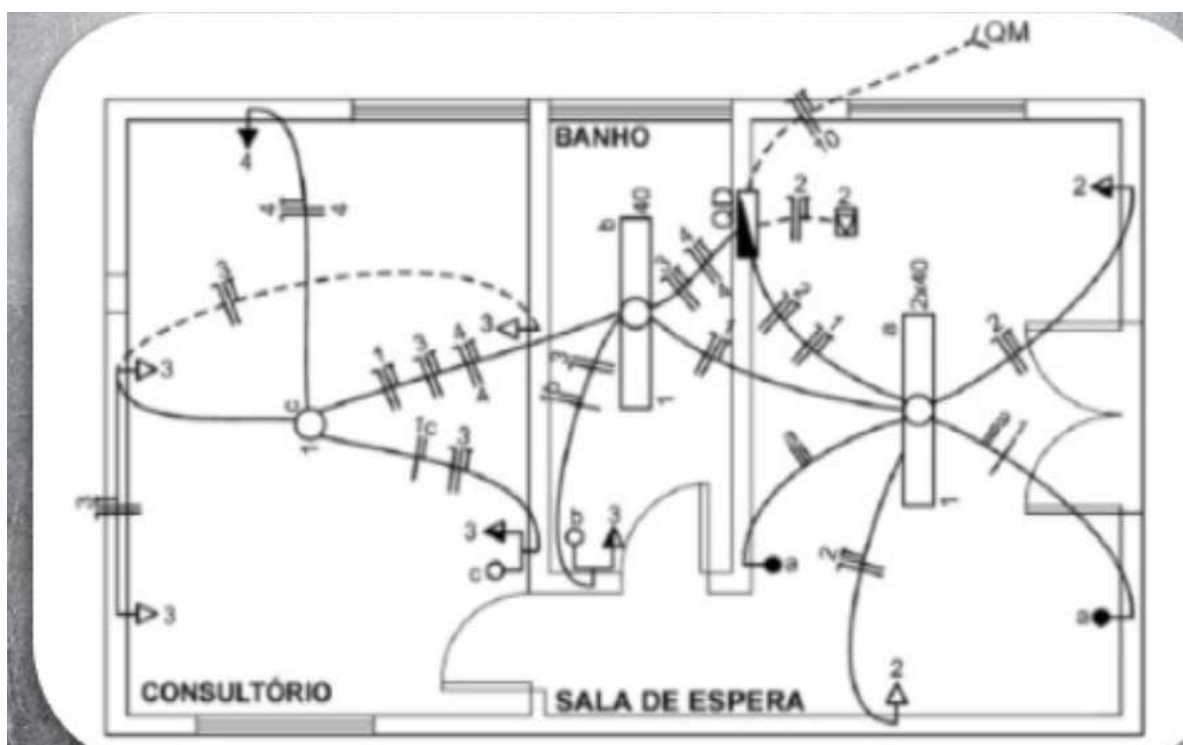
Diagrama Unifilar Simbologia: Quadro de Distribuição de Circuito (QDC)

O QDC é o local onde a energia vinda do padrão é dividida em circuitos para toda a construção, é uma parte importantíssima para a instalação! Essa organização em circuitos é prática pois possibilita a manutenção sem que a energia toda seja desligada, e é segura porque se ocorrer um acidente ou imprevisto, apenas um circuito é danificado.

Símbolo	Significado
	Quadro parcial de luz e força aparente
	Quadro parcial de luz e força embutido
	Quadro geral de luz e força aparente
	Quadro geral de luz e força embutido

Simbologia do Quadro de Distribuição de Circuitos (QDC) no Diagrama Unifilar!

Sabendo estes símbolos e os demais contidos na norma NBR 5444, é possível entender um diagrama unifilar usando os conhecimentos básicos da elétrica. Abaixo deixamos um exemplo básico deste diagrama para que você treine os seus conhecimentos.



Exemplo de um Diagrama Unifilar Básico!

Para aumentar ainda mais o seu entendimento, veja o vídeo abaixo do canal Mundo da Elétrica que cita a importância de aprender a interpretar um diagrama elétrico. Além disso, ele abre as portas para uma série de vídeos didáticos sobre diagrama unifilar! Aproveite para curtir o vídeo e se inscreva no canal.

Sistema Internacional de Unidades

Sistema Internacional de Unidades (sigla SI, do francês *Système international d'unités*) é a forma moderna do sistema métrico e é geralmente um sistema de unidades de medida concebido em torno de sete unidades básicas e da conveniência do número dez.

É o sistema de medição mais usado do mundo, tanto no comércio todos os dias e na ciência. O SI é um conjunto sistematizado e padronizado de definições para unidades de medida, utilizado em quase todo o mundo moderno, que visa a uniformizar e facilitar as medições e as relações internacionais daí decorrentes.

O antigo sistema métrico incluía vários grupos de unidades. O SI foi desenvolvido em 1960 do antigo sistema metro-quilograma-segundo, ao invés do sistema centímetro-grama-segundo, que, por sua vez, teve algumas variações. Visto que o SI não é estático, as unidades são criadas e as definições são modificadas por meio de acordos internacionais entre as muitas nações conforme a tecnologia de medição avança e a precisão das medições aumenta.

O sistema tem sido quase universalmente adotado. As três principais exceções são a Myanmar, a Libéria e os Estados Unidos. O Reino Unido adotou oficialmente o Sistema Internacional de Unidades, mas não com a intenção de substituir totalmente as medidas habituais.

Para efetuar medidas é necessário fazer uma padronização, escolhendo unidades para cada grandeza. Antes da instituição do Sistema Métrico Decimal, as unidades de medida eram definidas de maneira arbitrária, variando de um país para outro, dificultando as transações comerciais e o intercâmbio científico entre eles.

As unidades de comprimento, por exemplo, eram quase sempre derivadas das partes do corpo do rei de cada país: a jarda, o pé, a polegada e outras. Até hoje, estas unidades são usadas nos Estados Unidos, embora definidas de uma maneira menos individual, mas através de padrões restritos às dimensões do meio em que vivem e não mais as variáveis desses indivíduos.

Em 1585, o matemático flamengo Simon Stevin publicou um pequeno panfleto chamado *La Thiende*, no qual ele apresentou uma conta elementar e completa de frações decimais e sua utilização diária. Embora ele não tenha inventado as frações decimais e sua notação, ele estabeleceu seu uso na matemática do dia-a-dia. Ele declarou que a introdução universal da cunhagem decimal, medidas e pesos seria apenas uma questão de tempo. No mesmo ano, ele escreveu *La Disme* sobre o mesmo assunto.

Há registros de que a primeira ideia de um sistema métrico seja de John Wilkins, primeiro secretário da Royal Society de Londres em 1668, porém a ideia não vingou e a Inglaterra continuou com os diferentes sistemas de pesos e medidas.

Foi na França onde a ideia de um sistema unificado saiu do papel. A proliferação dos diferentes sistemas de medidas foi uma das causas mais frequentes de litígios entre comerciantes, cidadãos e cobradores de impostos. Com o país unificado com uma moeda única e um mercado nacional havia um forte incentivo econômico para romper com essa situação e padronizar um sistema de medidas. O problema inconsistente não era as diferentes unidades, mas os diferentes tamanhos das unidades. Ao invés de simplesmente padronizar o tamanho das unidades existentes, os líderes da Assembleia Nacional Constituinte Francesa decidiram que um sistema completamente novo deveria ser adotado.

O Governo Francês fez um pedido à Academia Francesa de Ciências para que criasse um sistema de medidas baseadas em uma constante não arbitrária. Após esse pedido, um grupo de investigadores franceses, composto de físicos, astrônomos e agrimensores, deu início a esta tarefa, definindo assim que a unidade de comprimento metro deveria corresponder a uma determinada fração da circunferência da Terra e correspondente também a um intervalo de graus do meridiano terrestre.

Em 22 de junho de 1799 foi depositado, nos Arquivos da República em Paris, dois protótipos de platina iridiada, que representam o metro e o quilograma, ainda hoje conservados no Escritório Internacional de Pesos e Medidas (*Bureau international des poids et mesures*) na França.

Em 20 de maio de 1875 um tratado internacional conhecido como *Convention du Mètre* (Convenção do Metro), foi assinado por 17 Estados. Este tratado estabeleceu as seguintes organizações para conduzir as atividades internacionais em matéria de um sistema uniforme de medidas:

- Conférence Générale des Poids et mesures (CGPM), uma conferência intergovernamental de delegados oficiais dos países membros e da autoridade suprema para todas as ações;
- Comité international des poids et mesures (CIPM), composta por cientistas e metrologistas, que prepara e executa as decisões da CGPM e é responsável pela supervisão do Bureau International de Pesos e Medidas;
- Bureau International des Poids et mesures (BIPM), um laboratório permanente e centro mundial da metrologia científica, as atividades que incluem o estabelecimento de normas de base e as escalas das quantidades de capital físico e manutenção dos padrões protótipo internacional.

Em 1889, a 1ª CGPM definiu os protótipos internacionais de metro e quilograma e as próximas conferências definiram as demais unidades que hoje são as bases do SI. A partir da criação destas organizações todo e qualquer assunto relacionado a medição são de sua responsabilidade. Mais tarde, a CGPM estabeleceu que o sistema métrico internacional seria designado Sistema Internacional, com abreviatura SI em todos os idiomas. O SI foi adotado globalmente por praticamente todos os países. As três exceções são Myanmar, Libéria e os Estados Unidos. Com o passar do tempo outras unidades foram adicionadas ao SI nas posteriores CGPMs: ampère (corrente elétrica) em 1946, kelvin (temperatura absoluta) e candela (luminosidade) em 1954 e mol (quantidade de matéria) em 1971.

Unidades do SI

Básicas

Definiram-se sete grandezas físicas postas como básicas ou fundamentais. Por conseguinte, passaram a existir sete unidades básicas correspondentes — as unidades básicas do SI — descritas na tabela, na coluna à esquerda. A partir delas, podem-se derivar todas as outras unidades existentes. As unidades básicas do SI — posto que dimensional mente axiomáticas — são dimensional mente independentes entre si.

Grandeza	Unidade	Símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Corrente elétrica	ampere	A
Temperatura termodinâmica	kelvin	K
Quantidade de substância	mol	mol ^[12]
Intensidade luminosa	candela	cd

Derivadas

Consideram-se unidades derivadas do SI apenas aquelas que podem ser expressas através das unidades básicas do SI e sinais de multiplicação e divisão. Desse modo, há apenas uma unidade do SI para cada grandeza. Contudo, para cada unidade do SI pode haver várias grandezas. Às vezes, dão-se nomes especiais para as unidades derivadas.

Segue uma tabela com as unidades SI derivadas que recebem um nome especial e símbolo particular:

Grandeza	Unidade	Símbolo	Dimensional analítica	Dimensional sintética
Ângulo plano	radiano	rad	1	m/m

Ângulo sólido	esferorradiano ¹	sr	1	m ² /m ²
Atividade catalítica	katal	kat	mol/s	---
Atividade radioativa	becquerel	Bq	1/s	---
Capacitância	farad	F	A ² ·s ² /(kg·m ²)	A·s/V
Carga elétrica	coulomb	C	A·s	---
Condutância	siemens	S	A ² ·s ³ /(kg·m ²)	A/V
Dose absorvida	gray	Gy	m ² /s ²	J/kg
Dose equivalente	sievert	Sv	m ² /s ²	J/kg
Energia	joule	J	kg·m ² /s ²	N·m
Fluxo luminoso	lúmen	lm	cd	cd·sr
Fluxo magnético	weber	Wb	kg·m ² /(s ² ·A)	V·s
Força	newton	N	kg·m/s ²	---
Frequência	hertz	Hz	1/s	---
Indutância	henry	H	kg·m ² /(s ² ·A ²)	Wb/A
Intensidade de campo magnético	tesla	T	kg/(s ² ·A)	Wb/m ²
Luminosidade	lux	lx	cd/m ²	lm/m ²
Potência	watt	W	kg·m ² /s ³	J/s
Pressão	pascal	Pa	kg/(m·s ²)	N/m ²
Resistência elétrica	ohm	Ω	kg·m ² /(s ³ ·A ²)	V/A
Temperatura em Celsius	grau Celsius	°C	---	---
Tensão elétrica	volt	V	kg·m ² /(s ³ ·A)	W/A

Em Portugal: Ester radiano.

Até 1995, havia duas unidades suplementares: o radiano e o esferorradiano (esterradiano, em Portugal). Uma resolução da CGPM (Conferência Geral de Pesos e Medidas) de então tornou-as derivadas.

É fácil de perceber que, em tese, são possíveis incontáveis (por extensão, "infinitas") unidades derivadas do SI (por exemplo; m², m³, etc.), tantas quantas se possam imaginar com base nos princípios constitutivos fundamentais. As tabelas que se seguem não pretendem ser uma lista exaustiva. São, tão-somente, uma apresentação organizada, tabelada, das unidades do SI das principais grandezas, acompanhadas dos respectivos nomes e símbolos. Na primeira tabela, unidades que não fazem uso das unidades com nomes especiais:

Grandeza	Unidade	Símbolo
Área	metro quadrado	m ²

Volume	metro cúbico	m^3
Número de onda	por metro	$1/m$
Densidade de massa	quilograma por metro cúbico	kg/m^3
Concentração	mol por metro cúbico	mol/m^3
Volume específico	metro cúbico por quilograma	m^3/kg
Velocidade	metro por segundo	m/s
Aceleração	metro por segundo ao quadrado	m/s^2
Densidade de corrente	ampere por metro ao quadrado	A/m^2
Campo magnético	ampere por metro	A/m

Na segunda tabela, as que fazem uso na sua definição das unidades com nomes especiais.

Grandeza	Unidade	Símbolo	Dimensional analítica	Dimensio- nal sintética
Velocidade angu- lar	radiano por segundo	rad/s	$1/s$	Hz
Aceleração angu- lar	radiano por segundo por segundo	rad/s ²	$1/s^2$	Hz ²
Momento de força	newton metro	N·m	$kg \cdot m^2/s^2$	----
Densidade de carga	coulomb por metro cúbico	C/m ³	$A \cdot s/m^3$	----
Campo elétrico	volt por metro	V/m	$kg \cdot m/(s^3 \cdot A)$	W/(A·m)
Entropia	joule por kelvin	J/K	$kg \cdot m^2/(s^2 \cdot K)$	N·m/K
Calor específico	joule por quilograma por kelvin	J/(kg·K)	$m^2/(s^2 \cdot K)$	N·m/(K·kg)
Condutividade térmica	watt por metro por kelvin	W/(m·K)	$kg \cdot m/(s^3 \cdot K)$	J/(s·m·K)
Intensidade de radiação	watt por esferorradi- ano	W/sr	$kg \cdot m^2/(s^3 \cdot sr)$	J/(s·sr)

Unidades aceitas pelo SI

O SI aceita várias unidades que não pertencem ao sistema. As primeiras unidades deste tipo são unidades muito utilizadas no cotidiano:

Grandeza	Unidade	Símbolo	Relação com o SI
Tempo	minuto	min	1 min = 60 s
Tempo	hora	h	1 h = 60 min = 3600 s
Tempo	dia	d	1 d = 24 h = 86 400 s
Ângulo plano	grau	°	1° = $\pi/180$ rad
Ângulo plano	minuto	'	1' = $(1/60)^\circ = \pi/10\,800$ rad
Ângulo plano	segundo	"	1" = $(1/60)' = \pi/648\,000$ rad
Volume	litro	l ou L	1 l = 0,001 m ³
Massa	tonelada	t	1 t = 1000 kg
Argumento logarítmico ou Ângulo hiperbólico	neper	Np	1 Np = 1
Argumento logarítmico ou Ângulo hiperbólico	bel	B	1 B = 1

A relação entre o neper e o bel é: $1\text{ B} = 0,5 \ln(10)\text{ Np}$. Outras unidades também são aceitas pelo SI, mas possuem uma relação com as unidades do SI determinada apenas por experimentos:

Grandeza	Unidade	Símbolo	Relação com o SI
Energia	elétron-volt	eV	1 eV = $1,602\,176\,487(40) \times 10^{-19}$ J
Massa	unidade de massa atômica	u	1 u = $1,660\,538\,782(83) \times 10^{-27}$ kg
Comprimento	Unidade astronômica	ua	1 ua = $1,495\,978\,706\,91(30) \times 10^{11}$ m

Por fim, tem-se unidades que são aceitas temporariamente pelo SI. Seu uso é desaconselhado.

