



VERSÃO PARA DOWNLOAD

CURSO COMPETÊNCIAS TRANSVERSAIS

METROLOGIA



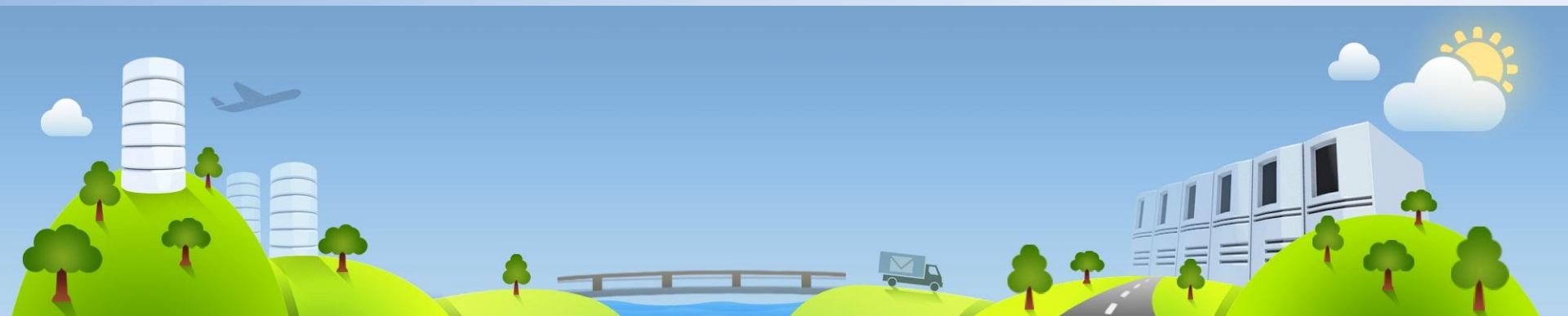


OLÁ!

SEJA BEM-VINDO AO CURSO DE COMPETÊNCIA TRANSVERSAL EM METROLOGIA

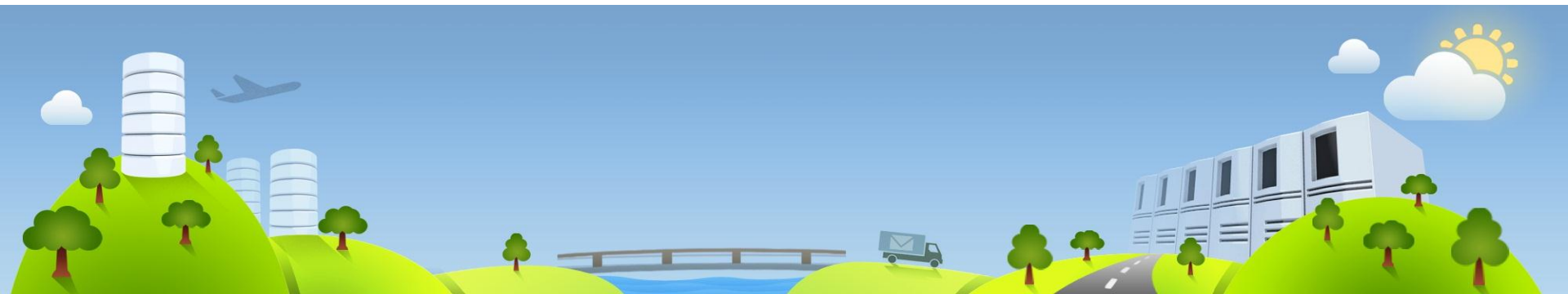
Objetivo do Curso:

Proporcionar aos alunos o conhecimento básico necessário à aplicação e interpretação das medidas na área da mecânica. O curso tem como objetivo explorar os principais temas relacionados a metrologia desde os instrumentos mais básicos como as réguas até instrumentos com um grau maior de precisão.



SUMÁRIO

Introdução	4
Módulo Básico	
Sistema Internacional de Unidades.....	5
Instrumentos de Medição.....	10
Instrumentos	
Régua.....	14
Paquímetro.....	19
Traçador de Alturas.....	34
Micrômetro.....	44
Revisão.....	58
Conteúdo Extra.....	68



Introdução

Este curso de qualificação foi elaborado devido à necessidade de, cada vez mais, o estudante precisar de uma base de conhecimento para que o seu aprendizado em um curso técnico seja melhor.

A proposta deste curso é fazer com que o estudante consiga identificar os instrumentos de medição utilizados nos cursos técnicos, bem como fazer leituras, identificar os tipos de instrumentos e suas aplicações.

Serão feitas avaliações no decorrer do curso para verificar o desenvolvimento do estudante e, conforme seu desempenho, ele poderá evoluir no programa e acessar o próximo conteúdo.

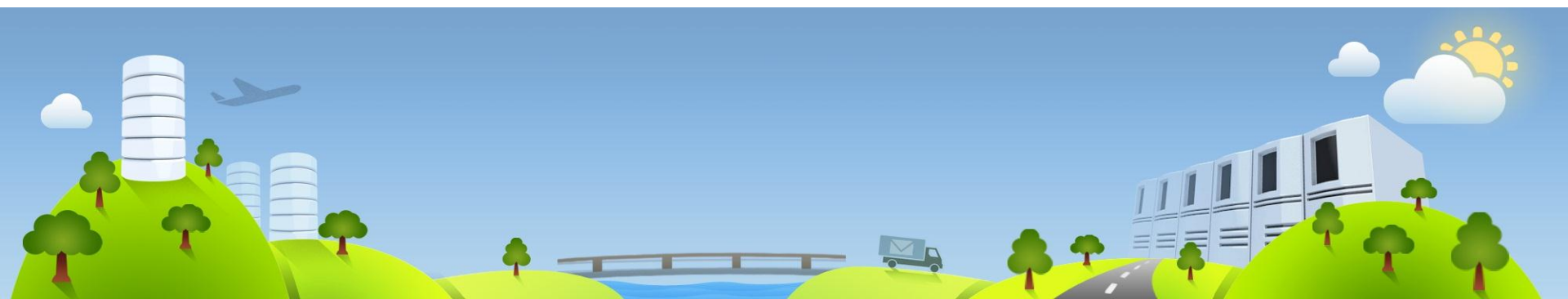
Ao término do curso, será feita uma avaliação final para comprovar o aprendizado do estudante.

Situação problema

Você foi contratado como pessoa responsável pelo controle de qualidade em uma mecânica de precisão e tem como função medir as peças que serão utilizadas nas máquinas. Para exercer essa função, você deverá selecionar o instrumento de medição conforme o tipo de peça a ser medida.

As peças que estiverem com a medida correta devem ser encaminhadas para o almoxarifado, e as peças fora de especificação devem ser encaminhadas para devolução.

Lembre-se de que, como pessoa responsável pelo controle de qualidade, seu trabalho é essencial para a montagem das máquinas, por isso não pode haver erros na escolha do instrumento que será utilizado e nem nas medidas das peças.



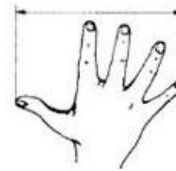
Módulo Básico

Sistema Internacional de Unidades

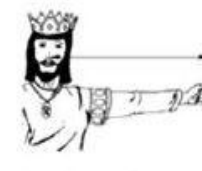
Metrologia é a ciência que estuda as medições, e abrange aspectos teóricos e práticos relativos às medições em qualquer campo da ciência ou tecnologia.

Antigamente, os homens utilizavam as partes do corpo humano para referenciar as medidas. Essas partes, geralmente, eram referenciadas pelo corpo do rei, por isso de um reino para outro havia diferença de medidas.

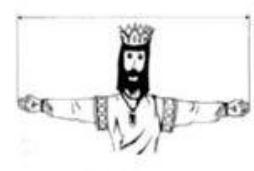
Temos, como exemplo dessas medidas, o pé, a polegada, o palmo, o passo, a jarda, que era a distância do nariz ao polegar do rei, a braça, o côvado, que era distância de três palmos e aparece até no antigo testamento na construção da arca de Noé, e o cúbito, que é um osso do antebraço e era utilizado pelos egípcios.



O palmo



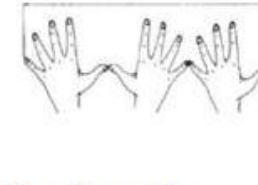
A jarda



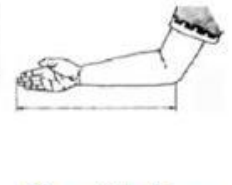
A braça



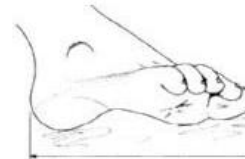
O passo



O côvado



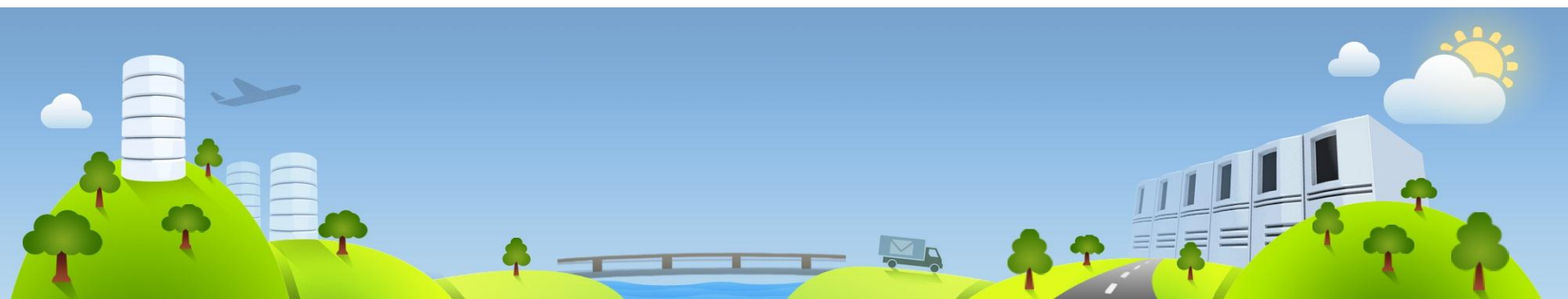
O cúbito



O pé



A polegada



Como as partes do corpo de uma pessoa eram diferentes da outra, os egípcios criaram o cúbito padrão, que era uma medida feita em barras de pedra, no início, mas para facilitar o transporte, foi feita de madeira depois. Essa medida ficava na parede dos principais templos para que todos tivessem acesso.