Grandeza	Unidade	Símbolo	Relação com o SI
Comprimento	milha marítima	----	1 milha marítima = 1852 m
Velocidade	nó	----	1 nó = 1 milha marítima por hora = 1852/3600 m/s
Área	are	a	1 a = 100 m ²
Área	hectare	ha	1 ha = 10 000 m ²
Área	acre	----	40,47 a
Área	barn	b	1 b = 10^{-28} m ²
Comprimento	ångström	Å	1 Å = 10^{-10} m

Pressão	bar	bar	1 bar = 100 000 Pa
---------	-----	-----	--------------------

Prefixos Oficiais do SI

Os prefixos do SI permitem escrever quantidades sem o uso da notação científica, de maneira mais clara para quem trabalha em uma determinada faixa de valores. Os prefixos oficiais são:

Prefixos do SI							
v • e							
Prefixo		1000 ^m	10 ⁿ	Escala curta	Escala longa	Equivalen- te numérico	Des- de ^[nota 1]
No- me	Símbo- lo						
yotta	Y	1000 ⁸	10 ²⁴	Septilhão	Quadrilhão	1 000 000 000 000 000 000 000 000	1991
zetta	Z	1000 ⁷	10 ²¹	Sextilhão	Milhar de trilhão	1 000 000 000 000 000 000 000	1991
exa	E	1000 ⁶	10 ¹⁸	Quintilhão	Trilhão	1 000 000 000 000 000 000	1975
peta	P	1000 ⁵	10 ¹⁵	Quadrilhão	Milhar de bilhão	1 000 000 000 000 000	1975
tera	T	1000 ⁴	10 ¹²	Trilhão	Bilhão	1 000 000 000 000	1960
giga	G	1000 ³	10 ⁹	Bilhão	Milhar de mi- lhão	1 000 000 000	1960
mega	M	1000 ²	10 ⁶	Milhão	Milhão	1 000 000	1960
quilo	k	1000 ¹	10 ³	Mil	Milhar	1 000	1795
hecto	h	1000 ^{2/3}	10 ²	Cem	Centena	100	1795
deca	da	1000 ^{1/3}	10 ¹	Dez	Dezena	10	1795
nenhum		1000 ⁰	10 ⁰	Unidade	Unidade	1	
deci	d	1000 ^{-1/3}	10 ⁻¹	Décimo	Décimo	0,1	1795
centi	c	1000 ^{-2/3}	10 ⁻²	Centésimo	Centésimo	0,01	1795
mili	m	1000 ⁻¹	10 ⁻³	Milésimo	Milésimo	0,001	1795
micro	μ	1000 ⁻²	10 ⁻⁶	Milionésimo	Milionésimo	0,000 001	1960
nano	n	1000 ⁻³	10 ⁻⁹	Bilionésimo	Milésimo de milionésimo	0,000 000 001	1960
pico	p	1000 ⁻⁴	10 ⁻¹²	Trilionésimo	Bilionésimo	0,000 000 000 001	1960

femto	f	1000^{-5}	10^{-15}	Quadrilionésimo	Milésimo de bilionésimo	0,000 000 000 000 001	1964
atto	a	1000^{-6}	10^{-18}	Quintilionésimo	Trilionésimo	0,000 000 000 000 000 001	1964
zepto	z	1000^{-7}	10^{-21}	Sextilionésimo	Milésimo de trilionésimo	0,000 000 000 000 000 000 001	1991
yocto	y	1000^{-8}	10^{-24}	Septilionésimo	Quadrilionésimo	0,000 000 000 000 000 000 000 001	1991

Para utilizá-los, basta juntar o prefixo aportuguesado e o nome da unidade, sem mudar a acentuação, como em nanossegundo, microssegundo, miliampere e deciwatt. Para formar o símbolo, basta juntar os símbolos básicos: nm, μ m, mA e dW.

Exceções

- Unidades segundo e radiano: é necessário dobrar o r e o s. Exemplos: milissegundo, de cirradiano, etc.
- Especiais: múltiplos e submúltiplos do metro: quilômetro (quilómetro), hectômetro (hectómetro), decâmetro, decímetro, centímetro e milímetro; também nanômetro (nanómetro), picômetro (picómetro) etc..

Observações

- O k usado em "quilo", em unidades como quilômetro (km) e quilograma (kg), deve ser grafado em letra minúscula. É errado escrevê-lo em maiúscula.
- Em informática, o símbolo "K" que pode preceder as unidades bits e bytes (grafado em letra maiúscula), não se refere ao fator multiplicativo 1000, mas sim a 1024 unidades da grandeza citada (para correção a IEC definiu o chamado prefixo binário onde 1:1024 e o uso dos prefixos da SI passaram a valer 1:1000).
- Em unidades como km^2 e km^3 é comum ocorrerem erros de conversão. $1 \text{ km}^2 = 1\,000\,000 \text{ m}^2$, porque $1 \text{ km} \times 1 \text{ km} = 1 \text{ km}^2$, $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$, $1000 \text{ m} \times 1000 \text{ m} = 1\,000\,000 \text{ m}^2$. Para fazer conversões nesses casos, devem-se colocar mais dígitos por casa numérica: em metros, cada casa tem um dígito (exemplo: $1\,0\,0\,0 \text{ m} = 1 \text{ km}$); em metros quadrados (2), cada casa numérica tem dois dígitos (exemplo: $1000 \text{ m} \times 1000 \text{ m} = 01\,00\,00\,00 \text{ m}^2 = 1 \text{ km}^2$); em metros cúbicos (3), cada casa numérica tem três dígitos (exemplo: $1000 \text{ m} \times 1000 \text{ m} \times 1000 \text{ m} = 001\,000\,000\,000 \text{ m}^3 = 1 \text{ km}^3$).

Escrita correta de unidades SI

Nome de unidade

O nome das unidades deve ser sempre escrito em letra minúscula.

Exemplos:

- Correto: quilograma, newton, metro cúbico.
- Exceção: quando o nome estiver no início da frase e em "grau Celsius".

Somente o nome da unidade aceita o plural

É importante saber que somente o nome da unidade de medida aceita o plural. As regras para a formação do plural (no Brasil) para o nome das unidades de medida seguem a Resolução Conmetro 12/88, conforme ilustrado abaixo:

Para a pronúncia correta do nome das unidades, deve-se utilizar o acento tônico sobre a unidade e não sobre o prefixo.

- Exemplos: micrometro, hectolitro, milissegundo, centigrama, nanometro.
- Exceções: quilômetro, hectômetro, decâmetro, decímetro, centímetro e milímetro

Ao escrever uma unidade composta, não se deve misturar o nome com o símbolo da unidade.

	Certo	Errado
quilômetro por hora	km/h	quilômetro/h; km/hora
metro por segundo	m/s	metro/s; m/segundo

Símbolo de Unidade

As unidades do SI podem ser escritas por seus nomes ou representadas por meio de símbolos.

Símbolo não é abreviatura

Símbolo não é abreviatura. É um sinal convencional e invariável utilizado para facilitar e universalizar a escrita e a leitura de significados — no caso, as unidades SI; logo, jamais deverá ser seguido de "pon-to".

	Certo	Errado
segundo	s	s. ; seg.
metro	m	m. ; mtr. ; mts.
quilograma	kg	kg.; kgr.
litro	L	l.; lts.
hora	h	h. ; hr.

Símbolo não admite plural

Símbolo não admite plural. Como sinal convencional e invariável que é, utilizado para facilitar e universalizar a escrita e a leitura de significados, nunca será seguido de "s".

	Certo	Errado
cinco metros	5 m	5 ms ou mts
dois quilogramas	2 kg	2 kg
oito horas	8 h	8 hs

Representação

O resultado de uma medição deve ser representado com o valor numérico da medida, seguido de um espaço de até um caractere e, em seguida, o símbolo da unidade em questão.

Exemplo:

Valor numérico prefixo da unidade
240,2 cm
espaço de até um caractere símbolo da unidade

Para a unidade de temperatura grau Celsius, haverá um espaço de até um caractere entre o valor e a unidade, porém não se porá espaço entre o símbolo do grau e a letra C para formar a unidade "grau Celsius".

Exemplo:

Valor numérico símbolo da unidade grau Celsius
25 °C
espaço de até um caractere

Os símbolos das unidades de tempo hora (h), minuto (min) e segundo (s) são escritas com um espaço entre o valor medido e o símbolo. Também há um espaço entre o símbolo da unidade de tempo e o valor numérico seguinte.

Exemplo:

8 h 35 min 20 s
espaços de até um caracter

Exceções

- Para os símbolo da unidade de ângulo plano grau (°), minuto (') e segundo ("), não deve haver espaço entre o valor medido e as unidades, porém, deve haver um espaço entre o símbolo da unidade e o próximo valor numérico.

109° 28' 1"
espaços de até um caracter

Comércio Internacional

Um dos objetivos da União Europeia (UE) é a criação de um mercado único para o comércio. Para atingir este objetivo, a UE estabeleceu como padrão o uso do SI como unidades legais de medida. A partir de 2009, foram emitidas duas diretivas de unidades de medida que catalogaram as unidades de medida que podem ser usadas para, dentre outras coisas, o comércio: a primeira foi a Diretiva 71/354/CEE publicada em 1971, que exigia dos estados-membros que padronizassem no SI, em vez de utilizar as variações dos sistemas CGS e MKS então em uso.

A segunda foi a Diretiva 80/181/CEE publicada em 1979, que substituiu a primeira e deu ao Reino Unido e à República da Irlanda um número de derrogações à diretiva original.

Hidrostatica

A Hidrostática é uma área da física que estuda os líquidos que estão em repouso. Esse ramo envolve diversos conceitos como a densidade, a pressão, o volume e a força empuxo.

Principais Conceitos Da Hidrostática

Densidade

A densidade determina a concentração de matéria num determinado volume.

Em relação a densidade do corpo e do fluido temos:

Se a densidade do corpo for menor que a densidade do fluido, o corpo flutuará na superfície do fluido;

Se a densidade do corpo for equivalente à densidade do fluido, o corpo ficará em equilíbrio com o fluido;

Se a densidade do corpo for maior que a densidade do fluido, o corpo afundará.

Para calcular a densidade utiliza-se a seguinte fórmula:

$$d = m/v$$

sendo,

d: densidade

m: massa

v: volume

No sistema internacional (SI):

a densidade é em grama por centímetro cúbico (g/cm^3), mas também pode ser expressa em quilograma por metro cúbico (kg/m^3) ou em grama por mililitro (g/mL);

a massa é em quilogramas (Kg);

o volume é em metros cúbicos (m^3).

Pressão

A pressão é um conceito essencial da hidrostática, e nessa área de estudo é chamada de pressão hidrostática. Ela determina a pressão que exercem os fluidos sobre outros.

Como exemplo, podemos pensar na pressão que sentimos quando estamos nadando. Assim, quanto mais fundo mergulharmos, maior será a pressão hidrostática.

Esse conceito está intimamente relacionado com a densidade do fluido e a aceleração da gravidade. Sendo assim, a pressão hidrostática é calculada pela seguinte fórmula:

$$P = d \cdot h \cdot g$$

Onde,

P: pressão hidrostática

d: densidade do líquido

h: altura do líquido no recipiente

g: aceleração da gravidade

No Sistema Internacional (SI):

a pressão hidrostática é em Pascal (Pa), mas também é utilizado a atmosfera (atm) e o milímetro de mercúrio (mmHg);

a densidade do líquido é em grama por centímetro cúbico (g/cm^3);

a altura é em metros (m);

a aceleração da gravidade é em metros por segundo ao quadrado (m/s^2).

Obs: Note que a pressão hidrostática não depende do formato do recipiente. Ela depende da densidade do fluido, da altura da coluna do líquido e da gravidade do local.

Quer saber mais? Leia também sobre a Pressão Atmosférica.

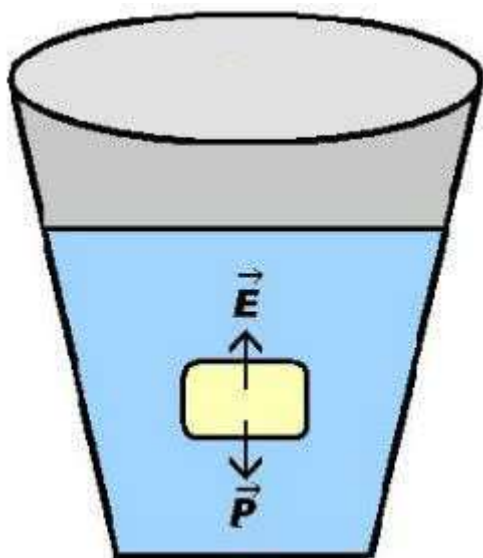
Empuxo

O empuxo, também chamado de impulsão, é uma força hidrostática que atua num corpo que está imerso em um fluido. Dessa forma, a força empuxo é a força resultante exercida pelo fluido sobre determinado corpo.

Como exemplo, podemos pensar no nosso corpo que parece mais leve quando estamos dentro da água, seja na piscina ou no mar.

Observe que essa força exercida pelo líquido sobre o corpo já era estudada na Antiguidade.

O matemático grego Arquimedes foi quem realizou uma experiência hidrostática que permitia calcular o valor da força empuxo (vertical e para cima) que torna um corpo mais leve no interior de um fluido. Note que ela atua em sentido contrário à força peso.



Atuação da força empuxo e força peso

Assim, o enunciado do Teorema de Arquimedes ou Lei do Empuxo é:

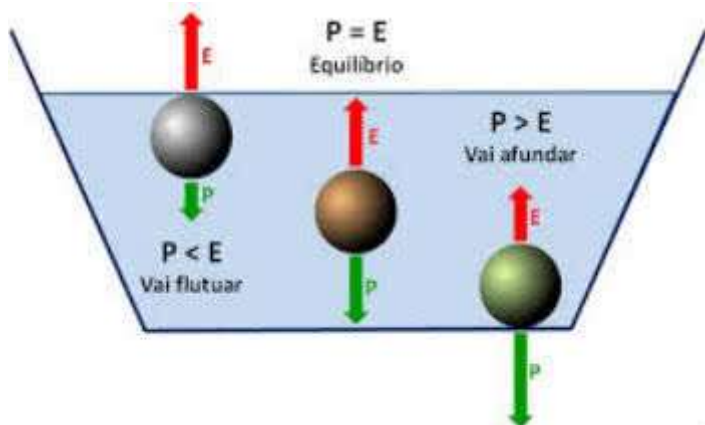
“Todo corpo mergulhado num fluido recebe um impulso de baixo para cima igual ao peso do volume do fluido deslocado, por esse motivo, os corpos mais densos que a água, afundam, enquanto os menos densos flutuam”.

Em relação a força empuxo, podemos concluir que:

Se a força do empuxo (E) tiver maior intensidade que a força peso (P), o corpo subirá para a superfície;

Se a força empuxo (E) tiver a mesma intensidade que a força peso (P) o corpo não subirá nem descera, permanecendo em equilíbrio;

Se a força empuxo (E) tiver menor intensidade que a força peso (P), o corpo afundará.



Lembre-se que a força empuxo é uma grandeza vetorial, ou seja, possui direção, módulo e sentido.

No Sistema Internacional (SI), o empuxo (E) é dado em Newton (N) e calculado pela seguinte fórmula:

$$E = d_f \cdot V_{fd} \cdot g$$

Onde,

E: força empuxo

d_f : densidade do fluido

V_{fd} : volume do fluido

g: aceleração da gravidade

No Sistema Internacional (SI):

a densidade do fluido é em quilogramas por metros cúbico (kg/m^3);

o volume do fluido é em metros cúbicos (m^3);

a aceleração da gravidade é em metros por segundo ao quadrado (m/s^2).

Balança Hidrostática

A balança hidrostática foi inventada pelo físico, matemático e filósofo italiano Galileu Galilei (1564-1642).

Baseada no Princípio de Arquimedes, esse instrumento serve para medir a força empuxo exercida em um corpo imerso em um fluido.

Ou seja, ela determina o peso de um objeto imerso em um líquido, que por sua vez é mais leve que no ar.

Lei Fundamental Da Hidrostática

O Teorema de Stevin é conhecido como a “Lei fundamental da Hidrostática”. Essa teoria postula a relação de variação entre os volumes dos líquidos e da pressão hidrostática. Seu enunciado é expresso da seguinte maneira:

“A diferença entre as pressões de dois pontos de um fluido em equilíbrio (repouso) é igual ao produto entre a densidade do fluido, a aceleração da gravidade e a diferença entre as profundidades dos pontos.”

O Teorema de Stevin é representado pela seguinte fórmula:

$$\Delta P = \gamma \cdot \Delta h \text{ ou } \Delta P = d \cdot g \cdot \Delta h$$

Onde,

ΔP : variação da pressão hidrostática
 γ : peso específico do fluido
 Δh : variação da altura da coluna de líquido
 d : densidade
 g : aceleração da gravidade

No Sistema Internacional (SI):

a variação da pressão hidrostática é em Pascal (Pa);

o peso específico do fluido é em Newton por metros cúbicos (N/m³);

a variação da altura da coluna do líquido é em metros (m);

a densidade é em quilograma por metros cúbicos (Kg/m³);

a aceleração da gravidade é em metros por segundo ao quadrado (m/s²).

Hidrostática E Hidrodinâmica

Enquanto a hidrostática estuda os líquidos em repouso, a hidrodinâmica é o ramo da física que estuda o movimento desses fluidos.

Hidrostática é o ramo da Física que estuda a força exercida por e sobre líquidos em repouso. Este nome faz referência ao primeiro fluido estudado, a água, é por isso que, por razões históricas, mantém-se esse nome. Fluido é uma substância que pode escoar facilmente, não tem forma própria e tem a capacidade de mudar de forma ao ser submetido à ação e pequenas forças. A palavra fluido pode designar tanto líquidos quanto gases.

Ao estudar hidrostática é de suma importância falar de densidade, pressão, Princípio de Pascal, empuxo e o Princípio Fundamental da Hidrostática.

Densidade

Densidade (ou massa específica) de um corpo é a relação entre a massa do m e o volume do mesmo, ou seja:

$$d = \frac{m}{v}$$

A densidade informa se a substância do qual é feito um determinado corpo é mais ou menos compacta. Os corpos que possuem muita massa em pequeno volume, como é o caso do ouro e da platina, apresentam grande densidade. Já os corpos que possuem pequena massa em grande volume, como é o caso do isopor, apresentam pequena densidade. A unidade de densidade mais usada é 1g/cm³. Para a água temos que a sua densidade é igual a 1g/cm³, ou seja, 1cm³ de água tem massa de 1g. Apesar de esta unidade ser a mais usada, no SI (sistema Internacional de Unidades) a unidade de densidade é 1kg/m³.

Pressão

É a relação entre a força aplicada perpendicularmente sobre um corpo e a sua área sobre a qual ela atua. Matematicamente, temos:

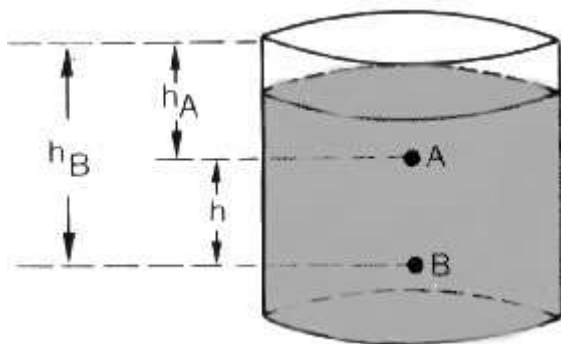
$$P = F/A$$

A unidade de pressão no SI é o newton por metro quadrado (N/m²), também chamado de pascal (Pa), em homenagem a Blaise Pascal, físico francês que estudou o funcionamento da prensa hidráulica.

Princípio Fundamental Da Hidrostática

Também chamado de Princípio de Stevin, diz que:

“A diferença de pressão entre dois pontos do mesmo líquido é igual ao produto da massa específica (também chamada de densidade) pelo módulo da aceleração da gravidade local e pela diferença de profundidade entre os pontos considerados”.



Simbolicamente podemos escrever:

$$p_A - p_B = dgh$$

Onde d é a densidade do líquido, g é o módulo da aceleração da gravidade local e h é a diferença entre as profundidades dos pontos no mesmo líquido.

A partir do princípio de Stevin pode-se concluir que:

Pontos situados em um mesmo líquido e na mesma horizontal ficam sujeitos a mesma pressão;

A pressão aumenta com o aumento da profundidade;

A superfície livre dos líquidos em equilíbrio é horizontal.

A força exercida pelos e sobre os líquidos em repouso, é estudada na física pela hidrostática, nome que refere-se ao primeiro fluido estudado, a água.

Fluido é toda substância não possui forma própria, mudando ao ser submetida à ação e pequenas forças, e escorre facilmente. Pode estar tanto no estado líquido como no gasoso.

Densidade

A relação entre a massa do corpo e seu volume determina a densidade:

A densidade serve para demonstrar o quanto uma substância de determinado corpo é compacta. Quando a densidade é alta, significa que o corpo possui muita massa em pouco volume, e a densidade baixa é quando os corpos possuem pouca massa em grande volume.

A unidade de densidade é g/cm^3 .

Pressão

A grandeza física determinada pelo resultado da divisão entre uma força aplicada e a área de ação dessa força.

A unidade de medida da pressão é o pascal (pa), mas também usa-se muito a atmosfera (atm) e o milímetro de mercúrio (mmHg).

$$1\text{atm} = 1.10^5 \text{ pa} = 760\text{mmHg}$$

Pressão Hidrostática

Quando entramos na água em uma piscina, por exemplo, sentiremos a pressão da água sobre nós e, quanto mais fundo mergulharmos, maior será essa pressão. Caso o líquido seja mais denso que a

água, a pressão será ainda maior. A força da gravidade influencia na pressão exercida pelo líquido, também chamada de pressão hidrostática. Ou seja, a pressão hidrostática depende da profundidade, da densidade do líquido e da gravidade local.

Princípio De Stevin

A equação, conhecida como lei de Stevin, foi publicada em 1586 pelo autor físico Simão Stevin, e permite calcular a pressão de um líquido em repouso, estando com sua superfície livre em contato com a atmosfera.

A lei determina que a pressão hidrostática não depende da área de contato do líquido. Apesar de recipientes terem bases com áreas diferentes, como os da imagem abaixo, as bases são submetidas a mesma pressão uma vez que os dois líquidos estão com a mesma altura.

A expressão matemática usada para determinar a pressão hidrostática é:

$$P = P_{\text{atm}} + \rho gh$$

Sendo que:

P é a pressão em um certo ponto do líquido

P_{atm} é a pressão atmosférica

ρ é a massa específica

g é a aceleração da gravidade

h é a profundidade do ponto de pressão P.

Ainda de acordo com Stevin, “em um líquido em equilíbrio, as pressões são iguais em todos os pontos da mesma horizontal”.

Pressão Atmosférica

Na Terra, todos os corpos estão envoltos em ar e, como todos os fluidos, ele causa uma pressão nos corpos imersos nele. Mais comumente expressa em Pa (N/m^2), a pressão atmosférica pode ser expressa ainda em outras unidades como atmosfera (atm), milímetros de mercúrio (mmHg) ou metros de coluna de água (mca).

$$1\text{atm} = 101325\text{ Pa} = 10,2\text{ mca} = 760\text{ mmHg}$$

Princípio De Pascal

Quando há acréscimo de pressão exercida em qualquer ponto de um fluido, essa pressão será transmitida para todo ele. Esse princípio é usado para construir e dimensionar macacos e prensas hidráulicas, por exemplo.

A pressão é igual em todos os pontos e, supondo que a área do pistão da direita é cinco vezes maior que a da esquerda, tem-se que:

Uma força F1, segundo o exemplo, será amplificada (F2) cinco vezes. Essa é a versão hidráulica da alavanca mecânica concebida por Arquimedes.

Princípio De Arquimedes

Segundo Arquimedes, “a força de empuxo de um corpo imerso em fluido é igual ao peso do fluido deslocado”. Essa é a definição a força de Empuxo gerada por um corpo imerso em um fluido.

$$P = P_{\text{atm}} + \rho gh$$

Sendo que:

P é a pressão em um certo ponto do líquido

P_{atm} é a pressão atmosférica

ρ é a massa específica

g é a aceleração da gravidade

h é a profundidade do ponto de pressão P .

Quando o empuxo é maior que a força peso do corpo, a tendência é que o corpo suba com aceleração. Caso o peso seja maior que o empuxo, a tendência é que o corpo desça com aceleração e quando o empuxo é igual à força peso, o corpo tenderá a permanecer parado.

Hidrodinâmica é a parte da Física que estuda os líquidos e os gases em repouso. Hidrostática estuda a pressão e o equilíbrio dos líquidos e dos gases que se submetem à ação gravitacional.

No estudo da hidrostática, poderíamos citar inúmeros exemplos, tais como: o funcionamento de seringas de injeção, dos canudinhos para tomar refrigerantes, dos elevadores de carros em postos de gasolina etc.

A seguir estudaremos a hidrostática, desenvolveremos alguns conceitos preliminares que serão fundamentais. Observe as situações descritas a baixo:

1ª situação: Um submarino pode, em certos momentos, flutuar e, em outros, permanecer embaixo da água.

2ª situação: Uma cozinheira, quando vai fazer macarronada, precisa cozinhar o macarrão em uma panela com água e um pouco de óleo. O óleo fica sempre por cima.

3ª situação: Quando um balão começa a descer, em uma situação não desejada, os seus tripulantes costumam jogar fora o excesso de peso para que ele volte a subir.

Para poder explicar essas três situações, vamos utilizar o conceito de densidade. Na primeira situação, o submarino modifica sua profundidade alterando a sua densidade. Ele possui tanques internos que podem ser inundados com água (quando ele quer submergir) e esvaziados, utilizando para isso um compressor (quando ele quer emergir). Na segunda situação, podemos afirmar que a densidade do óleo é menor que a densidade da água, por esse motivo o óleo fica sobre a água. Na terceira situação, também estamos alterando a densidade do balão para que ele volte a subir.

Então podemos dizer que:

Densidade (d) é definida pela razão entre a massa (m) e o volume (V) de um corpo qualquer. Esse corpo pode ser oco ou constituído por uma mistura qualquer. Para determiná-la usamos a seguinte equação:

$$d = \frac{m}{V}$$

Atenção: quando efetuamos a divisão entre massa e volume, podemos também trabalhar com outra grandeza física, a massa específica. Apesar de utilizar a mesma equação para densidade e massa específica, os conceitos são diferentes.

Portanto, a massa específica (μ) é definida pela razão entre a massa (m) e o volume (V) de uma substância maciça. Para determiná-la usamos a equação:

$$\mu = \frac{m}{V}$$

Onde:

d – densidade – kg/m³

μ - massa específica – kg/m³

m – massa – kg

V – volume – m³

Hidrostática é a parte da física que estuda as forças exercidas por e sobre fluidos que estão em repouso.

Conceito de pressão: A grandeza dada pela relação entre a intensidade da força que atua perpendicularmente e a área em que ela se distribui é denominada pressão (p).

Assim se uma força de intensidade 10N estiver aplicada perpendicularmente à área de 0,4m², a pressão sobre ela será $p = 10N/0,4m^2$, ou $p = 25N/m^2$. Distribuindo-se a mesma forma sobre uma área de apenas 0,2m², a pressão exercida será $p = 10N/0,2m^2$ ou $p = 50N/m^2$.

Sendo F a intensidade da resultante das forças distribuídas perpendicularmente em uma superfície de área A, a pressão p é dada pela relação:

$$p = F / A$$

A unidade de pressão no sistema internacional de unidades (SI) é o Newton por metro quadrado, também denominada Pascal (Pa). Eventualmente é usada o dina por centímetro quadrado(dyn/cm²).

Os aparelhos que medem pressão são denominados manômetros.

Conceito de massa específica(μ): considere uma amostra de certa substância cuja massa seja m e cujo volume seja V. Define-se massa específica de substância pela relação:

$$\mu = m / V$$

Conceito de densidade(d): considere um corpo homogêneo ou não, de massa m e volume V. A densidade do corpo é dada por:

$$d = m / V$$

Se um corpo é maciço e homogêneo, a sua densidade coincide com a massa específica (μ) do material que o constitui.

Para os líquidos, considerados sempre homogêneos, não é necessário fazer a distinção entre densidade e massa específica. A tabela seguinte fornece alguns valores de massa específica para alguns materiais.

SÓLIDOS		LÍQUIDOS	
Alumínio	2,7g/cm ³	Álcool	0,79g/cm ³
Ferro	7,9g/cm ³	Mercúrio	13,6g/cm ³
Chumbo	11,3g/cm ³	Água	1g/cm ³
Platina	21,5g/cm ³		

As unidades de densidade ou massa específica correspondem sempre à relação entre unidade de massa e de volume. As unidades mais utilizadas são Kg/m³, g/cm³ e Kg/l.

O Que É Hidrostática? Quais Os Princípios E Fórmulas Fundamentais?

Hidrostática é o ramo da física que estuda a força exercida por e sobre fluidos em repouso. É essa parte da física que explica por que as coisas boiam ou afundam.

Fluidos

Fluido é uma substância que tem a capacidade de escoar facilmente, não possui forma própria e tem a capacidade de mudar de forma ao ser submetido a ação de pequenas forças. O fluido sempre terá a

forma do recipiente ou ambiente no qual esteja. A palavra fluido serve para designar tanto líquidos quanto gases.

Densidade E Massa Específica

Densidade e massa específica de uma corpo é a relação de sua massa com seu volume. Quando comparamos dois corpos formados por materiais diferentes, mas com um mesmo volume, quando dizemos que um deles é mais pesado que o outro, na verdade estamos nos referindo a sua densidade. A afirmação correta seria que um corpo é mais denso que o outro.

$$d = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \quad \longrightarrow \quad d = \frac{m}{v}$$

Qual A Diferença Entre Os Dois?

Quando falamos de massa específica, nos referimos à substância, só iremos levar em conta o volume da substância. Já a densidade é o corpo, ou seja, temos que levar em conta todo o volume do corpo. Unidade no SI é: Kg/m³

Pressão

Ao segurarmos um lápis pelas pontas vemos que a parte mais fina, mais pontuda, machuca mais o dedo, isso ocorre devido à pressão que essa parte exerce ser maior.

O dedo de cima, está sendo mais perfurado.

Pressão é diretamente proporcional à força e inversamente à área onde está sendo aplicada essa força.

$$P = \frac{F}{A}$$

Sua unidade no SI é: N/m² = Pa

Pressão Hidrostática

Os fluidos também exercem pressão nos corpos.

Essa pressão está diretamente relacionada à densidade do fluido e à aceleração da gravidade.

Para obtermos esta pressão, consideremos um recipiente contendo um líquido de densidade d que ocupa o recipiente até uma altura h , em um local do planeta onde a aceleração da gravidade é g .

$$p = \frac{F_{\perp}}{A}$$

A força exercida pelo líquido, é a força peso.

$$p = \frac{m \cdot g}{A}$$

Temos que: $d = \frac{m}{V}$

$$p = \frac{d \cdot V \cdot g}{A}$$

Mas $V = A_{base} \cdot h$,

Logo:

$$p = \frac{d \cdot A \cdot h \cdot g}{A} = d \cdot h \cdot g$$

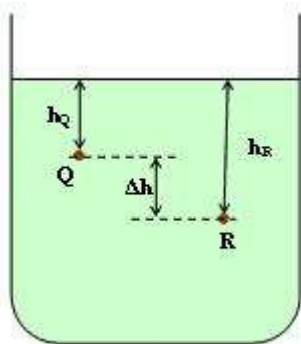
Onde h é a altura da coluna de fluido sobre o corpo, g a aceleração da gravidade e d a densidade do fluido.

Teorema De Stevin

“A diferença entre as pressões de dois pontos de um fluido em equilíbrio é igual ao produto entre a densidade do fluido, a aceleração da gravidade e a diferença entre as profundidades dos pontos.”

Seja um líquido qualquer em um recipiente. Escolhemos dois pontos arbitrários, Q e R.

As pressões em Q e R são:



$$p_Q = d \cdot h_Q \cdot g$$

$$p_R = d \cdot h_R \cdot g$$

A diferença entre suas pressões é:

$$p_R - p_Q = (d \cdot h_R \cdot g) - (d \cdot h_Q \cdot g)$$

$$p_R - p_Q = d \cdot g (h_R - h_Q)$$

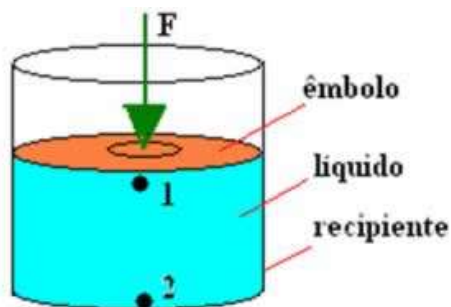
$$p_R - p_Q = d \cdot g \cdot \Delta h$$

$$\Delta p = d \cdot g \cdot \Delta h$$

Esse teorema nos ajudou a concluir que pontos a mesma profundidade no mesmo líquido, com a mesma densidade, sofrem a mesma pressão.