Podemos dizer que a partir daí foram criadas as calibrações.

Sistema internacional de unidades

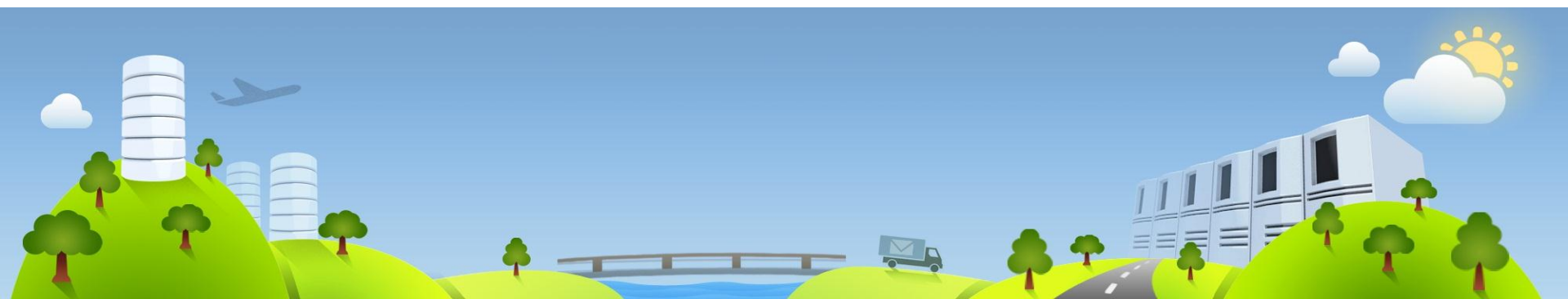
O sistema internacional de unidades foi criado para garantir maior confiabilidade aos resultados das medidas e está baseado em sete unidades de base, conforme tabela ao lado.

Neste curso, iremos estudar a grandeza "comprimento", a qual tem como unidade de medida o metro, que é a distância percorrida pela luz no vácuo no intervalo de tempo de um segundo dividido por 299.792.458.

O metro é a unidade padrão, mas dependendo do que iremos medir, teremos de utilizar seus múltiplos no caso de distâncias maiores, como, por exemplo, a distância entre duas cidades, e os submúltiplos, no caso de medição de peças menores, como, por exemplo, peças mecânicas.

Grandeza	Unidade SI	
	Nome	Símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Corrente Elétrica	ampère	A
Temperatura Termodinâmica	kelvin	K
Intensidade Luminosa	candela	cd
Quantidade de Matéria	mol	mol

Tabela do sistema internacional



Múltiplos			Unidade Fundamental	Submúltiplos		
Quilômetro	Hectômetro	Decâmetro	metro	Decímetro	Centímetro	Milímetro
km	hm	dam	m	dm	cm	mm
1,000m	100m	10m	1m	0,1dm	0,01cm	0,001mm

Exemplos

Conversão de medidas

Existem algumas situações nas quais encontraremos o padrão americano de medidas - a polegada -, que tem como símbolo " ou *inch*, e pode ter medidas fracionárias ou milésimas; nesse caso, teremos de fazer a conversão dessas medidas.

Uma polegada equivale a 25,4 mm, e para fazermos a conversão, usaremos as seguintes fórmulas.

Para converter de mm a polegada milésima, devemos dividir o número, em mm, por 25,4.

$$\text{Inch} = \text{N}^\circ \text{ em mm} / 25,4$$

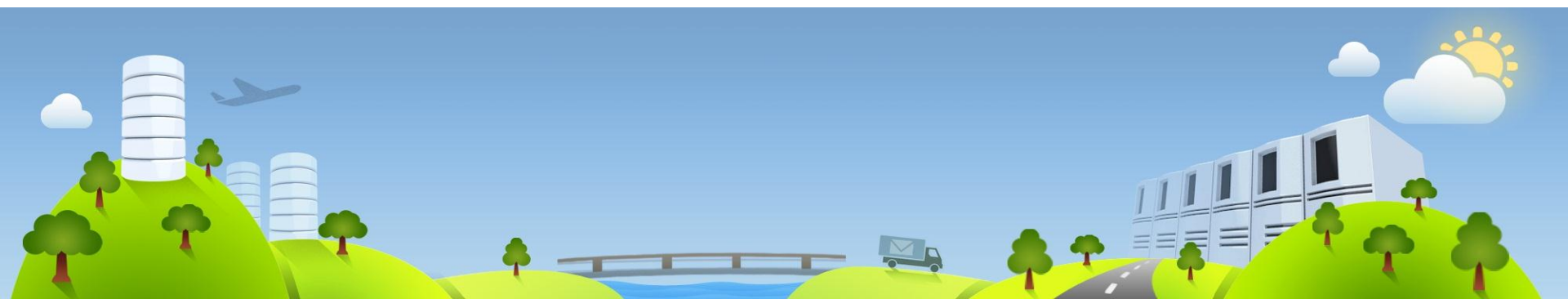
Exemplo:

Para converter 10 mm em polegada milésima, usando a fórmula, teremos :

$$\text{Inch} = 10 / 25,4$$

$$\text{Inch} = 0.393 \text{ "}$$

Obs.: No sistema americano, não utiliza-se vírgula para separar as casas decimais, mas ponto.



Para converter de mm a polegada fracionária, deve-se dividir o valor, em mm, por 25,4, e multiplicar o resultado pela fração 128/128. Caso o numerador não seja um número inteiro, deve-se arredondar para o número inteiro mais próximo.

$$X = \frac{N^{\circ} \text{ mm} * 128}{25,4 * 128}$$

Para simplificar esta equação, podemos dividir 128 por 25,4 e obter a constante 5,04, para, assim, multiplicar pelo número, em mm, e colocar o valor sobre 128.

$$X = \frac{N^{\circ} \text{ mm} * 5,04}{128}$$

Converter 19,05 mm em polegada fracionária.

$$X = \frac{19,05 * 5,04}{128} = \frac{96,012}{128}$$

Arredondando temos:

$$\frac{96}{128}$$

Simplificando...

$$\frac{96}{128} = \frac{48}{64} = \frac{24}{32} = \frac{12}{16} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}''$$



Para converter polegada fracionária em mm, deve-se multiplicar o valor em polegada fracionária por 25,4 mm.

Converter $3/4"$ em mm:

$$X = 3/4 * 25,4$$

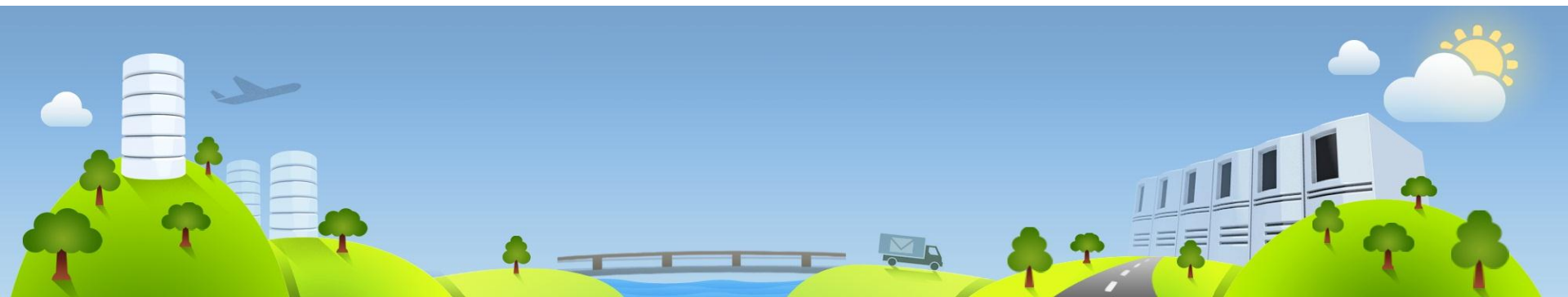
$$X = 76,2 / 4$$

$$X = 19,05 \text{ mm}$$

Para converter polegada milesimal em mm, deve-se multiplicar o valor em polegada fracionária por 25,4 mm.

$$X = 0,75 * 25,4$$

$$X = 19,05 \text{ mm}$$



Instrumentos de Medição

Os instrumentos de medição são aparelhos utilizados para comparar as medidas das peças com a escala dos instrumentos.

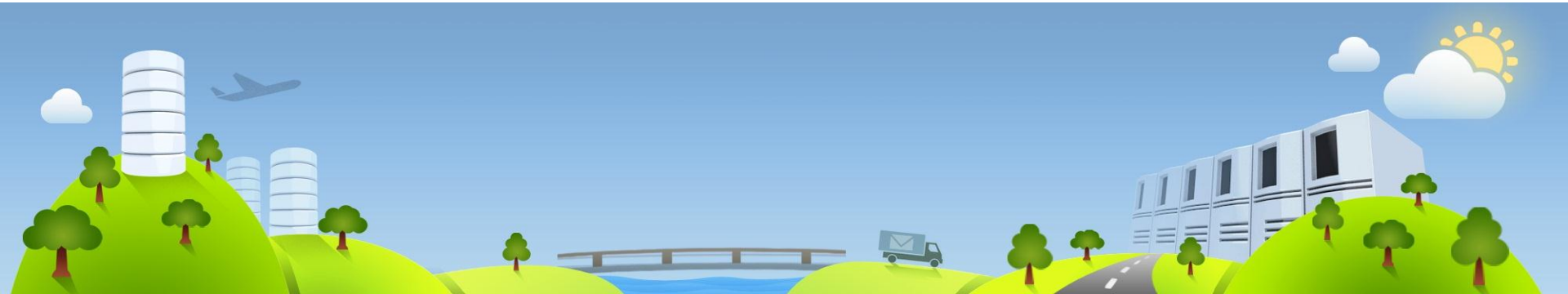
Para escolhermos o instrumento de medição adequado para nosso trabalho, devemos levar em consideração o campo de tolerância dessa medida, o princípio de funcionamento do instrumento, suas principais aplicações e os cuidados de conservação que temos que ter com os mesmos.

Campo de tolerância é a medida máxima e mínima que uma peça pode ter. Dependendo da utilização que essa peça terá, podemos ter uma tolerância determinada, por exemplo, na fabricação de um lápis, não precisaremos de uma medida precisa, porém se falarmos de um eixo que vai acoplado em um rolamento, a precisão da medida é fundamental.

Devemos saber utilizar e manter de forma correta os instrumentos de medição para podermos garantir a confiabilidade dos resultados.

Dentro dos instrumentos de medição, podemos citar:

A régua - É um instrumento com pouca precisão em que lemos os números inteiros e estimamos as casas decimais.



O paquímetro - instrumento mais preciso do que a régua, é um dos mais utilizados na indústria, pois com ele chegamos a precisão de centésimos de mm.



Paquímetro

O traçador de altura - instrumento semelhante ao paquímetro, porém com ele podemos, além de medir, fazer as marcações das mesmas.



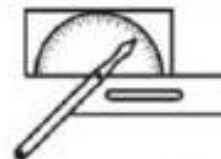
Traçador de alturas

Micrômetro - é um instrumento com uma precisão maior do que o paquímetro, pois o mesmo pode medir peças com medidas milésimas.

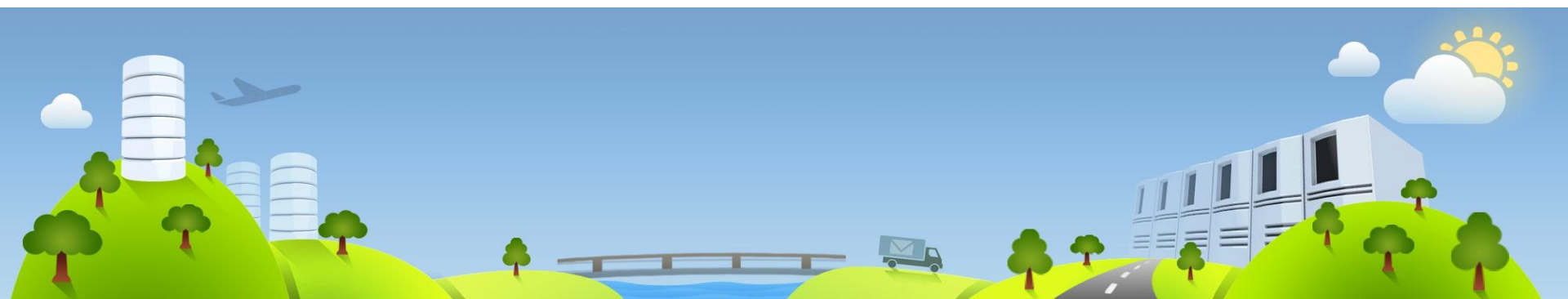


Micrômetro

Goniômetro ou transferidor - é um instrumento utilizado para verificação de ângulos.



Goniômetro ou transferidor



Relógio comparador - um instrumento de medição que utiliza o método da comparação para efetuar suas medidas.



Relógio comparador

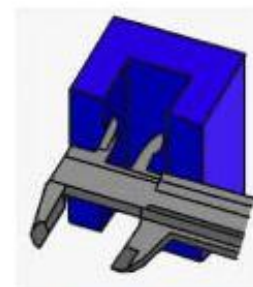
Além dos instrumentos citados, podemos utilizar alguns calibradores para conferência de medidas, como o verificador de raio, os blocos padrões, entre outros.

Erros de medição

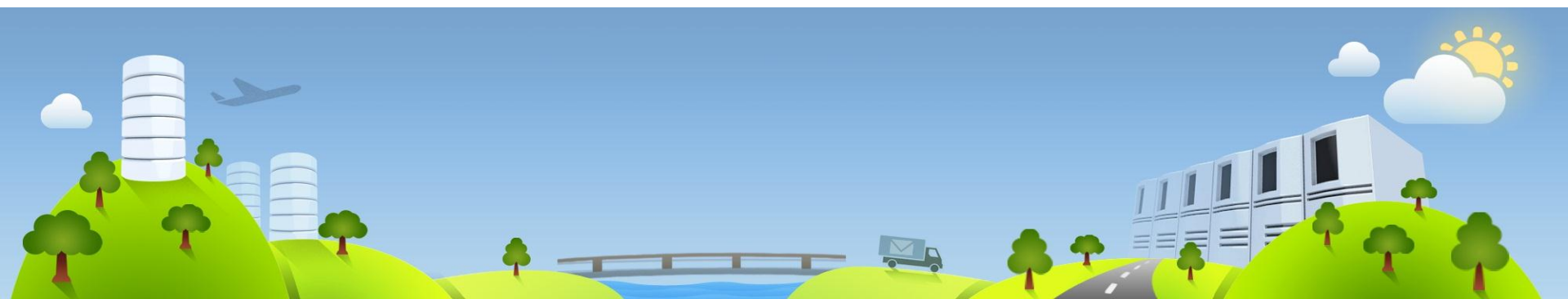
Vários fatores podem influenciar em uma medição, levando-nos a cometer erros. Entre eles, podemos destacar:

Temperatura - Conforme a norma ABNT NBR 06165, a temperatura padrão para as medições em todos os países é de 20°C. Acima dessa temperatura, pode ocorrer a dilatação do material, o que constituiria um erro para mais na medida, e, abaixo disso, podemos ter a contração do material, o que constituiria um erro para menos.

Forma de contato - deve-se utilizar a maior parte do contato de medição possível do instrumento e sempre alinhá-lo corretamente.



Forma de contato

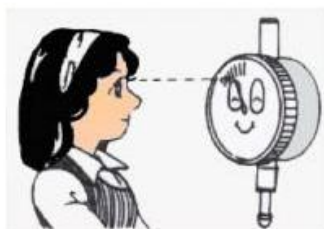


Forma da peça - dependendo da forma da peça, devemos saber posicionar corretamente o instrumento de medição e também medir em várias partes da peça.

Força de medição - os instrumentos de medição geralmente são sensíveis, portanto não podemos imprimir muita força na hora de fazer as medidas para não sermos induzidos ao erro, e, ainda, o material das peças pode ser mole e deformar na hora da medição.

Erro de Paralaxe - este erro é muito comum nas medições, pois depende do ângulo de visão que você vê a escala principal e secundária do instrumento.

Para evitar esse erro, devemos sempre fazer a leitura na direção perpendicular entre as escalas.



Leitura na direção perpendicular

Estado de conservação - devemos selecionar um instrumento sem folgas e desgastes para fazer as medições, de preferência, com uma calibração periódica.



Devemos, então, selecionar um instrumento sem folgas e desgastes.



Instrumentos

Régua

A régua é um instrumento de medição que se apresenta em forma de lamina e serve para determinar a grandeza "comprimento" do sistema internacional de unidades, mas também pode servir para verificar as partes planas de uma peça.

É construída, geralmente, em aço carbono ou inoxidável e possui escalas graduadas, que podem ser em mm ou polegada.

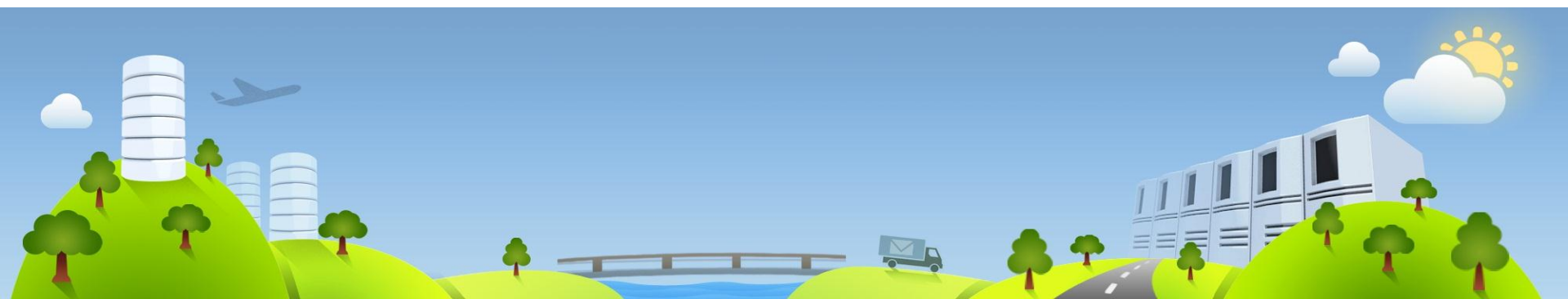
Quanto a sua construção, podem ser rígidas ou flexíveis.



Resolução

A resolução de um instrumento de medição é a menor medida possível de se medir com o mesmo, ou seja, no caso das réguas, a distância entre um traço e outro da escala principal.

Geralmente, o valor de resolução de uma régua graduada é de 0,5mm na parte métrica, e 1/32" na parte polegada.

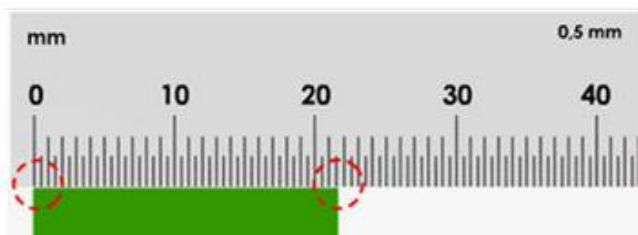


Leitura com a régua

A régua é um instrumento que serve para medidas rápidas, pois não possui precisão na sua medida. Assim, serve para medir comprimento, largura e profundidade.

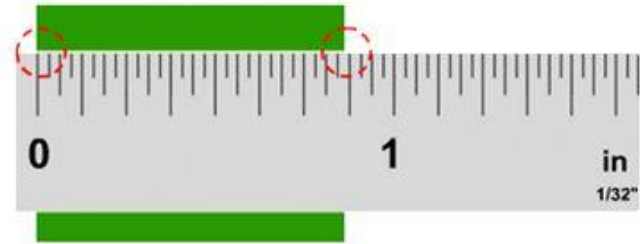
Para medirmos com a régua, devemos colocar o zero da escala graduada em uma das extremidades da peça e verificar qual o traço que coincidiu na outra extremidade. Caso a extremidade da peça não coincida com nenhum traço, devemos estimar a metade do valor entre os traços.

Vamos fazer a medição das peças abaixo para exemplificar.



Como já falamos anteriormente, o primeiro passo é colocar o zero da régua na extremidade da peça.