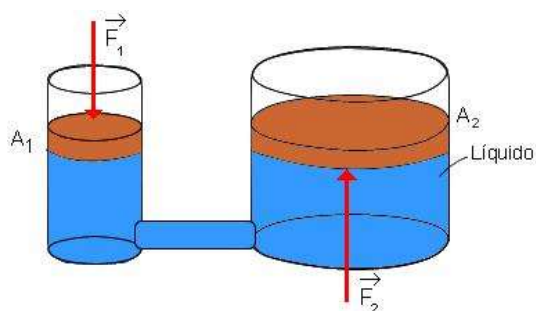
Teorema De Pascal

“O acréscimo de pressão exercida num ponto em um líquido ideal em equilíbrio se transmite integralmente a todos os pontos desse líquido e às paredes do recipiente que o contém.”



O acréscimo de pressão no ponto 2 será igual a do ponto 1.

Os pontos 1 e 2 sofrem o mesmo acréscimo de pressão. Esse acréscimo gerado por essa força F é transmitido igualmente por todo o líquido. Com esse princípio, funciona a prensa hidráulica.



O acréscimo de pressão na área 1 será transmitido por todo líquido e essa diferença, será transmitida também a área 2.

Com isso, você descobre o valor da força do outro lado e repara que o lado com maior área a força é maior.

O Que É Um Fluido?

Você provavelmente pensa em um fluido como sendo um líquido. Mas, um fluido é qualquer coisa que pode fluir, escoar. Isto inclui líquidos. Mas, gases também são fluidos.

Densidade de massa

A densidade de massa de um objeto é a sua massa, m , dividida pelo seu volume, V . Usualmente, utiliza-se o símbolo grego ρ (rho):

densidade de massa: $\rho = m / V$ (no MKS, as unidades são kg/m^3) [1.1]

No nível microscópico, a densidade de um objeto depende da soma dos pesos dos átomos e moléculas que constituem o objeto, e quanto espaço existe entre eles. Numa escala maior, a densidade depende se o objeto é sólido, poroso, ou alguma coisa intermediária.

Ache Os Cursos E Faculdades Ideais Para Você

Em geral, líquidos e sólidos possuem densidades similares, que são da ordem de 1000 kg/m^3 . A água a 4°C possui uma densidade exatamente igual a esse valor. Muitos materiais densos, como chumbo e ouro, possuem densidades que são 10 a 20 vezes maiores que esse valor. Os gases, por outro lado, possuem densidades em torno de 1 kg/m^3 , ou seja, cerca de $1/1000$ àquela da água. Veja as densidades de várias substâncias na tabela de propriedades dos fluidos.

As densidades são frequentemente dadas em termos da densidade específica. A densidade específica de um objeto ou material é a razão de sua densidade com a densidade da água a 4°C (esta temperatura é usada porque esta é a temperatura em que a água é mais densa). O ouro tem densidade específica

de 19.3, o alumínio 2.7, e o mercúrio 13.6. Note que estes valores são referentes aos padrões de temperatura e pressão; objetos mudam de tamanho, e, portanto, de densidade, em resposta a uma mudança de temperatura ou pressão.

Pressão

A densidade depende da pressão. Mas, o que é a pressão? A pressão é a força a que um objeto está sujeito dividida pela área da superfície sobre a qual a força age. Definimos a força aqui como sendo uma força agindo perpendicularmente à superfície.

Pressão : $P = F / A$ (A força é aplicada perpendicularmente à área A) [1.2]

A unidade de pressão, é o pascal, Pa. A pressão é frequentemente medida em outras unidades (atmosferas, libras por polegada quadrada, milibars, etc.). Mas o pascal é a unidade apropriada no sistema MKS (metro-quilograma-segundo).

Quando falamos em pressão atmosférica, estamos insinuando a pressão exercida pelo peso de ar que paira sobre nós. O ar na atmosfera alcança uma altura enorme. Logo, mesmo que a sua densidade seja baixa, ele ainda exerce uma grande pressão:

Pressão atmosférica no nível do mar: $1,013 \times 10^5$ Pa [1.3]

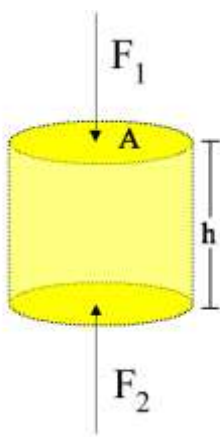
Ou seja, a atmosfera exerce uma força de cerca de $1,0 \times 10^5$ N em cada metro quadrado na superfície da terra! Isto é um valor muito grande, mas não é notado porque existe geralmente ar tanto dentro quanto fora dos objetos, de modo que as forças exercidas pela atmosfera em cada lado do objeto são contrabalançadas. Sómente quando existem diferenças de pressão em ambos os lados é que a pressão atmosférica se torna importante. Um bom exemplo é quando se bebe utilizando um canudo: a pressão é reduzida no alto do canudo, e a atmosfera empurra o líquido através do canudo até a boca.

Pressão Versus Profundidade Em Um Fluido Estático

Em um fluido estático, sob a ação da gravidade terrestre, as forças são perpendicular à superfície terrestre. Caso exista uma força resultante em uma porção do fluido, esta porção do fluido entrará em movimento. A razão é que um fluido pode escoar, ao contrário de um objeto rígido. Se uma força for aplicada a um ponto de um objeto rígido, o objeto como um todo sofrerá a ação dessa força.

Isto ocorre porque as moléculas (ou um conjunto delas) do corpo rígido estão ligadas por forças que mantêm o corpo inalterado em sua forma. Logo, a força aplicada em um ponto de um corpo rígido acaba sendo distribuída a todas as partes do corpo. Já em um fluido isto não acontece, pois as forças entre as moléculas (ou um conjunto delas) são muito menores. Um fluido não pode suportar forças de cisalhamento, sem que isto leve a um movimento de suas partes.

Logo, a pressão a uma mesma profundidade de um fluido deve ser constante ao longo do plano paralelo à superfície. Supondo que a constante da gravidade local, g , não varie apreciavelmente dentro do volume ocupado pelo fluido, a pressão em qualquer ponto de um fluido estático depende apenas da pressão atmosférica no topo do fluido e da profundidade do ponto no fluido. Se o ponto 2 estiver a uma distância vertical h abaixo do ponto 1, a pressão no ponto 2 será maior.

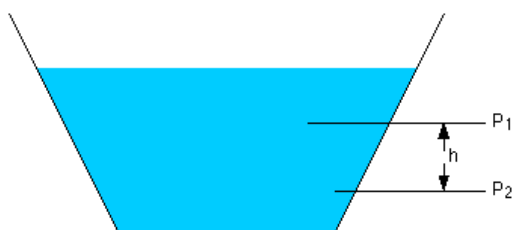


Para calcular a diferença de pressão entre os dois pontos basta imaginar um volume cilíndrico, cuja altura h seja ao longo da vertical à superfície com as bases contendo os pontos 1 e 2, respectivamente.

A área das bases, A , pode ser qualquer: desde que elas estejam dentro do fluido. Como o volume cilíndrico é estático, a força na base de baixo deve ser igual à força na base de cima somada à força peso devido ao volume de água dentro do cilindro. Ou seja, como a massa do fluido é dada por rAh , obtemos que

$$F_2 - F_1 = (rAh)g$$

Dividindo esta equação por A obtemos que as pressões nos pontos 1 e 2 estão relacionadas por $P_2 = P_1 + rgh$ [1.4]



Note que o ponto 2 não precisa estar diretamente abaixo do ponto 1; basta que ele esteja a uma distância vertical h abaixo do ponto 1. Isto significa que qualquer ponto a uma mesma profundidade em um fluido estático possui a mesma pressão. A construção imaginária que fizemos acima, com o volume cilíndrico, pode ser repetida com vários outros cilindros, com diferentes bases e alturas, até chegarmos ao resultado, já que essa relação é linear.

A Hidrostática é o ramo da Física que estuda os líquidos e os gases em repouso, sob ação de um campo gravitacional constante, como ocorre quando estamos na superfície da Terra. As leis que regem a Hidrostática estão presentes no nosso dia-a-dia, mais do que podemos imaginar. Elas se verificam, por exemplo, na água que sai da torneira das nossas residências, nas represas das hidrelétricas que geram a energia elétrica que utilizamos, na flutuação de embarcações e submarinos e na pressão que o ar está exercendo sobre você nesse exato momento.

Para começar o estudo de Hidrostática, vamos entender algumas grandezas importantes nesse assunto: Massa. Massa é um usado em ciências naturais para explicar vários dos fenômenos que se observa na natureza. No uso cotidiano é comum a associação entre os resultados destes fenômenos e o conceito de massa. Geralmente, a massa é frequentemente associada ao peso dos objetos, mas na Física consideramos que massa é quantidade de matéria de um corpo.

Ela muda, independentemente da gravidade, ao contrário do peso, que é resultado de uma interação gravitacional entre sua massa e um campo gravitacional: A massa é parte integrante da explicação para o peso mas ela sozinha não constitui a explicação completa. Massa específica e densidade: Entende-se por volume de uma substância o espaço por ela ocupado. Experiências nos mostram que existe uma relação entre a massa de uma substância e o volume por ela ocupado.

Em substâncias puras, a relação entre massa e volume pode ser uma característica particular, servindo inclusive de parâmetro de distinção entre uma e outra substância. Daremos a essa relação a denominação de massa específica ou densidade absoluta.

Assim, massa específica de uma substância é a razão entre determinada massa da substância e seu volume correspondente. Essa relação também é conhecida como densidade de um corpo. O peso. Define-se peso de um corpo como a força exercida sobre ele pela atração gravitacional da Terra, na direção vertical e para seu centro. Como o peso é uma força, ele produz uma aceleração que se manifesta integralmente sobre corpos quando eles caem livremente, ou seja, na ausência da atmosfera.

Levando-se em conta que o valor de uma força é o produto de uma massa multiplicado por uma aceleração, ($F = m a$), no caso particular do peso de um corpo será: $P = m g$ onde g = aceleração da gravidade (aprox. $9,8 \text{ m/s}^2$ na superfície da Terra). Então o peso de um corpo é o produto de sua massa

pela aceleração da gravidade. O peso é uma grandeza vetorial. Portanto, apresenta intensidade, direção e sentido. Essas grandezas são indispensáveis na definição de um assunto muito importante da Hidrostática: o Empuxo. Fonte: www.ufff.br Hidrostática A hidrostática é a parte da física que estuda os líquidos e os gases em repouso, sob ação de um campo gravitacional constante, como ocorre quando estamos na superfície da Terra.

As leis que regem a hidrostática estão presentes no nosso dia-a-dia, mais do que podemos imaginar. Elas se verificam, por exemplo, na água que sai da torneira das nossas residências, nas represas das hidrelétricas que geram a energia elétrica que utilizamos e na pressão que o ar está exercendo sobre você nesse exato momento. Para entender essas leis, é preciso compreender primeiramente o conceito de pressão.

Pressão A grandeza física determinada pelo quociente entre uma força aplicada e a área de ação dessa força recebe o nome de pressão. É o que se vê na figura abaixo: De acordo com o Sistema Internacional de Pesos e Medidas, a unidade de medida da pressão é o pascal (pa), mas é muito comum usar-se também a atmosfera (atm) e o milímetro de mercúrio (mmHg). Pressão hidrostática Ao mergulharmos em uma piscina, a água irá exercer uma pressão sobre nós. Quanto mais fundo mergulharmos, maior será essa pressão.

Agora, imagine que o líquido contido pela piscina não seja água, mas outro mais denso. Nessa situação, a pressão vai aumentar, pois o peso do líquido sobre nós também será maior. E, se estamos falando de peso, é porque a força da gravidade, que o compõe, influencia a pressão exercida pelo líquido, também chamada de pressão hidrostática. A partir disso, é possível concluir que a pressão hidrostática depende da profundidade, da densidade do líquido e da gravidade local.

A pressão hidrostática é determinada pela seguinte expressão matemática: Onde: d é a densidade do líquido g é a aceleração da gravidade h é a profundidade Esta equação foi publicada pela primeira vez em 1586, pelo físico holandês Simão Stevin. Por isso ficou conhecida como lei de Stevin. Uma consequência importante de lei de Stevin é o fato de a pressão hidrostática não depender da área de contato do líquido.

Observe a seguinte figura: Apesar de os recipientes terem bases com áreas diferentes, essas bases estão submetidas à mesma pressão, pois os dois líquidos estão com a mesma altura, ou seja: Princípio de Pascal Se você está dirigindo e depara com o sinal fechado, coloca o pé no freio. O carro pára. Para a física, o que isso significa? Significa que é possível parar um objeto que tem uma massa de uma tonelada ou mais, com um esforço mínimo – o do seu pé sobre o pedal do freio. Isso ocorre porque a força que é transmitida para o sistema de freios é a força que você exerceu no pedal multiplicada muitas vezes. A explicação desse fenômeno é o princípio de Pascal, que pode ser enunciado da seguinte forma: “Em equilíbrio, os líquidos que não podem ser comprimidos transmitem integralmente a pressão por eles recebida”.

Um exemplo que pode esclarecer melhor esse princípio é o da prensa hidráulica. Considere um cilindro que é constituído por extremidades com áreas diferentes. Seu interior é preenchido por um líquido e o cilindro é fechado por dois êmbolos (em vermelho, na imagem abaixo) que podem deslizar. Se aplicarmos uma força sobre a área 1, estaremos exercendo uma pressão nesse local, e pelo Princípio de Pascal, essa pressão será transmitida integralmente para a área 2. Ou seja, a força transmitida para a área 2 é 100 vezes maior que a força transmitida a área 1. O princípio de Arquimedes Considere um objeto que está suspenso no ar por um dinamômetro que indica o valor do seu peso. Em seguida, mergulha-se o mesmo objeto em um recipiente que contém um líquido em seu interior.

Nessa segunda situação, o mesmo objeto terá um peso menor. P_2 é menor do que P_1 pelo fato de o líquido exercer forças por toda a extensão do objeto, como se vê a seguir: Na figura acima, é importante observar que: a) as forças F_3 e F_4 se anulam, pois são simétricas; b) a intensidade da força F_2 é maior que a intensidade da força F_1 , porque a pressão exercida pelo líquido na parte inferior do objeto é maior que a pressão exercida na parte superior (de acordo com a Lei de Stevin).

Essa diferença irá resultar numa força vertical e dirigida para cima, que é conhecida como empuxo. O empuxo pode ser determinado pela equação: Segundo o princípio de Arquimedes, a intensidade do empuxo é igual ao peso do fluido deslocado pelo objeto imerso: Onde: P_{FD} é peso do fluido deslocado. m_{FD} é a massa do fluido deslocado. d_{FD} é a densidade do fluido deslocado. V_{FD} é o volume do fluido deslocado. É importante salientar que, ao falarmos de fluidos, estamos nos referindo a líquidos e gases.

Ou seja, o empuxo não é uma exclusividade dos líquidos, os gases também podem exercê-lo. Paulo Augusto Bisquolo Fonte: educacao.uol.com.br Hidrostática Chamamos hidrostática a ciência que estuda os líquidos em equilíbrio estático. Fluido Fluido é uma substância que tem a capacidade de escoar.

Quando um fluido é submetido a uma força tangencial, deforma-se de modo contínuo, ou seja, quando colocado em um recipiente qualquer, o fluido adquire o seu formato. Podemos considerar como fluidos líquidos e gases. Particularmente, ao falarmos em fluidos líquidos, devemos falar em sua viscosidade, que é o atrito existente entre suas moléculas durante um movimento. Quanto menor a viscosidade, mais fácil o escoamento do fluido. Pressão Ao observarmos uma tesoura, vemos que o lado onde ela corta, a lâmina, é mais fina que o restante da tesoura. Também sabemos que quanto mais fino for o que chamamos o “fio da tesoura”, melhor esta irá cortar. Isso acontece, pois ao aplicarmos uma força, provocamos uma pressão diretamente proporcional a esta força e inversamente proporcional a área da aplicação.

No caso da tesoura, quanto menor for o “fio da tesoura” mais intensa será a pressão de uma força nela aplicada. A unidade de pressão no SI é o Pascal (Pa), que é o nome adotado para N/m^2 . Matematicamente, a pressão média é igual ao quociente da resultante das forças perpendiculares à superfície de aplicação e a área desta superfície. Sendo: p = Pressão (Pa) F = Força (N) A = Área (m^2) Densidade Quando comparamos dois corpos formados por materiais diferentes, mas com um mesmo volume, quando dizemos que um deles é mais pesado que o outro, na verdade estamos nos referindo a sua densidade. A afirmação correta seria que um corpo é mais denso que o outro.

A unidade de densidade no SI é kg/m^3 . A densidade é a grandeza que relaciona a massa de um corpo ao seu volume. Onde: d = Densidade (kg/m^3) m = Massa (kg) V = Volume (m^3) Exemplo: Qual a massa de um corpo de volume $1m^3$, se este corpo é feito de ferro? Dado: densidade do ferro = $7,85g/cm^3$ Convertendo a densidade para o SI:

O Que É Pressão Hidrostática

A hidrostática é a parte da física que estuda os líquidos e os gases que estão em repouso, sob ação de um campo gravitacional constante, como ocorre na superfície do planeta Terra.

As leis que regem a hidrostática estão presentes em nosso cotidiano. Podemos verificá-las na água que sai da torneira das nossas residências, nas represas das hidrelétricas que geram a energia elétrica que utilizamos e na pressão que o ar está exercendo sobre as pessoas. A pressão é uma grandeza física que pode ser determinada pelo quociente entre uma força aplicada e a área de ação dessa força, a resultante recebe o nome de pressão.

A pressão hidrostática é a força que as moléculas de fluidos exercem umas sobre as outras devido à atração gravitacional da Terra. Essa força ocorre quando um líquido está em movimento ou em completa paralisação. As forças de pressão hidrostática nos fluidos podem se dar em qualquer sentido quando se deparam com uma área de menor resistência, por exemplo, esta energia força a água para fora de um buraco em um copo de papel, o gás de um vazamento em uma tubulação, o sangue para fora dos vasos em direção aos tecidos circundantes, etc.

Quanto maior a altitude, maior a pressão. O fluido que percorre caminhos de quedas, sofre maior pressão hidrostática, como por exemplo, a água percorrendo cachoeiras flui mais rápido do que a água em rio sem corredeiras. A temperatura é outro fator que afeta a pressão, porque quando as temperaturas aumentam, as moléculas se movem a uma velocidade maior, o que proporciona um aumento da pressão hidrostática.

As indústrias costumam utilizar métodos de ensaio de pressão hidrostática para garantir que os fluidos permanecem em ambientes contidos. Um teste puro e simples não só assegura que determinados tubos e conexões ou outros tipos de recipientes não possuem vazamentos, ou fugas como também é chamado, mas também são capazes de verificar que os materiais podem suportar o aumento de pressão com possíveis alterações ambientais. Não é incomum para as empresas exercerem forças internas com range 150 vezes maior do que a força normal, durante o acompanhamento de mudanças de pressão com a instrumentação industrial.

Os vasos sanguíneos possuem uma forma única de manter a pressão adequada ao longo do corpo. A pressão hidrostática arterial normalmente mede 35 milímetros de mercúrio, ou 35 milímetros de Hg. A pressão venosa tipicamente mede 15 milímetros de Hg. A força das contrações do coração junto com

a gravidade que puxa o sangue para fora do coração provoca um aumento da pressão. A natureza porosa das veias também diminui a pressão do fluxo de sangue.

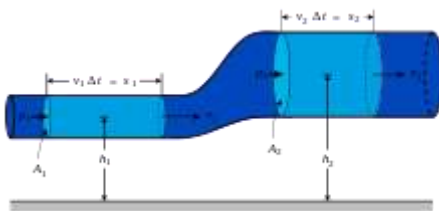
Os líquidos que constituem o fluxo sanguíneo naturalmente fluem através dos poros para os tecidos intersticiais, devido à pressão hidrostática, deixando para trás lipídios, proteínas, e as partículas demasiadamente grandes para escapar. Isto tipicamente reduz a pressão venosa. Por outro lado, o aumento da pressão dentro dos tecidos exerce uma força oposta, que é chamada de pressão osmótica hidrostática. Embora a pressão osmótica seja capaz de empurrar os fluidos para os poros capilares, as cargas elétricas dos sólidos no interior das moléculas causam vasos para se ligar à medida que haja fluxo no sangue. Esta reação é chamada de efeito de Gibbs-Donnan.

A pressão osmótica e o efeito de Gibbs-Donnan trabalham em conjunto, o que é referido como colóide. Quando o corpo percebe uma quantidade anormalmente baixa de pressão hidrostática venosa, as artérias geralmente compensam por constrição. Quando o dano ocorre, resulta em plasma com número insuficiente de sólidos, ou uma diminuição da pressão arterial, edema, ou inchaço, dependendo da situação.

Características Hidrostática

A hidrostática é a parte da física que estuda os fluidos em repouso.[1] Apesar de a palavra "hidrostática" significar "estática da água", este termo é utilizado para designar a estática dos fluidos em geral.[1]

Mecânica Do Contínuo



Característica Dos Fluidos

Um fluido é uma substância (ou mistura de substâncias) que se escoar, isto é, que flui, com maior ou menor facilidade.[1] Tal, verifica-se porque as suas partículas, por um lado, não ocupam posições fixas, deslocando-se com pequeno atrito, como acontece nos líquidos; e por outro lado, porque as partículas estão muito afastadas uma das outras, deslocando-se rápida e aleatoriamente em todo o espaço disponível do vaso contetor, como nos gases[1]

Considera-se fluidos os líquidos e gases[1] e caracterizam-se por:

Poderem escoar-se ou fluir com maior ou menor facilidade;

Mudarem de forma sob a acção de pequenas forças;

Adaptarem-se sempre à forma dos vasos que os contém.

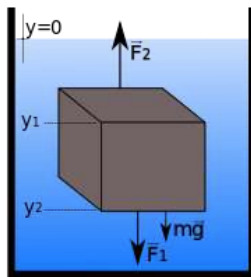
Forças Decorrentes Da Pressão

A pressão exercida pela água é sempre perpendicular à superfície (da barragem ou da comporta) e varia com a profundidade.

Pressão Hidrostática

Todo o mergulhador sabe que a pressão é maior quanto maior for sua profundidade (a coluna de água acima dele é cada vez maior); o seu medidor de profundidade, na verdade, é um sensor de pressão. Da mesma forma, todo alpinista sabe que a pressão é menor quanto maior for a sua altura (a coluna de ar acima dele é cada vez menor). Esses dois exemplos irão ilustrar a definição de pressão hidrostática.

Considere inicialmente uma caixa mergulhada, em equilíbrio estático, num tanque de água (ou qualquer outro fluido, como o ar); como ela está em equilíbrio, sabemos que não há força resultante, ou seja:



$$F_2 = F_1 + mg$$

(todas as forças são aplicadas perpendicularmente à superfície)

Onde:

F_2 é a força que age sobre a parte inferior da caixa, devido à coluna de água abaixo dela;

F_1 é a força que age sobre a parte superior da caixa, devido à coluna de água acima dela;

MG é o peso da caixa;

$Y_1 + Y_2$ são, respectivamente, o teto e a base da caixa.

A partir da relação de que $P = F/A$ (a força F é igual à pressão P exercida sobre a área A), segue da figura que: $P_2 = P_1 + PG(Y_2 - Y_1)$

Com a equação acima, podemos determinar a pressão em um certo líquido (em função da profundidade) e também na atmosfera (em função da altitude). Por fim, tomando $Y_1 = 0$, $Y_2 = H$. $P_1 = P_0$, e P_2

$= P$, substituímos e obtemos a fórmula usual da pressão na profundidade ou altura :

Onde, em termos do SI:

P é a pressão total na profundidade h (em Pascal);

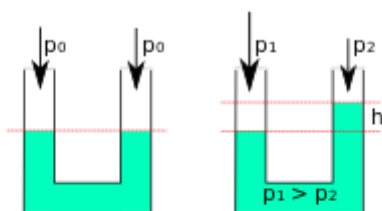
P_0 é pressão acima do líquido (em Pascal);

P é a massa específica (ou densidade) do fluido em questão (em kg/m^3);

G é a aceleração da gravidade (em m/s^2);

H é a profundidade ou altura (em metros).

Para compreender melhor, podemos usar um exemplo comum: a pressão P total é a soma das pressões P_0 (pode ser a pressão atmosférica acima da superfície do líquido) e PGH (pressão na profundidade H de um fluido). Um outro exemplo pode ser ilustrado de acordo com a figura abaixo, onde a pressão hidrostática se dá pela diferença das pressões aplicadas sobre o sifão:



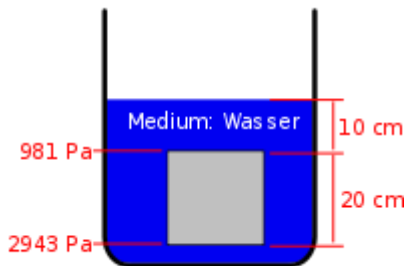
$$p_1 - p_2 = \rho gh$$

Assim, para calcular apenas a pressão hidrostática, usamos a fórmula abaixo:

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

(Notas: observe que essa pressão não depende da dimensão horizontal ou da forma do objeto mergulhado.^[3])

Princípio De Arquimedes



A diferença de pressão é a origem da força de empuxo

Um corpo sólido imerso num fluido sofre a ação de uma força dirigida para cima igual ao peso do fluido deslocado.

$$F_E = W_{\text{fluido}} = \rho_{\text{fluido}} \cdot V_{\text{deslocado}} \cdot g$$

Isto é devido à pressão hidrostática no fluido.

No caso de um navio, o seu peso é contra-balançado por uma força de impulsão igual ao volume de água que desloca, que corresponderá ao volume submerso do navio. Se lhe for acrescentada mais carga, esse volume submerso vai aumentar, e, com ele, a força de impulsão, permitindo ao barco flutuar. No Brasil, dá-se o nome de empuxo a esta força.

A descoberta do princípio da impulsão é atribuída a Arquimedes.

Pressão Atmosférica

A pressão atmosférica é a pressão hidrostática causada pelo peso do ar acima do ponto de medição. Áreas de baixa pressão têm menos massa atmosférica acima do local, enquanto que as áreas de alta pressão têm mais massa atmosférica acima do local. Da mesma forma, quanto maior for a elevação, menos massa atmosférica acima haverá, por isso que a pressão diminui com o aumento da altitude.

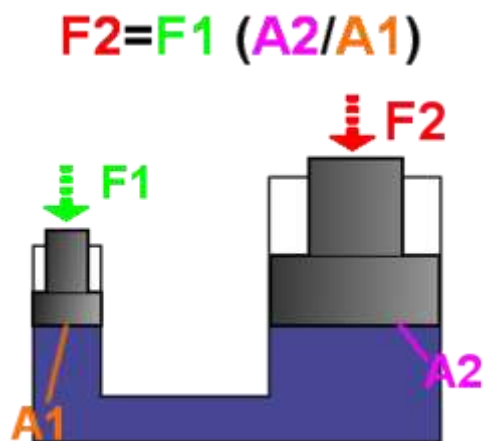


Experiência de Torricelli: na parte superior do tubo há quase-vácuo.

O Princípio de Pascal enuncia-se da seguinte forma:

Uma variação de pressão provocada num ponto de um fluido em equilíbrio transmite-se a todos os pontos do fluido e às paredes que o contêm.

Uma aplicação prática é a prensa hidráulica. Para um êmbolo de 10m^2 e outro de 1m^2 , uma força equivalente a 70 kg será suficiente para levantar um veículo que pese 700 kg , no outro êmbolo.



Prensa hidráulica: O aumento da força hidráulica

Considerando a pressão num ponto 1 com uma altura h como p_1 , se variarmos a sua pressão em Δp , a sua pressão passará a ser $p'_1 = p_1 + \Delta p$

Como 1 é um ponto genérico, todos os pontos do fluido serão acrescidos de Δp

Mas,

$$p = \frac{F}{A}$$

Então para dois pontos distintos no fluido, 1 e 2

$$\Delta p_1 = \Delta p_2$$

Logo, $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$

ou,

$$F_2 = A_2 \frac{F_1}{A_1}$$

Assim, o peso possível de ser levantado no ponto 2 é proporcional à área do êmbolo em 2, mesmo que pequenas forças e áreas existam em 1.

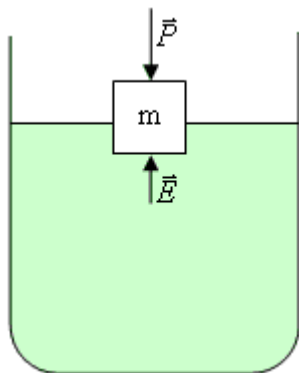
Empuxo

Ao entrarmos em uma piscina, nos sentimos mais leves do que quando estamos fora dela.

Isto acontece devido a uma força vertical para cima exercida pela água a qual chamamos Empuxo, e a representamos por \vec{E} .

O Empuxo representa a força resultante exercida pelo fluido sobre um corpo. Como tem sentido oposto à força Peso, causa o efeito de leveza no caso da piscina.

A unidade de medida do Empuxo no SI é o Newton (N).



Princípio De Arquimedes

Foi o filósofo, matemático, físico, engenheiro, inventor e astrônomo grego Arquimedes (287a.C. - 212a.C.) quem descobriu como calcular o empuxo.

Arquimedes descobriu que todo o corpo imerso em um fluido em equilíbrio, dentro de um campo gravitacional, fica sob a ação de uma força vertical, com sentido oposto à este campo, aplicada pelo fluido, cuja intensidade é igual a intensidade do Peso do fluido que é ocupado pelo corpo.

Assim:

$$\vec{E} = P_{FD} = m_{FD} \cdot g$$

$$\vec{E} = d_F \cdot V_{FD} \cdot g$$

onde:

$$\vec{E} = \text{Empuxo (N)}$$

$$d_F = \text{Densidade do fluido (kg/m}^3\text{)}$$

$$V_{FD} = \text{Volume do fluido deslocado (m}^3\text{)}$$

$$g = \text{Aceleração da gravidade (m/s}^2\text{)}$$

Exemplo:

Em um recipiente há um líquido de densidade 2,56g/cm³. Dentro do líquido encontra-se um corpo de volume 1000cm³, que está totalmente imerso. Qual o empuxo sofrido por este corpo? Dado g=10m/s²

$$V_{FD} = 1000 \text{ cm}^3 = 0,001 \text{ m}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$d_F = 2,56 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{10^{-3} \text{ kg}}{1 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ cm}^3}{10^{-6} \text{ m}^3} = 2,56 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\vec{E} = d_F \cdot V_{FD} \cdot g$$

$$\vec{E} = 2,56 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 25,6 \text{ N}$$

Peso Aparente

Conhecendo o princípio de Arquimedes podemos estabelecer o conceito de peso aparente, que é o responsável, no exemplo dado da piscina, por nos sentirmos mais leves ao submergir.

Peso aparente é o peso efetivo, ou seja, aquele que realmente sentimos. No caso de um fluido:

$$\vec{P}_A = \vec{P} - \vec{E}$$

$$\vec{P}_A = m \cdot g - d_F \cdot V_{FD} \cdot g$$

$$\vec{P}_A = g \cdot (m - d_F \cdot V_{FD})$$

Como Surge O Empuxo?

Imagine um objeto completamente imerso em água. A pressão exercida pelo líquido atua em todos os pontos do objeto. À medida que o corpo vai afundando, a pressão em seus pontos inferiores torna-se maior que a pressão nas partes superiores. A diferença de pressão gera a força denominada de empuxo.

Como O Empuxo Foi Descoberto?

A descoberta dessa força é atribuída ao grego Arquimedes, que definiu a grandeza da seguinte forma:

“Todo corpo mergulhado em um líquido sofre uma força chamada de empuxo que corresponde ao peso do volume de líquido deslocado”.

O empuxo é tratado em diversas literaturas como Princípio de Arquimedes.

Como O Empuxo É Calculado?