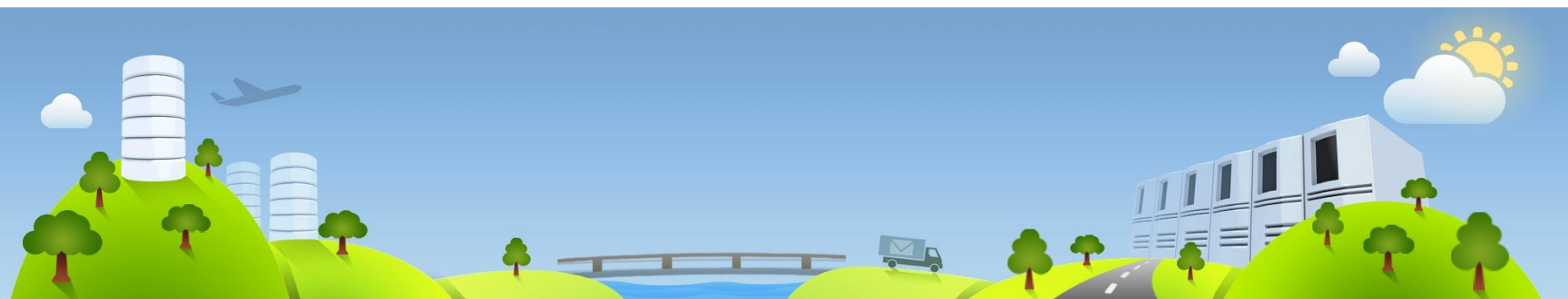
Em seguida, contamos quantos traços tem até a outra extremidade, lembrando que a resolução é 0,5mm, então, cada traço pequeno equivale a 0,5 mm, e cada traço grande a 1mm. Temos o valor de 21,5mm.



Nesse caso, cada traço equivale a 1/32". Somando os traços, temos 27/32" mais a metade de 1/32, que é o valor estimado.

Então, temos $27/32 + 1/64$.

Tirando o mínimo múltiplo comum, temos:
 $54/64 + 1/64 = 55/64$ ".



Calibração e ajustes

Para a calibração das réguas, são utilizadas as normas JIS. B 7541 e NBR ABNT 7264, nas quais é verificada a variação da distância entre os traços, a largura dos traços, ortogonalidade entre a face de medição e a de referência, se a face graduada está plana e a retinidade da face de medição.



Equipamento de calibração de régua

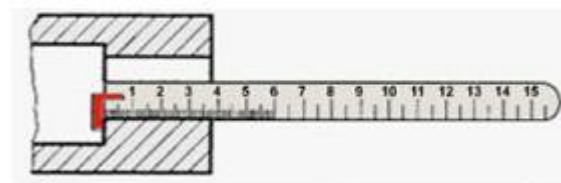
Tipos de régua

Dentro do modelo das réguas graduadas, podemos destacar três tipos de réguas: as réguas com encosto, réguas sem encosto e réguas de profundidade.

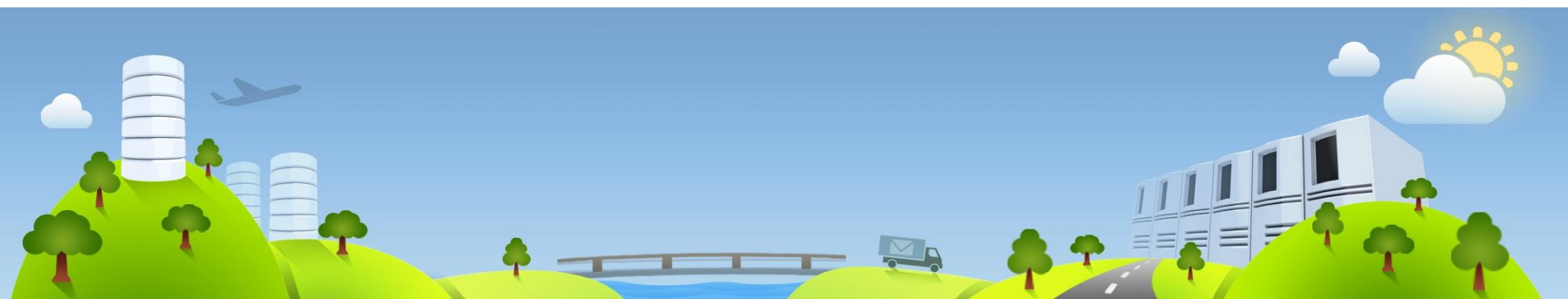
As réguas graduadas podem variar seus tamanhos em dimensões que vão de 150mm a 3000mm. A norma ABNT NBR 7264 regulamenta a tolerância das dimensões e os erros geométricos máximos admissíveis.

Para que uma régua possa ser considerada de qualidade, algumas características devem ser observadas, como faces polidas, bordas retas e bem definidas e bom acabamento.

Réguas com encosto - são utilizadas para medir peças que possuam faces internas de referência.



Régua com encosto



Réguas sem encosto - são utilizadas para peças com medidas externas.



Réguas de profundidade - são utilizadas para medir peças que possuem rebaixos.

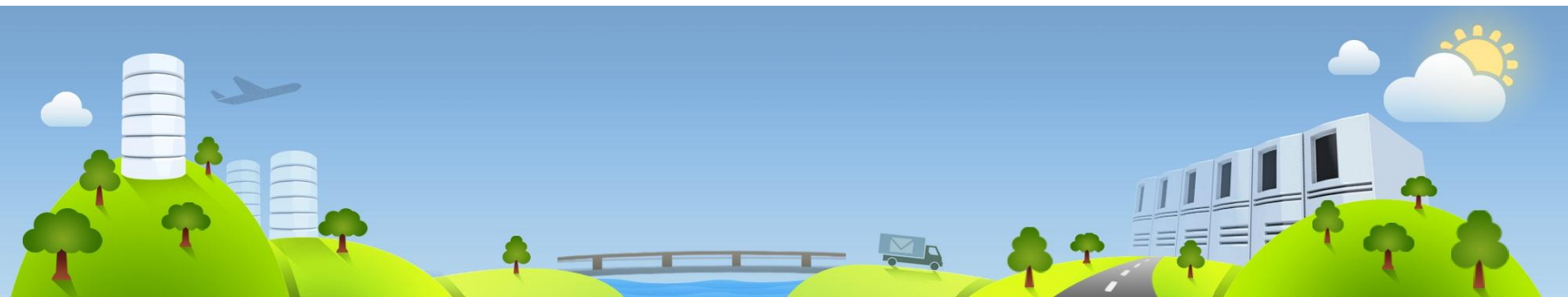
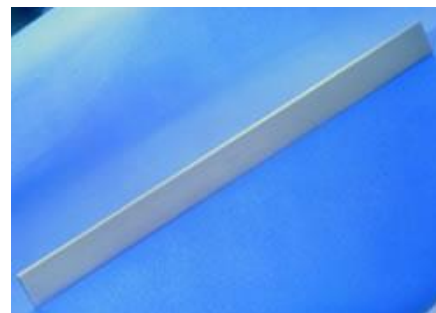


Existem, também, as réguas sem graduação, que são utilizadas para verificar a planicidade das peças. Dentre essas, destacamos as réguas com fio e as réguas planas.

Réguas com fio - servem para verificar a planicidade em peças planas.



Régua plana - servem para verificar planicidade em peças cilíndricas.



Conservação das réguas

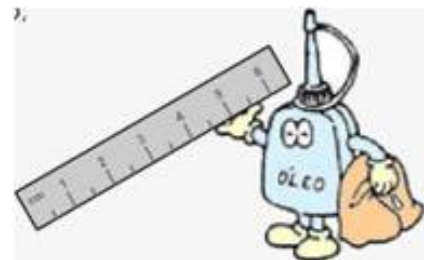
Como as réguas precisam apresentar confiabilidade na hora de se verificar as medidas, alguns cuidados são fundamentais.

- Ao iniciar a verificação das medidas, devemos limpar a régua e a superfície da peça que será medida.

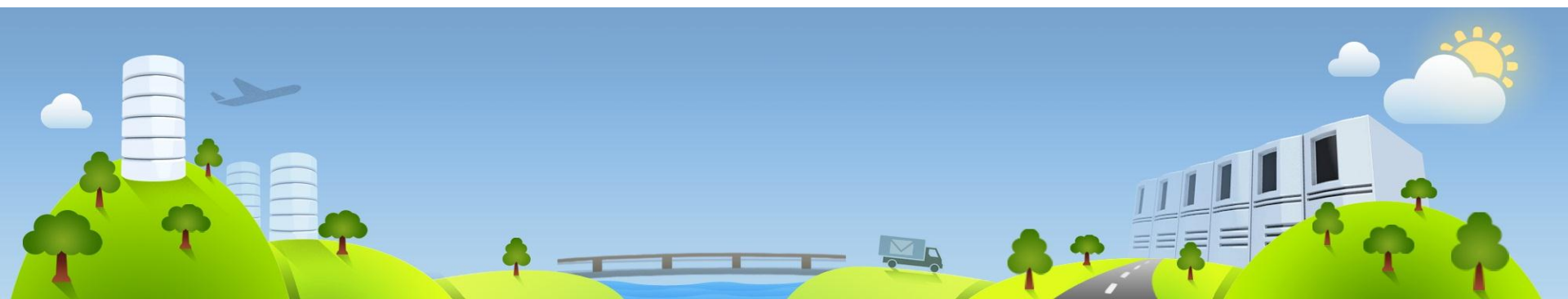


- Observar se a peça que será medida não possui rebarbas, pois as mesmas podem danificar a régua ou induzir ao erro da verificação.
- Para evitar sua dilatação, a régua não deve ser exposta ao calor.
- Deve-se limpar bem a régua após o seu uso, e se a mesma for de aço carbono, deve ser aplicada uma fina

camada de óleo de proteção para evitar a oxidação e a corrosão.