O empuxo corresponde ao peso do volume de líquido deslocado pelo corpo imerso em um fluido. Sabendo que o peso é fruto do produto da massa pela gravidade e chamando de m_{DES} a massa de líquido deslocado, temos:

$$E = m_{DES} \cdot g$$

A densidade volumétrica é definida como a razão entre a massa e o volume da substância, sendo assim, para o volume de líquido deslocado (V_{DES}), temos:

$$\rho = m_{DES} \div V_{DES}$$

$$m_{DES} = \rho \cdot V_{DES}$$

Portanto, o empuxo pode ser definido como:

$$E = \rho \cdot V_{DES} \cdot g$$

OBS: O volume de líquido deslocado corresponde ao volume imerso do corpo mergulhado no fluido.

Flutuação De Navios

Alguma vez você já se perguntou como os enormes navios cargueiros ou transatlânticos flutuam no mar sendo tão pesados? A resposta está no empuxo!

Quando determinado objeto não maciço é depositado sobre um fluido, o seu peso atua na vertical para baixo. À medida que o objeto desce, a quantidade de fluido deslocado aumenta e o empuxo também aumenta. No momento em que o empuxo se tornar igual à força peso, o objeto permanecerá em um estado de equilíbrio estático e flutuará na superfície do líquido.

Exemplo De Exercício

Um objeto de densidade 300 kg/m^3 e massa 15.000 kg flutua nas calmas águas de um lago. Se a densidade do fluido é 1000 kg/m^3 , determine o volume imerso do corpo.

Resolução:

Como o objeto flutua na água, podemos dizer que o empuxo é igual ao peso:

$$E = p$$

$$\rho \cdot V_{DES} \cdot g = m \cdot g$$

$$\rho \cdot V_{DES} = m$$

$$1000 \cdot V_{DES} = 15.000$$

$$V_{DES} = 15 \text{ m}^3$$

A partir da definição de densidade, podemos encontrar o volume total do corpo:

$$\rho = m \div V$$

$$V = m \div \rho$$

$$V = 15.000 \div 300$$

$$V = 50 \text{ m}^3$$

Como o volume total do corpo é 50 m^3 e o volume imerso em água é de 15 m^3 , podemos concluir que o volume emerso é de 35 m^3 .

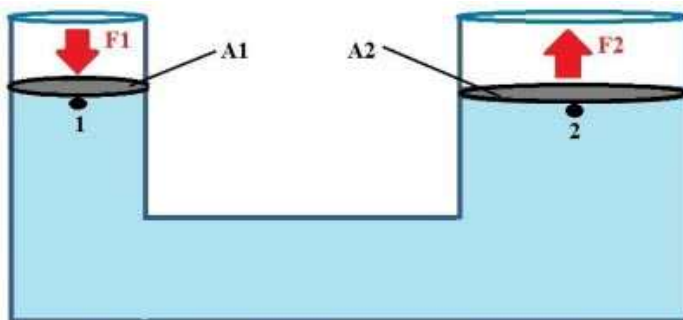
Princípio De Pascal

O Princípio de Pascal é uma lei da hidrostática que envolve a variação de pressão hidráulica num fluido em equilíbrio.

Recebe esse nome pois foi elaborada no século XVII pelo físico, matemático e filósofo francês Blaise Pascal (1623-1662).

Seu enunciado é expresso da seguinte maneira:

“O aumento da pressão exercida em um líquido em equilíbrio é transmitido integralmente a todos os pontos do líquido bem como às paredes do recipiente em que ele está contido.”



Fórmula

A partir da figura acima, a fórmula do Princípio de Pascal é expressa:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Onde,

F_1 e F_2 : forças aplicadas aos êmbolos 1 e 2

A_1 e A_2 : áreas dos êmbolos 1 e 2

Nesse sentido, as intensidades das forças aplicadas são diretamente proporcionais às áreas dos êmbolos. ($\Delta p_A = \Delta p_B$)

Aplicações: Exemplos

Alguns exemplos sobre o Princípio de Pascal podem ser aplicados em:

Prensas hidráulicas

Elevadores hidráulicos

Freios hidráulicos

Barragens

Caixas d'água

Sistemas de amortecedores

Princípio de Stevin

O Teorema de Stevin é conhecido com Lei Fundamental da Hidrostática. Seu enunciado é:

“A diferença entre as pressões de dois pontos de um fluido em equilíbrio (repouso) é igual ao produto entre a densidade do fluido, a aceleração da gravidade e a diferença entre as profundidades dos pontos.”

Sendo assim, esse teorema determina a variação da pressão hidrostática que ocorre nos fluidos.

Para calcular essa variação utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\Delta P = \gamma \cdot \Delta h \text{ ou } \Delta P = d \cdot g \cdot \Delta h$$

Onde,

ΔP : variação da pressão hidrostática (Pa)

γ : peso específico do fluido (N/m³)

d : densidade (Kg/m³)

g : aceleração da gravidade (m/s²)

Δh : variação da altura da coluna de líquido (m)

Princípio De Arquimedes

Além do Princípio de Pascal de Stevin, o Teorema de Arquimedes também faz parte da hidrostática. Seu enunciado é:

“Todo corpo mergulhado num fluido recebe um impulso de baixo para cima igual ao peso do volume do fluido deslocado, por esse motivo, os corpos mais densos que a água, afundam, enquanto os menos densos flutuam.”

Esse teorema é utilizado para calcular a força vertical e para cima (força empuxo) que torna um corpo mais leve no interior de um fluido.

Para calcular a força empuxo, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$E = d_f \cdot V_{fd} \cdot g$$

Onde,

E : força empuxo (N)

d_f : densidade do fluido (kg/m³)

V_{fd} : volume do fluido (m³)

g : Aceleração da gravidade (m/s²)

Teorema De Arquimedes

O Teorema de Arquimedes, também chamado de “Princípio de Arquimedes” (Lei do Empuxo) refere-se à experiência do grande físico-matemático grego: Arquimedes de Siracusa.

Assim, a partir da “gravidade específica”, o teorema de Arquimedes permite calcular o valor da força vertical e para cima (força empuxo) que torna um corpo mais leve no interior de um fluido.

Assim, o postulado de Arquimedes afirma que:

“todo corpo mergulhado num fluido recebe um impulso de baixo para cima igual ao peso do volume do fluido deslocado, por esse motivo, os corpos mais densos que a água, afundam, enquanto os menos densos flutuam”.

Isso explica porque quando estamos imersos na água, seja na praia ou na piscina, a percepção que temos é de que somos mais leves dentro da água do que fora dela, o que explica a força empuxo (E) atuando, em sentido contrário à força peso (P).

Empuxo

A força empuxo (impulsão) é uma força hidrostática e uma grandeza vetorial (possui módulo, sentido e direção) representada pela letra F com uma seta acima da letra.

A força empuxo designa a força resultante exercida pelo fluido sobre determinado corpo.

No Sistema Internacional (SI) de Unidades o empuxo é medido pela unidade Newton (N). Dessa forma, para calcular a força empuxo utiliza-se a seguinte fórmula:

$$E = d_f \cdot V_{fd} \cdot g$$

Donde,

d_f : densidade do fluido

V_{fd} : volume do fluido

g : Aceleração da gravidade

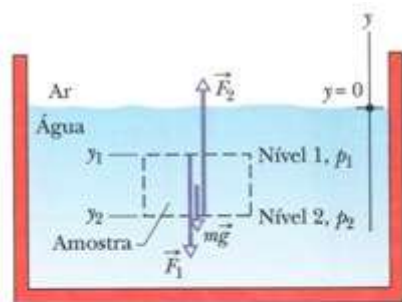
Assim, é importante ressaltar que se a densidade do corpo for maior que a densidade do fluido, o corpo afundará; se a densidade do corpo for equivalente à densidade do fluido, o corpo ficará em equilíbrio com o fluido; e, por fim, se a densidade do corpo for menor que a densidade do fluido, o corpo flutuará na superfície do fluido.

Em outras palavras, se a força empuxo (E) tiver menor intensidade que a força peso (P), o corpo afundará; se a força empuxo (E) tiver a mesma intensidade que a força peso (P) o corpo não subirá nem descenderá, permanecendo em equilíbrio; por fim, se a força do empuxo tiver maior intensidade que a força peso (P), o corpo subirá para a superfície.

Note que no Sistema Internacional (SI) a densidade do fluido é medida em quilogramas por metros cúbico (kg/m^3), o volume em metros cúbicos (m^3) e a aceleração da gravidade em metros por segundo ao quadrado (m/s^2).

Princípio De Stevin

Simon Stevin nasceu em Burges, em 1548. Contribuiu de maneira significativa no avanço científico de sua época. Dentre os mais variados estudos, pode-se destacar o Princípio de hidrostática, que trata acerca do deslocamento de corpos mergulhados em água e a explicação do paradoxo da hidrostática - a pressão de um líquido independe da forma do recipiente, depende apenas da altura da coluna líquida. Esta é a demonstração que será mostrada nas alíneas seguintes.



(a)



(b)

Observando a figura (a) ao lado, pode-se perceber um recipiente com uma determinada quantidade de água. Consideremos parte desta água isolada em um volume cilíndrico imaginário cuja área da base é A e y_1 e y_2 (observe pela figura que serão números negativos) são os limites deste cilindro.

Para a quantidade de água isolada, fez-se um diagrama de corpo livre – figura (b). Considerando que todo o líquido está em repouso e utilizando-se a Segunda Lei de Newton, pode-se escrever a seguinte expressão:

$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$, onde o vetor F é a força resultante que age em determinado corpo; o vetor a é a aceleração a que o corpo está submetido e m é a massa do corpo.

Logo, pode – se concluir:

$$F_2 - [F_1 + mg] = m \cdot a, a = 0 \quad (I)$$

Lembrando que:

$$p(\text{Pressão}) = \frac{F (\text{Módulo da Força})}{A (\text{Área de atuação da força})}$$

e

$$\rho(\text{massa específica}) = \frac{m (\text{massa})}{V (\text{Volume})}$$

Pode-se reescrever a equação (I) da seguinte forma:

$$p_2 \cdot A = p_1 \cdot A + \rho \cdot A \cdot g \cdot (y_1 - y_2) \quad (II)$$

Observando o sistema de referências da figura, pode – se concluir que:

$$y_1 = 0;$$

$$p_1 = p_0;$$

$$y_2 = -h;$$

$$p_2 = p$$

A conclusão da equação (II) é a seguinte:

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h \text{ (pressão na profundidade } h\text{)}$$

De uma forma mais abrangente, a equação acima pode ser escrita da seguinte forma:

$$\int_{p_0}^p dp = -g \int_0^h \rho(h) dh$$

Observa-se, pela estrutura da equação, que a pressão em qualquer ponto do fluido independe da forma do recipiente ou da porção do líquido escolhida. O fator determinante na pressão é apenas a altura da coluna de fluido escolhida.



Dentre os mais variados exemplos de utilização do Princípio de Stevin, é apresentado em diversos livros didáticos: são os vasos comunicantes (a ligação de dois ou mais recipientes por um conduto). É com base neste princípio que as caixas de distribuição de água das casas e das cidades são construídas. É comum observar que os reservatórios de distribuição de água sempre estão localizados nos pontos mais altos da casa ou da cidade.

Um outro exemplo comum é o uso de mangueira transparente com água em seu interior, utilizada por pedreiros na construção civil. Essa engenhoca usa os princípios da hidrostática, especificamente os vasos comunicantes, e serve para nivelar ou identificar se a obra está num mesmo plano horizontal.

Pressão Hidrostática

Pressão hidrostática é a pressão exercida em sua base pela coluna de um líquido. A pressão hidrostática pode ser calculada pela seguinte expressão, que pode cair no Enem:

$$p_h = \mu \cdot g \cdot h$$

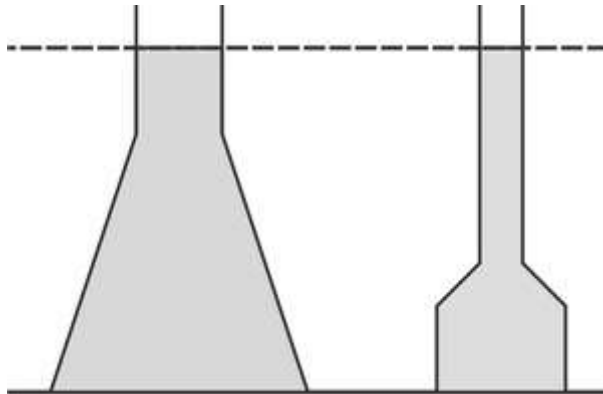
p_h = pressão hidrostática exercida pela coluna de um líquido em sua base

μ = massa específica do líquido

g = aceleração local da gravidade

h = altura da coluna do líquido

Observe que a pressão hidrostática não depende da área da base do recipiente.



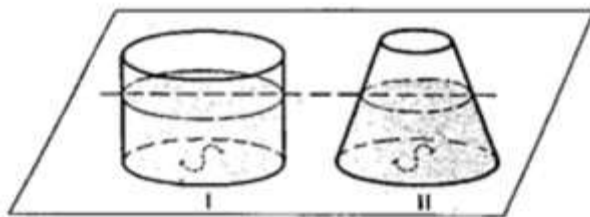
Aplicação 1 – Os dois frascos representados na figura contêm o mesmo líquido em equilíbrio. Observe que, em ambos, as superfícies livres dos líquidos estão no mesmo nível.

Compare a pressão hidrostática p_{1_1} no fundo do recipiente da esquerda com a pressão hidrostática p_{2_2} no fundo do recipiente da direita e verifique se $p_{1_1} > p_{2_2}$, $p_{1_1} = p_{2_2}$ ou $p_{1_1} < p_{2_2}$

Resposta. A pressão hidrostática depende da massa específica do líquido, da aceleração local da gravidade e da altura da coluna do líquido. Neste problema esses três elementos são iguais, logo $p_{1_1} = p_{2_2}$.

Aplicação 2 – Esta questão apresenta duas afirmações, podendo a segunda ser uma razão para a primeira. Marque:

- (A) Se as duas afirmações forem verdadeiras e a segunda for uma justificativa da primeira.
- (B) Se as duas afirmações forem verdadeiras e a segunda não for uma justificativa da primeira.
- (C) Se a primeira afirmação for verdadeira e a segunda afirmação for falsa.
- (D) Se a primeira afirmação for falsa e a segunda afirmação for verdadeira.
- (E) Se a primeira e a segunda afirmações forem falsas.



Os dois recipientes mostrados na figura ao lado contêm água até a mesma altura. Embora os recipientes tenham formas diferentes, os fundos têm a mesma área S.

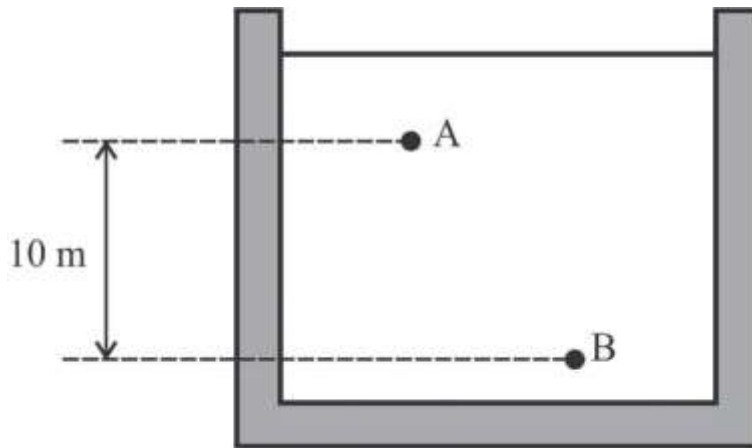
Primeira Afirmação: a pressão hidrostática no fundo do recipiente I é maior do que no fundo do recipiente II

Porque

Segunda Afirmação: o peso da água no recipiente I é maior do que no recipiente II.

Resposta. A primeira afirmativa é falsa e a segunda é verdadeira. Repare que o segundo recipiente contém menos água do que o primeiro.

Aplicação 3 – Um tanque aberto para o ar está cheio de água, como indica a figura.



Considere a massa específica da água = $1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, a pressão atmosférica local $1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ e a aceleração local da gravidade 10 m/s^2 . A pressão no ponto B, situado 10 m abaixo do ponto A é $2,2 \times 10^5 \text{ N/m}^2$.

(A) Calcule a pressão no ponto A.

Resposta. A pressão no ponto B será igual à pressão do ponto A mais a pressão hidrostática da coluna de água existente entre os pontos A e B.

$$p_B = p_A + \mu \cdot g \cdot h_{AB}$$

$$2,2 \cdot 10^5 = p_A + 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10 \quad 2,2 \cdot 10^5 = p_A + 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10$$

$$p_A = 1,2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

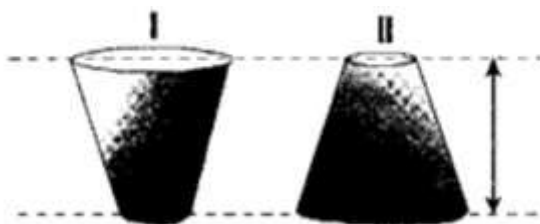
(B) Calcule a profundidade do ponto A.