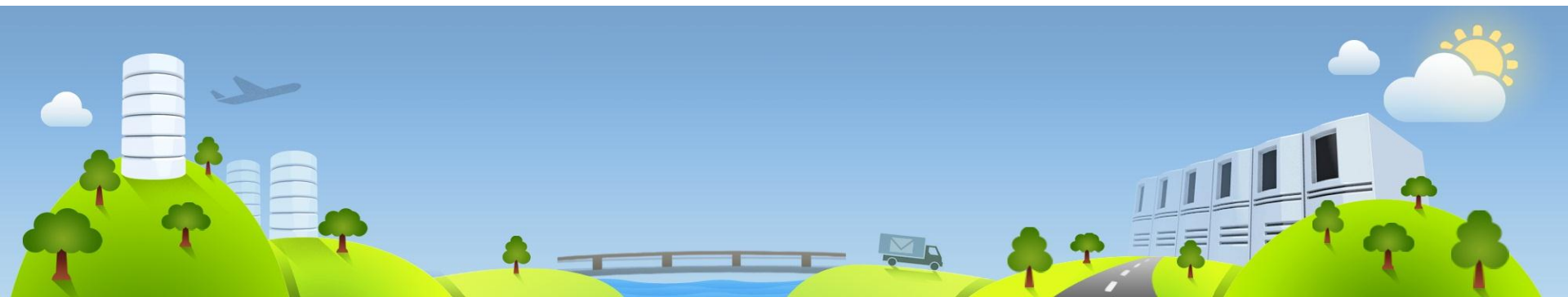
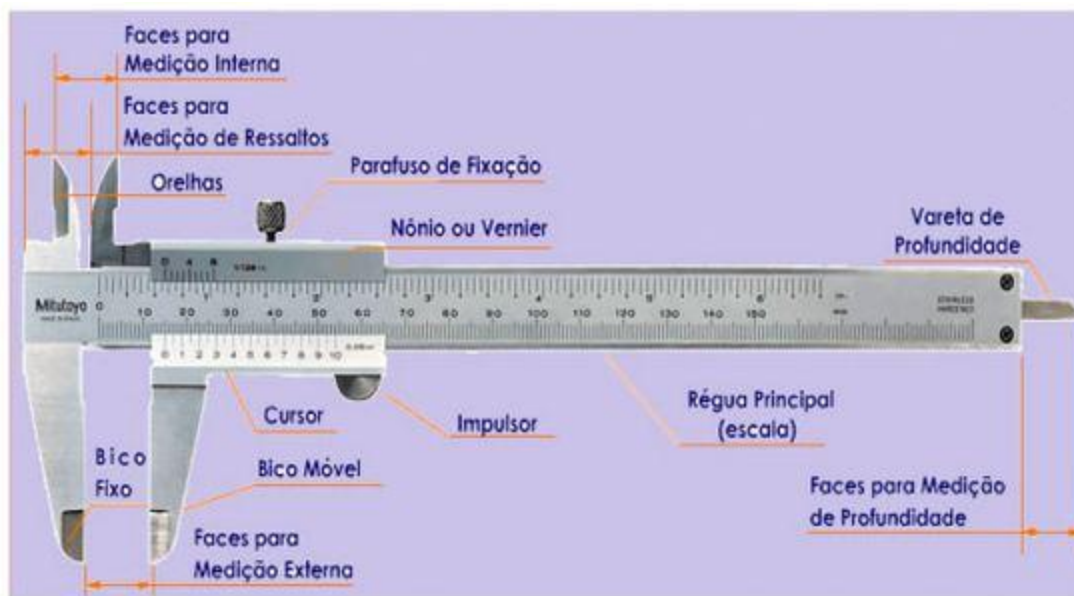


- Guarde-a sempre em local adequado, de preferência dentro de um estojo ou uma capa, para evitar que a mesma fique em contato com outras ferramentas e danifique sua escala.
- A régua não pode ser flexionada para evitar que a mesma não se empene.
- Evitar que a régua caia ou sofra pancadas.
- Para evitar a oxidação, as réguas devem ser guardadas em ambientes secos.



Paquímetro

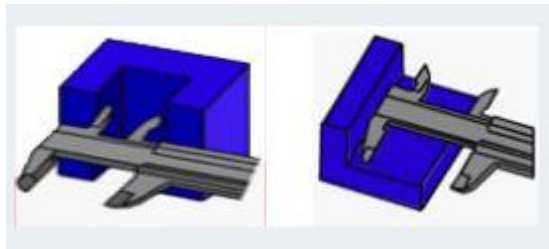
O paquímetro é um instrumento de medição que serve para fazer verificação de medidas externas, internas e profundidade. São construídos geralmente de aço inoxidável. Utiliza para sua medição o princípio do nônio ou vernier que se baseia em uma escala secundária sobreposta em uma escala principal. A figura abaixo mostra as partes que compõe o paquímetro.



Parafuso de fixação - serve para fixar o cursor para verificação de uma medida.

Nônio ou Vernier - é uma escala secundária que serve para fazer a medição da parte decimal de um número.

Orelhas - o paquímetro possui duas orelhas sendo uma orelha fixa e uma orelha móvel. As orelhas possuem faces para medição interna, mas também podemos utilizar a face frontal da orelha móvel com a face frontal do paquímetro para fazer medições de ressaltos.



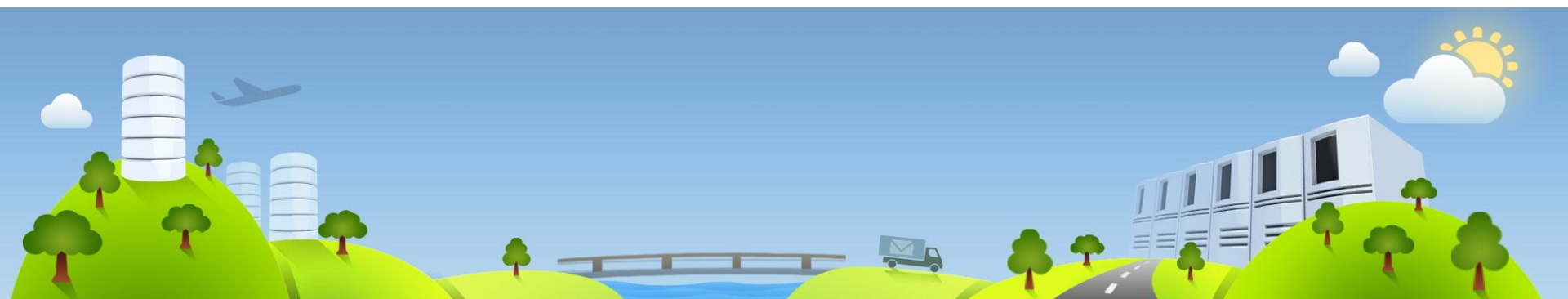
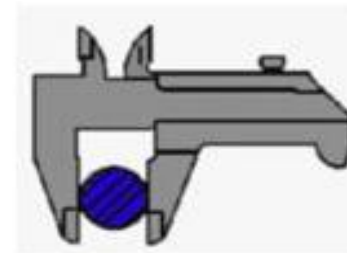
Vareta de profundidade - em conjunto com a face de medição de profundidade, serve para medições de profundidade de furos e rebaixos.

Régua principal (escala) - é a parte do paquímetro na qual estão gravados os números inteiros, geralmente, na escala de baixo, estão gravados os mm, e, em cima, a polegada.

Impulsor - é a parte do paquímetro que se utiliza para deslizar o cursor.

Cursor - é a parte móvel do paquímetro que desliza sobre a escala principal e faz a leitura das medidas.

Bicos - possui dois bicos, um fixo e outro móvel, que servem para fazer medições externas por meio de suas faces de medições.



Tipo de paquímetros

Existem vários tipos de paquímetros, que dividem-se pela sua capacidade de medição ou por sua finalidade. Quanto a sua capacidade de medição, podemos ter paquímetros de 150, 200, 300, 500 e 1000mm, que são classificados como comuns, e os de fabricação especial, que são os de 1500, 2000, 2500 e 3000mm.

Quanto a sua finalidade, temos o paquímetro universal ou quadrimensional, que pode ser utilizado para fazer medidas externas, internas, ressaltos e profundidade.



Paquímetro Universal

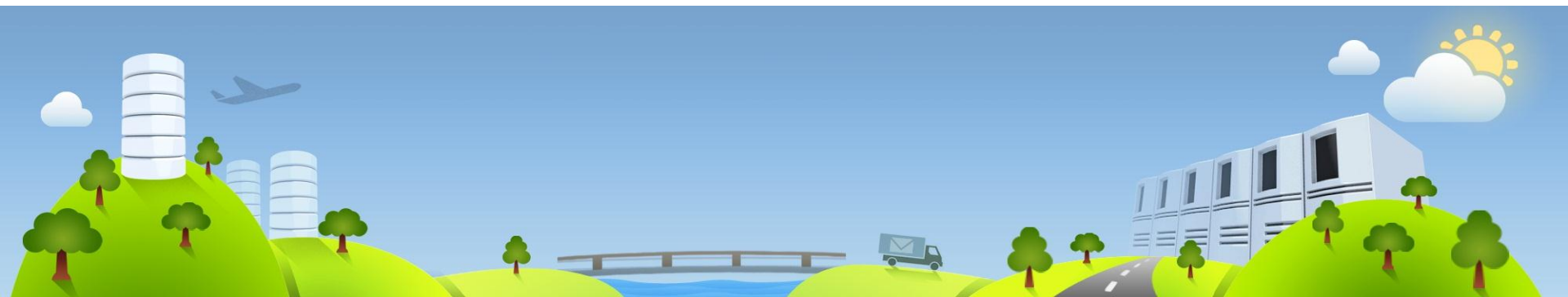
Paquímetro com superfícies de metal duro

É semelhante ao paquímetro universal, porém na face de medição dos bicos são colocadas pastilhas de metal duro para medições de peças em grande quantidade.



Paquímetro com ajuste fino

O mesmo possui um cursor auxiliar com parafuso e porca recartilhada que permite uma movimentação lenta na aproximação das peças.



Paquímetro com relógio

A escala principal possui uma cremalheira, que, quando o cursor desliza sobre ela, movimenta um relógio e faz a leitura dos números decimais.



Paquímetro para serviços pesados

Possui um corpo mais robusto e geralmente são fabricados com capacidades acima de 300mm. Seus bicos são reforçados e fazem a medição interna no lugar das orelhas.