Resposta. A pressão no ponto A será igual à pressão atmosférica mais a pressão hidrostática da coluna de água acima do ponto A.

$$p_B = p_{\text{Atm}} + \mu \cdot g \cdot h \quad p_B = p_{\text{Atm}} + \mu \cdot g \cdot h$$

$$2,2 \cdot 10^5 = 1,0 \cdot 10^5 + 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot h \quad 1,2 \cdot 10^5 = 1,0 \cdot 10^5 + 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot h$$

$$h = 2,0 \text{ m}$$



Aplicação 4 – A figura ao lado mostra dois recipientes de formas diferentes, mas de volumes iguais, abertos, apoiados em uma mesa horizontal. Os dois recipientes têm a mesma altura e estão cheios, até a borda, com água.

Calcule a razão $|f \rightarrow 1|/|f \rightarrow 2|$ entre os módulos das forças exercidas pela água sobre o fundo circular do recipiente I ($f \rightarrow 1$) e sobre o fundo circular do recipiente II ($f \rightarrow 2$), sabendo que os raios das bases dos recipientes I e II valem, respectivamente, R e 3R.

Resposta: a área do círculo vale $A = \pi \cdot R^2$

Lembrando que a pressão é a relação entre a força normal aplicada à superfície e a área desta superfície, temos:

Pressão = Força/área \Rightarrow Força = pressão x área
Pressão hidrostática = $\mu \cdot g \cdot h$

Força = $\mu \cdot g \cdot h \cdot A$

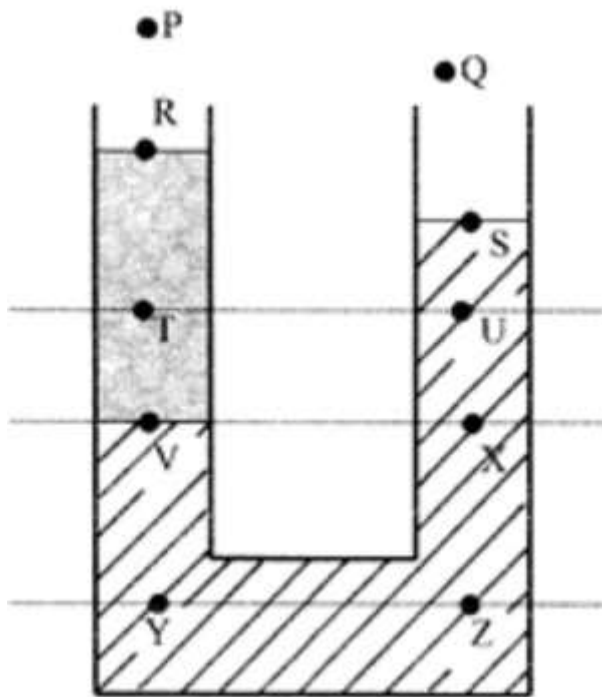
$$|f \rightarrow 1| |f \rightarrow 1| = \mu \cdot g \cdot h \cdot \pi \cdot R^2$$

$$|f \rightarrow 2| |f \rightarrow 2| = \mu \cdot g \cdot h \cdot \pi \cdot (3R)^2$$

$$|f \rightarrow 1| / |f \rightarrow 2| = 1/9$$

Teorema Dos Pontos Isóbaros

Todos os pontos de uma mesma superfície horizontal de um mesmo líquido ideal, em equilíbrio hidrostático, estão submetidos à mesma pressão.

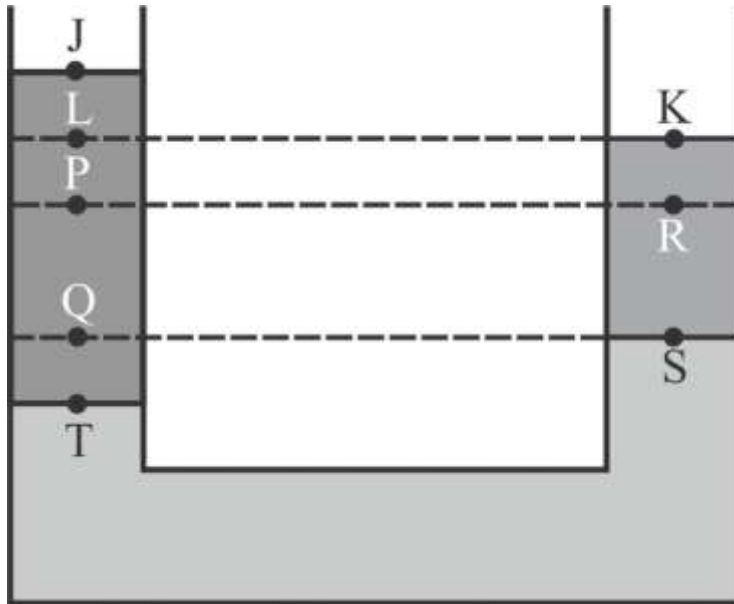


Aplicação 5 – O tubo em forma de U, representado na figura ao lado, contém dois líquidos não miscíveis de massas específicas diferentes. Nesta montagem assinalamos vários pontos: P, Q Z. Qual par NÃO é constituído por pontos de mesma pressão?

- (A) P e Q
- (B) R e S
- (C) T e U
- (D) V e X
- (E) Y e Z

Resposta: C. Os pontos P, Q, R e S estão submetidos à mesma pressão atmosférica, logo as pressões sobre eles são iguais. Os pontos T e U pertencem à mesma horizontal, porém pertencem a líquidos diferentes.

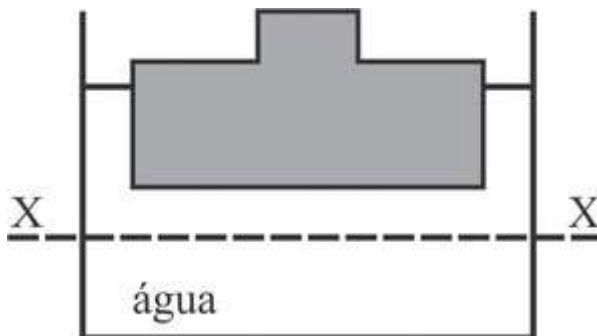
Aplicação 5 – A figura abaixo representa um tubo em U, aberto em ambos os ramos, contendo três líquidos não miscíveis, em equilíbrio hidrostático.



Como exemplo de pontos isóbaros, pode-se citar:

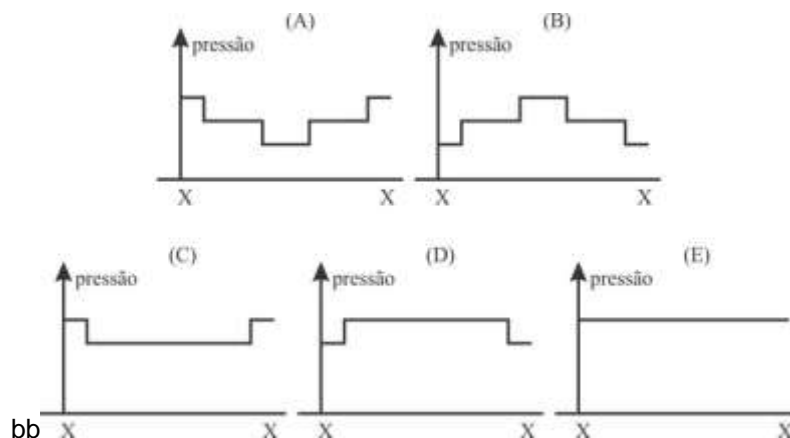
- (A) J e K
- (B) L e K
- (C) P e R
- (D) Q e S

Resposta: A. Os pontos J e K estão submetidos à mesma pressão atmosférica.



Aplicação 6 – Sobre a água de um tanque, flutua um objeto homogêneo cuja seção está representada na figura ao lado.

A pressão ao longo da linha XX é representada pelo gráfico:



Resposta: E. Ao longo da linha XX, a pressão é constante por ser horizontal e pertencer ao mesmo líquido.

[illegible]

Equilíbrio Líquido/Líquido

A operação de extração é também uma operação de separação/purificação muito comum a nível industrial. Na extração, a separação do soluto da mistura de alimentação é promovida pela adição de outro composto (um terceiro composto no caso da alimentação ser uma mistura binária), o qual designamos por solvente.

O conceito de extração aplica-se quer a alimentações (misturas) sólidas, quer líquidas, às quais se pretende retirar o soluto, seja para o obter num estado mais puro por constituir o produto objecto do processo, seja por corresponder a uma impureza da alimentação que é necessário eliminar.

Nesta secção trataremos exclusivamente da extração líquido/líquido (alimentação líquida). Se a alimentação for uma mistura sólida o processo designa-se por lixiviação (leaching) ou extração sólido/líquido. Contudo, os mecanismos físico/químicos subjacentes são iguais nos dois casos.

A extração (líquido/líquido e sólido/líquido) é muito comum no tratamento de minérios mas também na indústria alimentar, farmacêutica e de cosmética e na produção de óleos essenciais, assim como na purificação de correntes efluentes com vista a retirar contaminantes indesejados e tóxicos, que já existem em muito pequena quantidade, como por exemplo na remoção do fenol na produção de polícarbato.

Na extração líquido/líquido a separação está relacionada com a distribuição diferenciada do soluto pelas duas fases imiscíveis (ou parcialmente miscíveis) em contacto. A alimentação líquida é misturada com o solvente da extração e o soluto dessa alimentação vai distribuir-se de forma desigual entre o solvente que se adicionou e o diluente da alimentação, passando, preferencialmente, para o novo solvente que se adicionou. Solvente e diluente devem ser o mais imiscível possível (total ou parcialmente imiscíveis). A transferência de massa do soluto deve dar-se da solução de alimentação para a fase do solvente.

É possível estabelecer um paralelismo entre extração líquido/líquido e destilação. Em ambos os casos o soluto passa da fase de alimentação (corrente líquida) para a outra fase que se adiciona ou forma no processo (líquido ou vapor, respectivamente). O agente da separação na extração é o novo líquido/solvente que se adiciona, enquanto que na destilação é o calor que se fornece ao processo, o qual dá origem a uma nova fase, desta vez vapor. Assim, a extração é, normalmente, uma operação isotérmica enquanto na destilação existe, necessariamente, variação de temperatura ao longo do processo.

Tabela 1: comparação extração/destilação.

Extração	Destilação
1. Extração é a Operação Unitária na qual os constituintes da mistura líquida são separados através da adição de um solvente líquido miscível.	1. Os constituintes da mistura líquida são separados pela adição de calor.
2. A Extração usa a diferença de solubilidades dos componentes para conseguir a separação.	2. A Destilação usa a diferença de pressão de vapor dos componentes para conseguir a separação.
3. A Selectividade é uma medida da facilidade de separação.	3. A Volatilidade é uma medida da facilidade de separação.
4. Obtém-se uma nova fase líquida insolúvel por adição do solvente à mistura líquida inicial.	4. Forma-se uma nova fase por adição de calor.
5. As fases são mais difíceis de misturar e separar.	5. A mistura e separação das fases é fácil.
6. A extração não fornece produtos puros e requer outros tratamentos posteriores.	6. Fornece produtos praticamente puros.
7. Oferece maior flexibilidade na selecção das condições operatórias.	7. Menor flexibilidade na selecção das condições operatórias.
8. Requer energia mecânica para a mistura e a separação.	8. Requer energia térmica.
9. Não precisa de sistemas de aquecimento ou arrefecimento.	9. Precisa de sistemas de aquecimento e arrefecimento.
10. Normalmente é a segunda escolha para a separação dos componentes de uma mistura líquida.	10. Normalmente é a primeira escolha para a separação dos componentes de uma mistura líquida.

Quando, para tratar uma dada mistura, tanto a destilação como a extração são opções viáveis, a escolha recai, normalmente, sobre a destilação. Se é certo que a destilação é energeticamente mais exigente, também é certo que, normalmente, a extração sozinha não resolve o problema tendo de ser seguida de uma destilação para separar o soluto do novo solvente onde está dissolvido, dado que a extração não conduz, por norma, a produtos muito concentrados.

A extração é normalmente escolhida quando a separação por destilação da corrente original é difícil (caso das misturas azeotrópicas ou de volatilidade relativa próxima da unidade). Outra situação onde faz sentido recorrer à extração é no tratamento de misturas aquosas pouco concentradas. Extrai-se o soluto com um solvente volátil e destila-se, posteriormente, a fase do solvente, com custos energéticos substancialmente mais baixos.

Na extração líquido/líquido a alimentação que contém o soluto (composto c) a extrair é misturada com o solvente do processo (composto b) o qual deve ser o mais imiscível possível com o diluente (composto a) da alimentação. Em resultado deste processo produzem-se duas fases, uma rica no solvente b (extracto) e outra rica no diluente a (resíduo ou refinado). O solvente que se selecciona para o processo de extração deve ter grande afinidade com o soluto c, de tal modo que, no processo de mistura, a transferência de massa ocorra no sentido dos extratos, ou seja o soluto fique preferencialmente retido na fase do solvente b. De seguida há que deixar repousar a mistura por forma a ser possível separar as duas fases praticamente imiscíveis (as quais devem ter densidades diferentes) produzindo-se finalmente o extracto e o resíduo.

Para projetar o equipamento de extração recorre-se também, normalmente, ao conceito de andar em equilíbrio e, assim, supõe-se que o extracto e o resíduo resultantes de cada unidade de mistura estão em equilíbrio. Isso é o que está esquematizado na figura 1, onde também se mostra um esquema do sistema físico onde se pode conduzir o processo de extração: um sistema de misturador seguido de um decantador.

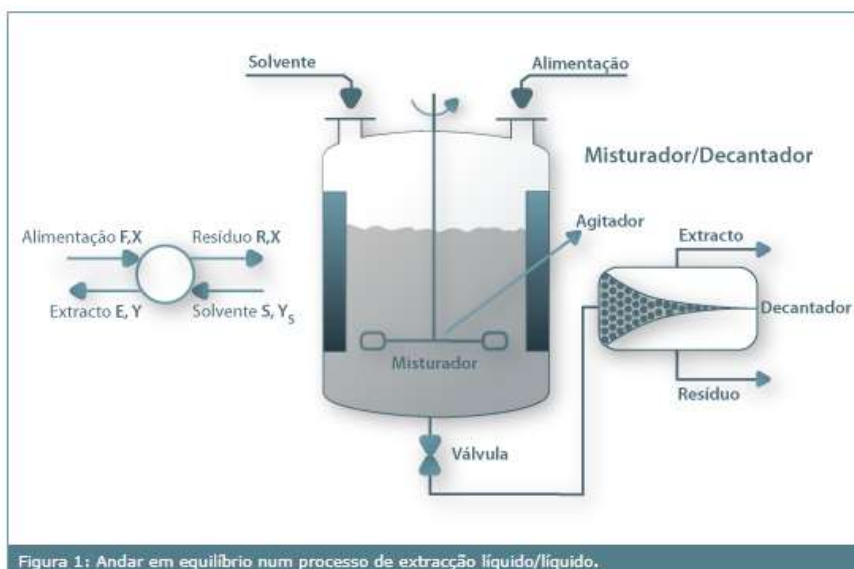


Figura 2: Separação do benzoato de sódio (água+MTBE).

Para melhorar a recuperação do soluto no extrato e a eficiência global do processo, a extração pode decorrer em vários andares em equilíbrio como esquematizado na figura 3. O esquema da figura 3

corresponde a um processo em contra-corrente. Na extração não se usam, normalmente operações em co-corrente pois nesse caso a driving-force fica muito pequena no final do processo. No caso da extração em contra-corrente a driving-force para a transferência de massa (diferença de concentração entre as duas fases) mantém-se praticamente constante ao longo de todo o processo.

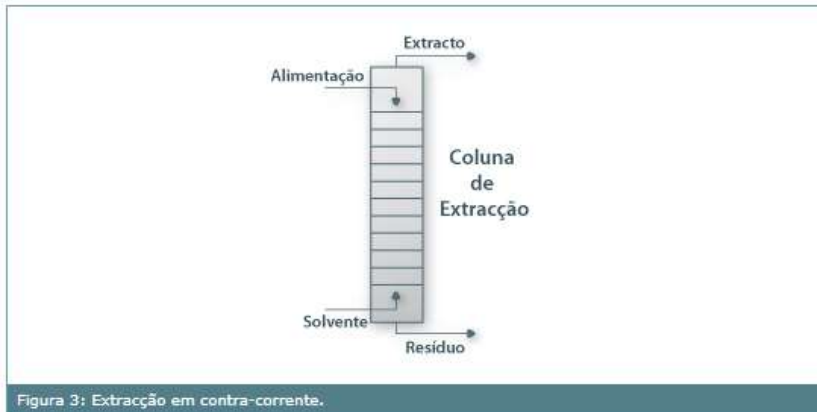


Figura 3: Extração em contra-corrente.

Em alternativa, usa-se frequentemente em extração a operação em corrente cruzada (como esquematizado na figura 4), embora neste caso os gastos com solvente sejam mais elevados. A operação em corrente cruzada, implementada através de uma série de misturadores/decantadores (figura 4) usa-se, normalmente, em unidades de baixa capacidade que, por serem multiprodutos, precisam de ser mais flexíveis.

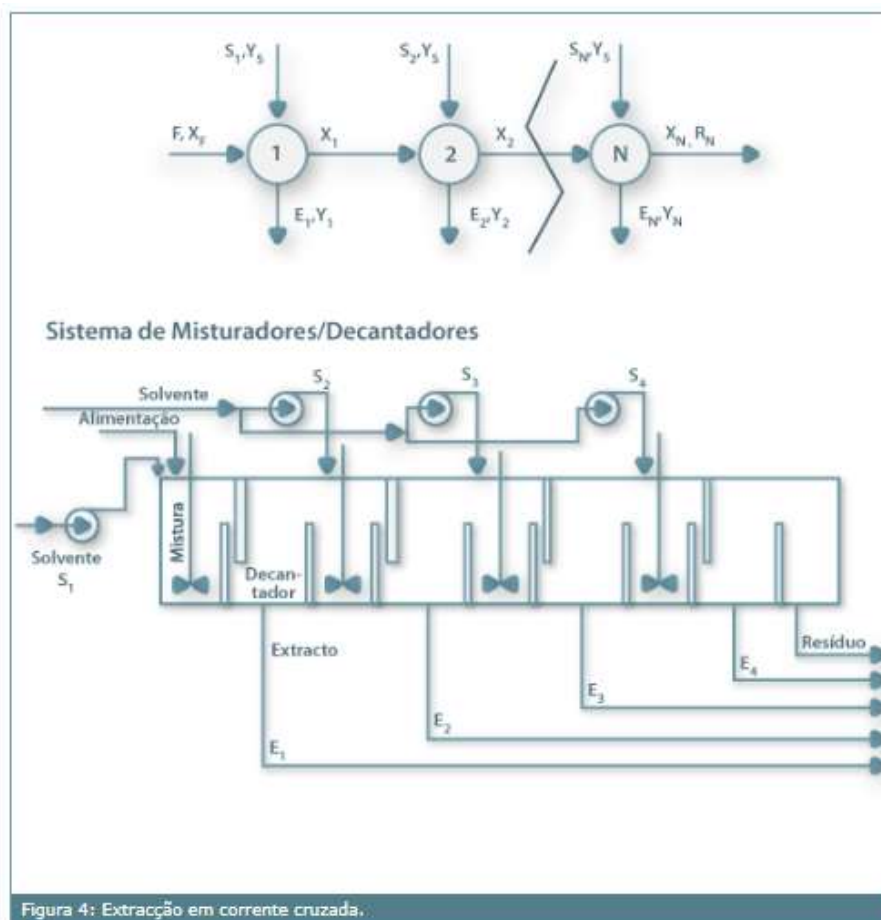


Figura 4: Extração em corrente cruzada.

O projeto do equipamento de extração líquido/líquido baseia-se na resolução dos sistemas de balanços mássicos e equações de equilíbrio, dado que este projeto recorre ao conceito de andar em equilíbrio. Assim, é necessário conhecer previamente as equações que descrevem o equilíbrio líquido/líquido para o sistema que se quer tratar.

O equilíbrio líquido/líquido também pode ser descrito pela igualdade dos potenciais químicos (μ) das duas fases líquidas, tal como acontece nos sistemas líquido/vapor. Ou seja, para as fases α e β o equilíbrio entre as fases implica:

$$\mu_i^\alpha = \mu_i^\beta$$

Para os vários componentes (i) do sistema.

No caso do equilíbrio líquido/líquido a equação (1) reduz-se a:

$$\gamma_i^\alpha X_i^\alpha = \gamma_i^\beta X_i^\beta$$

Onde γ_i^α e γ_i^β são os coeficientes de atividade de i nas duas fases e x_i^α e x_i^β as respectivas fracções molares.

Os coeficientes de atividade podem ser calculados pelo método unifac ou uniquac, embora neste portal se recorra exclusivamente ao método unifac (este assunto é desenvolvido em mais detalhe na secção de termodinâmica química/equilíbrio líquido/ líquido).

Um parâmetro importante a ter em conta na seleção do solvente para a extração é o coeficiente de partição ou razão de equilíbrio (k) do soluto entre as duas fases líquidas (solvente adicionado ao processo e diluente da alimentação). Este coeficiente é definido, para o componente i, como:

$$K_i = \frac{X_{i,w}^\alpha}{X_{i,w}^\beta} = \frac{y_i}{x_i}$$

Na equação (3) y_i designa a fracção mássica de i no extrato, enquanto x_i corresponde à fracção mássica de i no resíduo, de acordo com a nomenclatura normalmente utilizada na extração (quando não se coloca nenhum índice referimo-nos ao soluto do processo).

Quando se define k_i para o soluto c, interessa que ele seja o mais diferente da unidade possível.

A seletividade do solvente b é definida como a razão entre as razões das fracções mássicas soluto/diluente no extrato e no respectivo resíduo em equilíbrio:

$$\beta = \frac{y_C / y_A}{x_C / x_A}$$

E dá uma ideia da eficácia do solvente b para separar os constituintes da alimentação (a+c), ou seja, para retirar c da fase do diluente.

A seletividade no processo de extração é equivalente à volatilidade na destilação. A extração é tanto mais fácil quanto mais superior relativamente à unidade for β .

Representação gráfica das relações de equilíbrio líquido/líquido

A forma mais directa de representar as relações de equilíbrio líquido/líquido é no diagrama triangular (normalmente o triângulo equilátero) dado estarmos perante sistemas ternários (c+a+b) e as várias correntes serem, como tal, misturas ternárias.

Na figura 5 está representada num diagrama ternário a curva de equilíbrio líquido/líquido (curva binodal) que é o locus de todas as correntes de extracto (zona direita da curva) e de resíduo (zona esquerda da curva) em equilíbrio. Os vértices do triângulo correspondem aos componentes puros (a, b, c), e os lados às misturas binárias. No diagrama triangular as composições são normalmente dadas em fracções mássicas. O ponto p é designado por ponto crítico ou plait point e corresponde a ter um extracto e um resíduo em equilíbrio com a mesma composição, o que implica que, para estas condições, a extração é impossível. No diagrama triangular estão também representadas as linhas que unem os extractos e

os resíduos em equilíbrio, as quais se designam por tie-lines. Todos estes aspectos são mais desenvolvidos na secção de termodinâmica química/equilíbrio líquido/líquido (nessa secção também se explica como trabalhar, ler composições e marcar correntes, num diagrama triangular). A curva de equilíbrio e as respectivas tie-lines traçam-se, normalmente, com base em resultados experimentais.

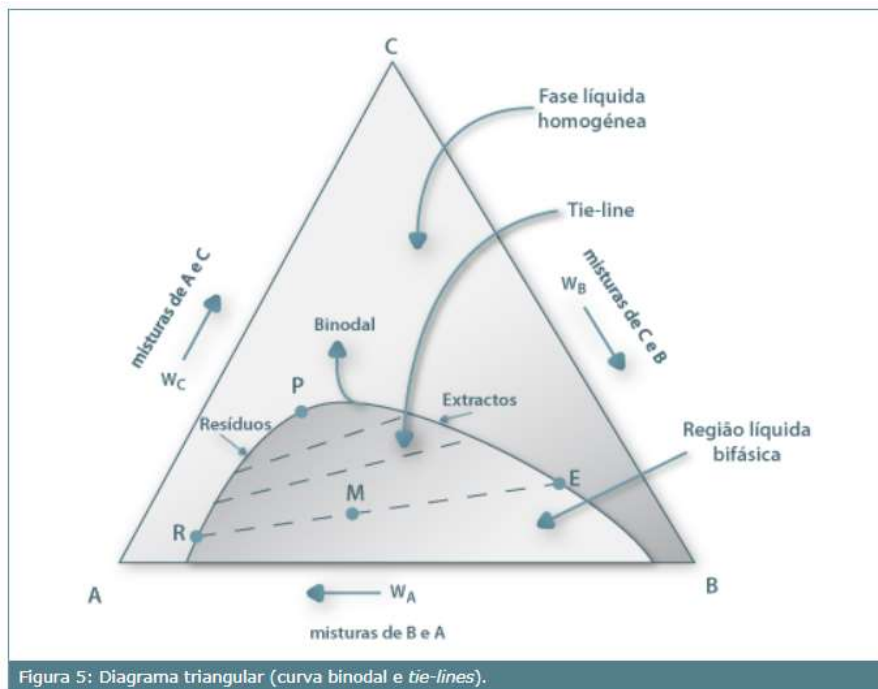


Figura 5: Diagrama triangular (curva binodal e tie-lines).

A curva binodal separa a zona de miscibilidade parcial dos componentes a e b (abaixo da binodal), da zona de miscibilidade total (acima da binodal).

O sistema ternário representado na figura 5 é do tipo i (uma só zona de miscibilidade parcial). Existem sistemas com duas ou três zonas de miscibilidade parcial, como descrito na secção de termodinâmica química. A separação é normalmente mais fácil para os sistemas tipo i. Por vezes, variando a temperatura, pode passar-se de um sistema tipo iii a um tipo ii ou tipo i.

Para obter experimentalmente a curva binodal e respectivas tie-lines podemos proceder como se segue:

Preparar uma solução de a+c e juntar lentamente b até surgir turvamento. A composição da mistura nesse preciso momento fornece um ponto da binodal.

Para traçar as tie-lines é necessário preparar misturas ternárias na zona de miscibilidade parcial, deixá-las repousar para que ocorra a separação das duas fases em equilíbrio, recolher amostras de cada fase e efectuar a sua análise química.

Outra forma de representar o equilíbrio líquido/líquido é traçar a curva de distribuição onde se representa a fracção mássica de soluto no extracto em função da fracção mássica de soluto no resíduo. A curva de distribuição pode obter-se directamente a partir do diagrama ternário como indicado na figura 6. A forma da curva de distribuição depende do tipo de binodal (mais informação em termodinâmica química/ equilíbrio líquido/líquido).

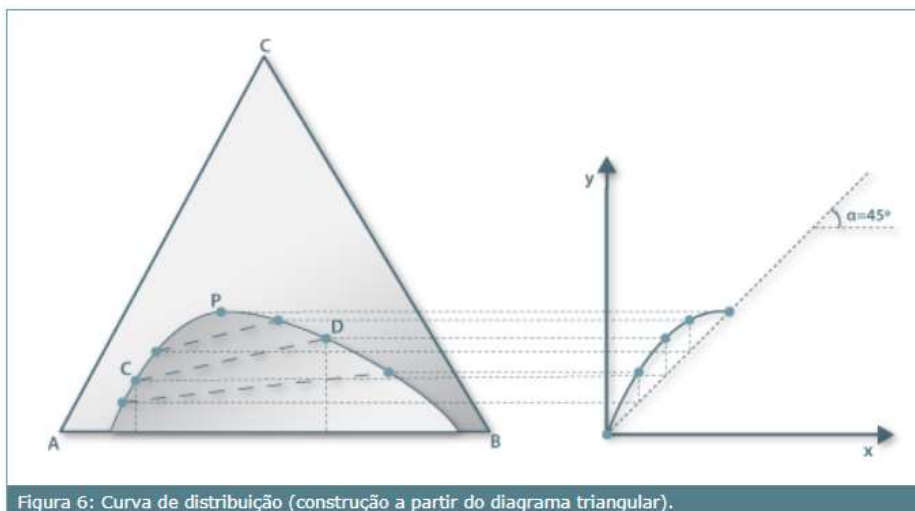


Figura 6: Curva de distribuição (construção a partir do diagrama triangular).

No caso de a e b serem totalmente imiscíveis a curva de distribuição deve ser representada em termos de coordenadas isentas de soluto, $y=f(x)$, onde:

- razão mássica de soluto no extracto:

$$Y = \frac{\text{massa de C}}{\text{massa de B}} \text{ extracto}$$

Razão mássica de soluto no resíduo:

$$Y = \frac{\text{massa de C}}{\text{massa de A}} \text{ resíduo}$$

Dado que os extratos não arrastam a e os resíduos não arrastam b consigo.

A utilidade desta transformação tornar-se-á evidente na secção de modelos usados na simulação interativa.

Para o projeto do equipamento de extração é necessário fixar as condições operatórias que se seguem:

Temperatura de operação;

Pressão de operação;

Caudal e composição da alimentação;

Tempo De Residência

Selecionar o solvente da extração (muito importante).

A temperatura deve ser suficientemente alta para que os componentes sejam todos solúveis, mas também suficientemente baixa para que a zona de miscibilidade parcial seja apreciável. A temperatura pode ser uma variável a manipular para alterar a seletividade do solvente, e ajuda ainda a controlar a viscosidade.

Dito isto, normalmente o equipamento de extração opera à pressão e temperatura ambiente. A pressão tem normalmente pouca influência no processo de extração.

REFERÊNCIAS

Os links citados abaixo servem apenas como referência. Nos termos da lei brasileira (lei no 9.610/98, art. 8o), não possuem proteção de direitos de autor: As ideias, procedimentos normativos, sistemas, métodos, projetos ou conceitos matemáticos como tais; Os esquemas, planos ou regras para realizar atos mentais, jogos ou negócios; Os formulários em branco para serem preenchidos por qualquer tipo de informação, científica ou não, e suas instruções; Os textos de tratados ou convenções, leis, decretos, regulamentos, decisões judiciais e demais atos oficiais; As informações de uso comum tais como calendários, agendas, cadastros ou legendas; Os nomes e títulos isolados; O aproveitamento industrial ou comercial das ideias contidas nas obras.

Caso não concorde com algum item do material entre em contato com a Domina Concursos para que seja feita uma análise e retificação se necessário

A Domina Concursos não possui vínculo com nenhuma banca de concursos, muito menos garante a vaga ou inscrição do candidato em concurso. O material é apenas um preparatório, é de responsabilidade do candidato estar atento aos prazos dos concursos.

A Domina Concursos reserva-se o direito de efetuar apenas uma devolução parcial do conteúdo, tendo em vista que as apostilas são digitais, isso, [e, não há como efetuar devolução do material.

A Domina Concursos se preocupa com a qualidade do material, por isso todo conteúdo é revisado por profissionais especializados antes de ser publicado.



Prezado cliente,

É com imensa satisfação que expressamos nossa profunda gratidão pela sua escolha em adquirir suas apostilas de estudos conosco. A preferência pelo nosso serviço é motivo de grande alegria e reforça nosso compromisso em fornecer materiais de alta qualidade para contribuir efetivamente em seu caminho educacional.

Aqui na nossa loja, dedicamo-nos diariamente para oferecer produtos que atendam não apenas às suas necessidades de aprendizado, mas que também superem suas expectativas. Cada compra realizada é um voto de confiança em nossa equipe, e estamos comprometidos em corresponder a essa confiança através de excelência em produtos e atendimento.

Saiba que sua decisão de confiar em nós para sua jornada de estudos é valorizada e respeitada. Estamos sempre empenhados em aprimorar nossos serviços para garantir que sua experiência seja positiva e produtiva. Se houver algo específico que possamos fazer para melhor atendê-lo, por favor, não hesite em nos informar.

Agradecemos por fazer parte da nossa comunidade de clientes e por escolher a qualidade e confiabilidade das nossas apostilas. Estamos ansiosos para continuar a servir-lo com dedicação e comprometimento.

Atenciosamente, Domina Concursos.



contato@dominaconcursos.com.br



WhatsApp (48) 9.9695-9070



Rua Aracatuba, nº 45,
Centro, Criciúma/SC - CEP
88810-230