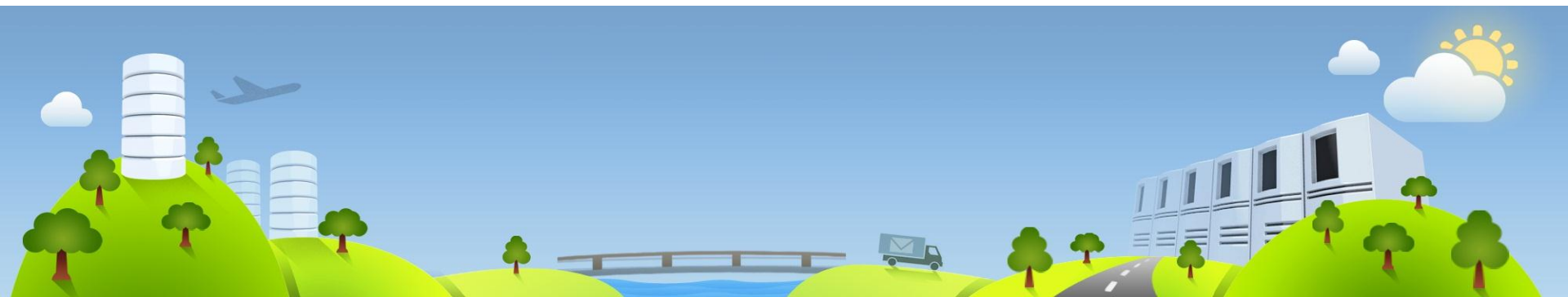
Paquímetro com leitura por relógio e contador mecânico

A leitura do número inteiro é feito pelo contador mecânico e o complemento pelo relógio.



Paquímetro para medição de profundidade

Possui um cursor especial com duas partes que apoiam na peça e uma escala que desliza sobre a mesma.



Paquímetro para medição de peças moles

Possui um dispositivo que permite o ajuste da pressão do cursor.



Paquímetro digital (IP65)

Além de apresentar as vantagens de um paquímetro digital, possui proteção IP 65, que permite a vedação de respingo de água e poeira.



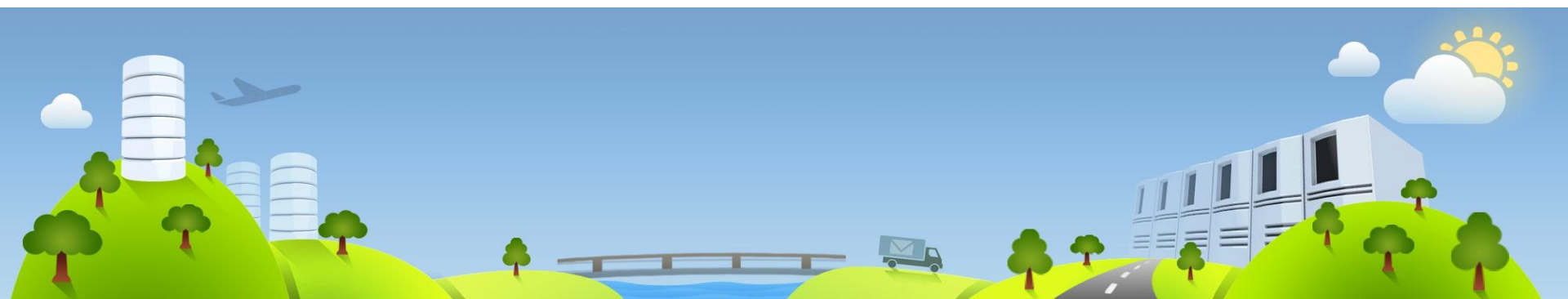
Paquímetro digital (solar)

Este modelo de instrumento facilita o manuseio por apresentar as medidas em um visor de cristal líquido e evita erros de leitura por parte do operador. Este modelo não utiliza bateria e é recarregado por energia solar.



Paquímetro com Bico articulado

Possui o bico móvel articulado como um sistema de dobradiça que permite medir peças com rebaxos cônicos.

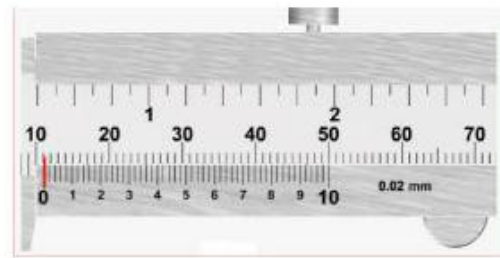


Paquímetro com bicos especiais

Possui várias formas e tamanhos de bicos que permitem as medições de difícil acesso, especialmente internos, como, por exemplo, distância entre canais.



Em um paquímetro com escala em mm, o valor de uma divisão da escala principal é 1mm, portanto, se o nônio tiver 50 divisões, então, dividimos 1 por 50, e vamos ter uma resolução de 0,02mm, ou seja, cada divisão do nônio corresponde a 2 centésimos de mm.

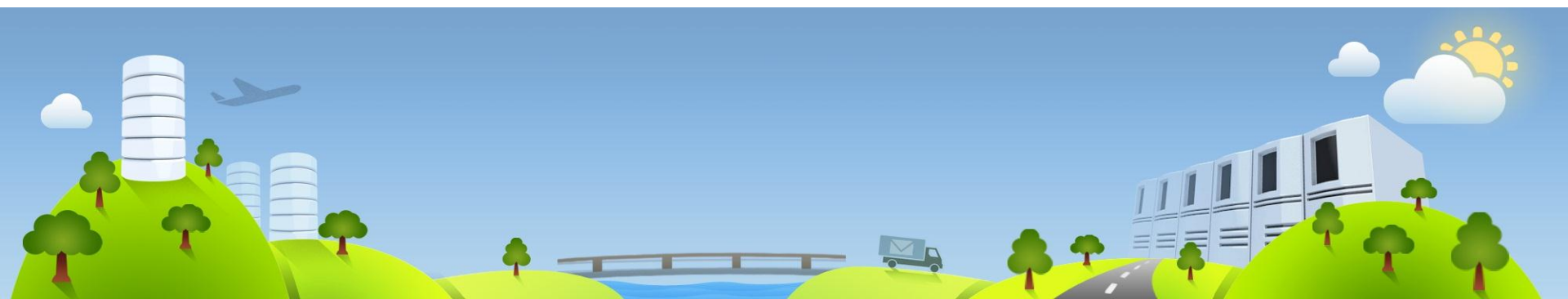


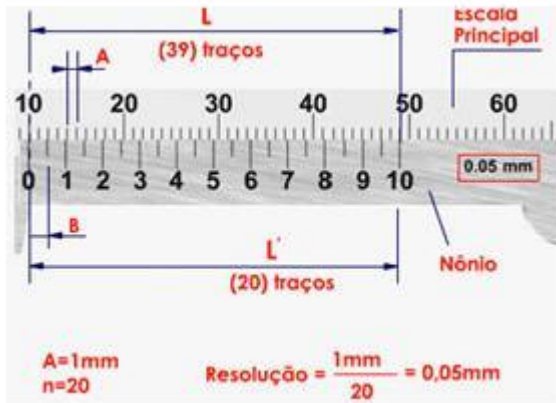
Valor da resolução

A resolução de um instrumento de medição é a menor medida que o mesmo pode verificar, ou pode-se dizer que é a precisão de um instrumento de medição.

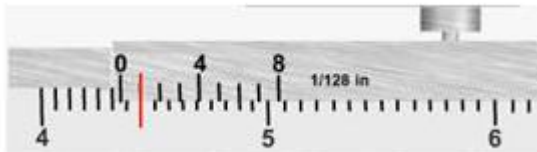
Para descobrirmos a resolução de um paquímetro, basta dividir o valor de uma divisão da escala principal pelo número de divisões do nônio.

No caso de um paquímetro em que o nônio tiver 20 divisões, então, dividimos 1 por 20, e vamos ter uma resolução de 0,05mm, ou seja, cada divisão do nônio corresponde a 5 centésimos de mm.





No paquímetro em polegada fracionária, o menor valor da escala principal é $1/16''$, e o nônio é composto por 8 divisões, então, a leitura deste paquímetro será $(1/16'') / 8 = 1/128''$.



Nos paquímetros com polegada milesimal o valor do menor traço da escala principal é $.025''$ e o nônio possui 25 divisões portanto

Resolução = $.025 / 25$

Resolução = $.001$

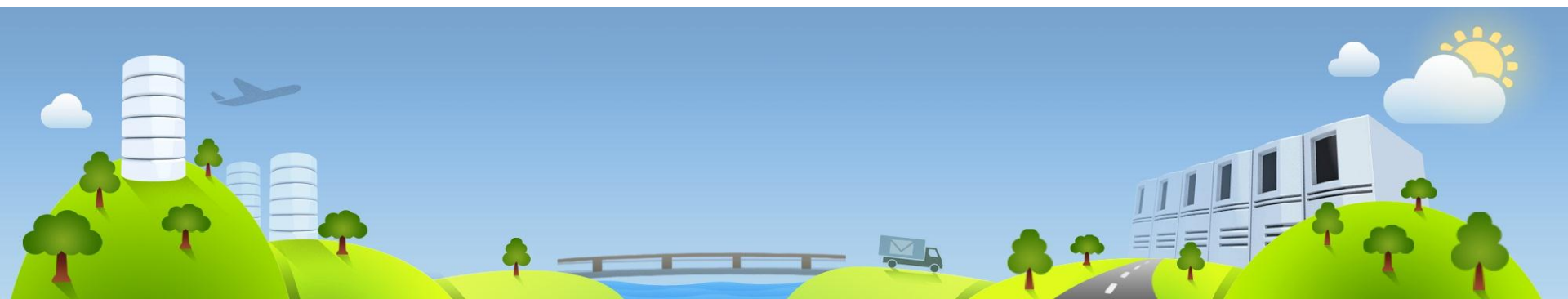
Erro do paquímetro

No manuseio do paquímetro, existem duas classes de erro a se considerar, os erros objetivos e os erros subjetivos.

Erros Subjetivos

São erros relacionados ao manuseio dos instrumentos e podem ser:

- Erro devido ao excesso de força aplicado sobre o instrumento.
- Erro de paralaxe, devido à posição de leitura do operador.



Erros Objetivos

Estão relacionados com o estado de conservação do instrumento e podem ser:

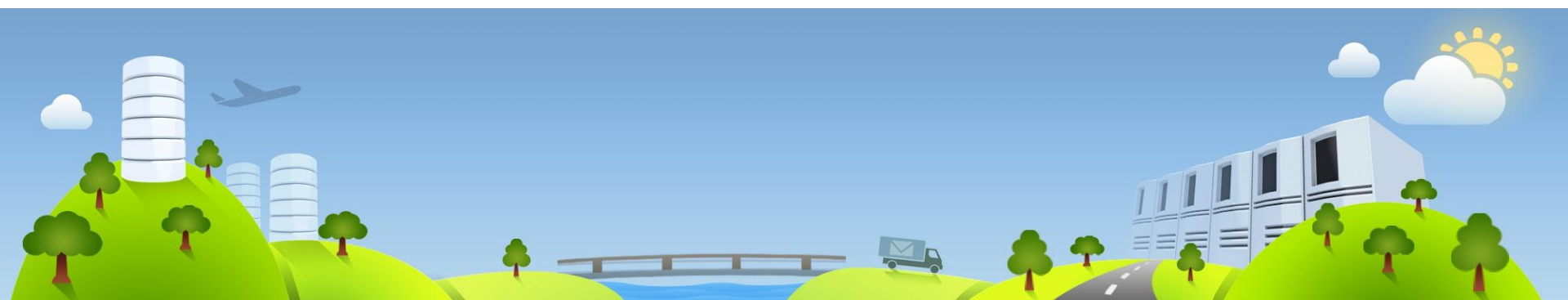
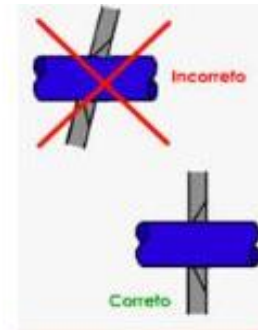
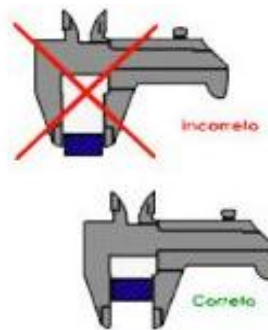
- Erro devido ao excesso de força aplicado sobre o instrumento.
- Erro de paralaxe, devido a posição de leitura do operador.

Leitura com o paquímetro

Antes de iniciarmos a leitura de uma medida, devemos tomar alguns cuidados para evitarmos erros de medição.

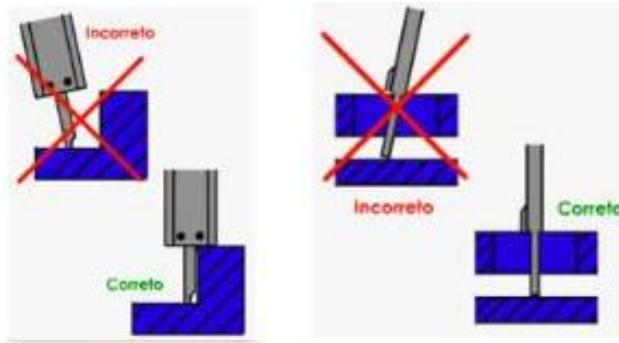
Para medições externas:

- Não devemos utilizar a ponta do bico;
- Manter o paquímetro sempre perpendicular à peça.



Para medições de profundidade:

- Manter toda a face de medição sempre em contato com a peça que vamos medir.

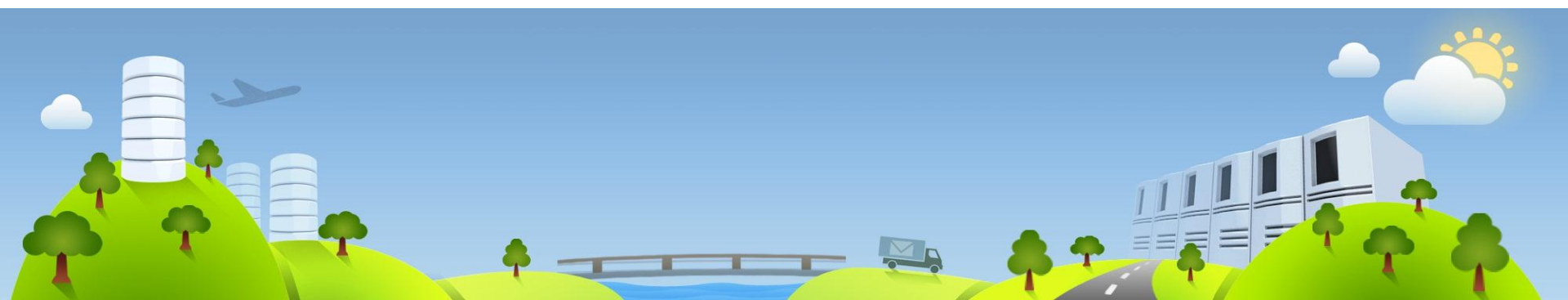
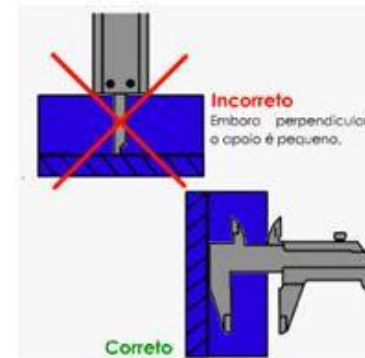
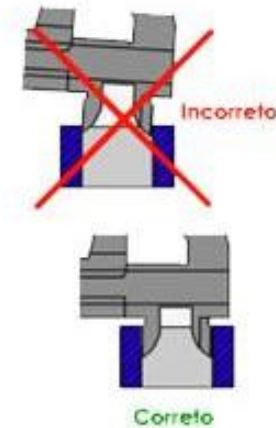


Para medições de ressalto:

- Medir o ressalto utilizando a orelha móvel em conjunto com a face frontal do paquímetro.

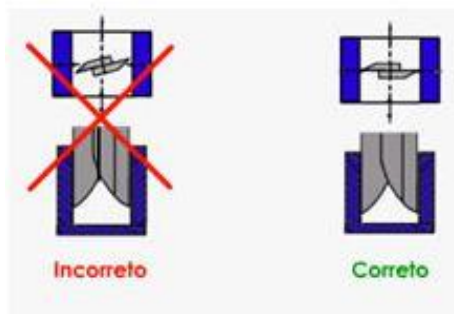
Para medições internas:

- Manter o paquímetro sempre perpendicular à peça.



Para medições de ranhuras:

Manter o paquímetro sempre perpendicular à peça.



Para medições de furos:

Manter o paquímetro sempre no centro da peça



Paquímetro

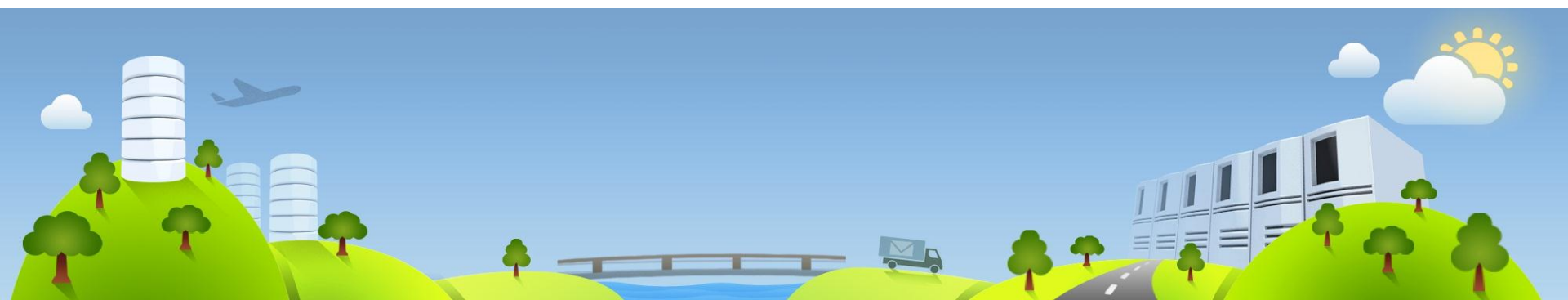
Agora que já aprendemos como posicionar o paquímetro para uma leitura correta, vamos fazer a leitura do mesmo. Existem paquímetros em polegada e em mm, porém os passos para a leitura das medidas é o mesmo.

Primeiro passo: deve-se selecionar o paquímetro que vai ser utilizado levando em consideração a unidade de medida (*Inch* ou mm) e a resolução do instrumento.

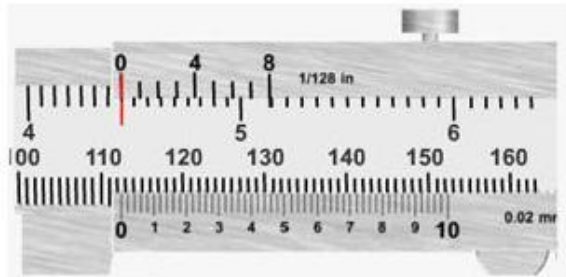
Segundo passo: deve-se verificar a medida do zero da escala principal até o zero do nônio, que será a medida dos inteiros.

Terceiro passo: deve-se verificar o traço do nônio que coincide com o traço da escala principal e fazer a leitura no nônio, que será a parte complementar da medida.

Leitura em MM - observando a figura ao lado, vamos fazer a leitura em mm.



Exemplo 01: seguindo os passos abaixo teremos.



1º passo - Resolução do paquímetro 0,02mm, ou seja, cada risco do nônio equivale a 0,02mm.

2º passo - Leitura do zero da escala principal com o zero do nônio. Como cada risco da escala principal equivale a 1mm, temos 11mm na escala principal.

3º passo - Verificando o número do nônio que coincide com o da escala principal, neste caso, o próprio zero.

Somando o número do segundo passo com o terceiro, temos 11,00mm.

Obs.: Pode-se notar que, quando o zero do nônio coincidir com o um traço da escala principal, o dez do nônio também coincidirá com um traço da escala principal.

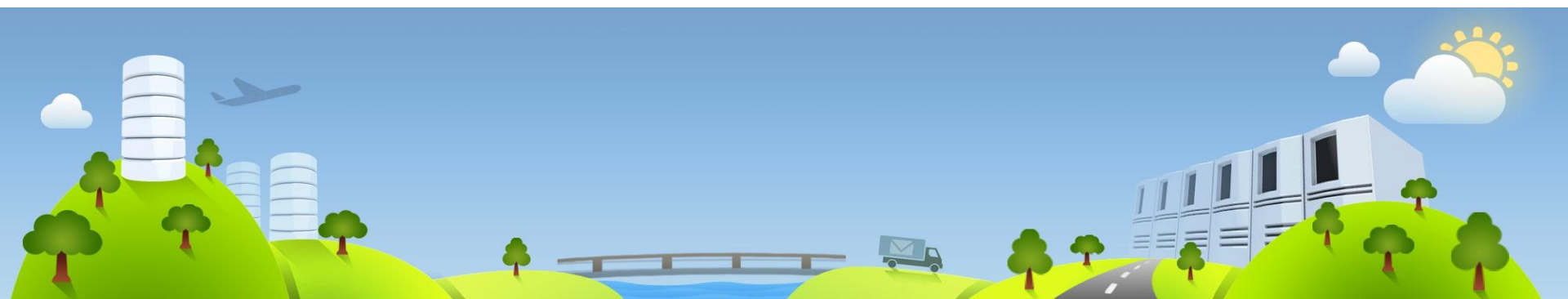
Exemplo 02:



No caso do zero do nônio não coincidir com um traço da escala principal, teremos:

1º passo - Resolução do paquímetro 0,02mm, ou seja, cada risco do nônio equivale a 0,02mm.

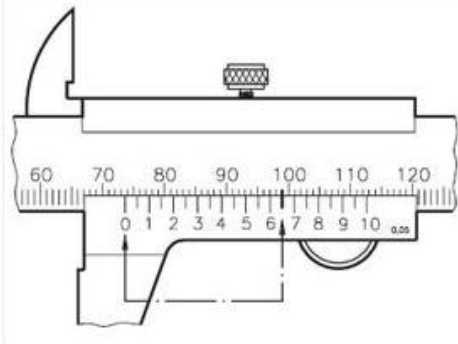
2º passo - Leitura do zero da escala principal com o zero do nônio. Como cada risco da escala principal equivale a 1mm, temos 116mm na escala principal.



3º passo - Verificando o número do nônio, que coincide com o da escala principal, neste caso, o 0,88.

Somando o número do segundo passo com o terceiro, temos 116,88mm.

Exemplo 03:



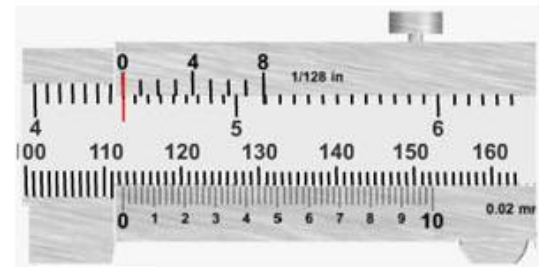
1º passo - Resolução do paquímetro 0,05mm, ou seja, cada risco do nônio equivale a 0,05mm.

2º passo - Leitura do zero da escala principal com o zero do nônio. Como cada risco da escala principal equivale a 1mm, temos 73mm na escala principal.

3º passo - Verificando o número do nônio, que coincide com o da escala principal, neste caso, o 0,65.

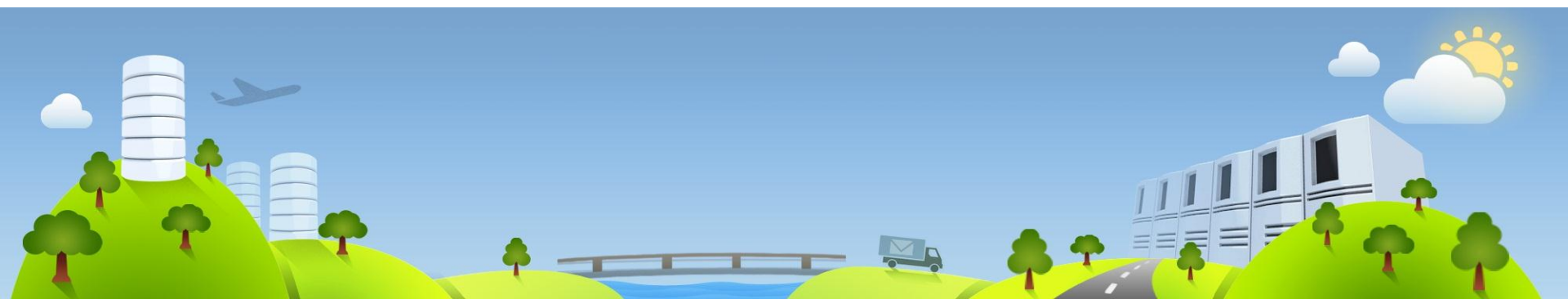
Somando o número do segundo passo com o terceiro, temos 73,65 mm.

Exemplo 04: Leitura em Polegada fracionária - observando a figura abaixo vamos fazer a leitura em polegada.



1º passo - Resolução do paquímetro 1/128", ou seja, cada risco do nônio equivale a 1/128".

2º passo - Leitura do zero da escala principal com o zero do nônio. Como cada risco da escala principal equivale a 1/16", temos 7/16" na escala principal.

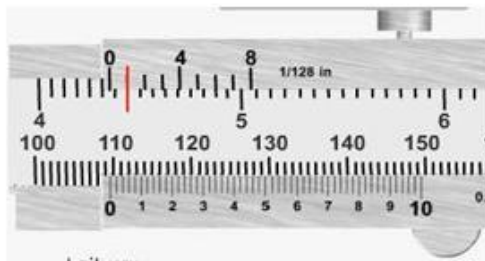


Obs.: no caso da polegada, deve-se colocar o número inteiro primeiro, neste caso, o 4".

3º passo - Verificando o número do nônio, que coincide com o da escala principal, neste caso, o 0.

Somando o número do segundo passo com o terceiro, temos 4 inteiros e 7/16 de polegada.

Exemplo 05:



1º passo - Resolução do paquímetro 1/128", ou seja, cada risco do nônio equivale a 1/128".

2º passo - Leitura do zero da escala principal com o zero do nônio.

Como cada risco da escala principal equivale a 1/16", temos 5/16" na escala principal.

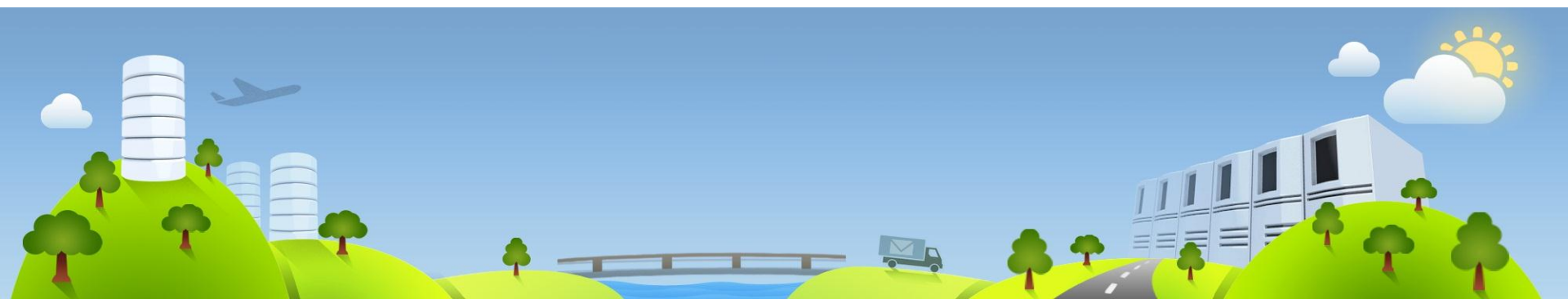
Obs.: no caso da polegada, deve-se colocar o número inteiro primeiro, neste caso, o 4".

3º passo - Verificando o número do nônio, que coincide com o da escala principal, neste caso, o 1/128".

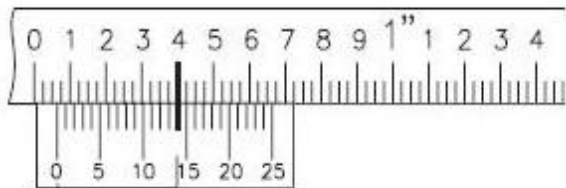
Somando o número do segundo passo com o terceiro, temos 4 inteiros e 5/16 + 1/128 de polegada.

Tirando o mínimo, temos 40/128 + 1/128.

Portanto, o resultado final será 4 inteiros e 41/128 de polegada.



Leitura em Polegada milesimal - observando a figura abaixo vamos fazer a leitura em polegada.



1º passo - Resolução do paquímetro $.001''$, ou seja, cada risco do nônio equivale a $.001''$.

2º passo - Leitura do zero da escala principal com o zero do nônio. Como cada risco da escala principal equivale a $.025''$, temos $.700''$ na escala principal.

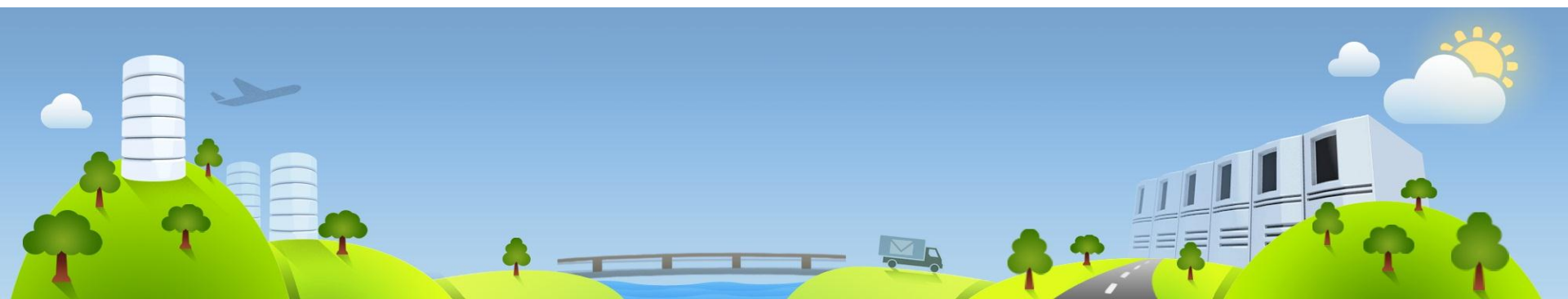
Obs: No caso da polegada, deve-se colocar o número inteiro primeiro, neste caso, o $1''$.

3º passo - Verificando o número do nônio, que coincide com o da escala principal, neste caso, o $.021''$.

Somando o número do segundo passo com o terceiro, temos $1.700'' + .021'' = 1.721''$.

Recomendações

- Deve-se selecionar o paquímetro adequado para o tipo de medição que vai fazer.
- Verificar se a peça que vai ser medida está limpa e sem rebarbas.
- Não fazer medições em peças com temperaturas altas acima da temperatura de referência - 20°C -, pois acima dessa temperatura, as peças podem sofrer dilatações.
- Não utilizar o paquímetro para fazer marcações.
- Nunca medir peças em movimento, para evitar desgastes nas faces de medição.
- Verificar se o paquímetro não possui folgas ou desgastes, se necessário encaminhar o mesmo para calibração.

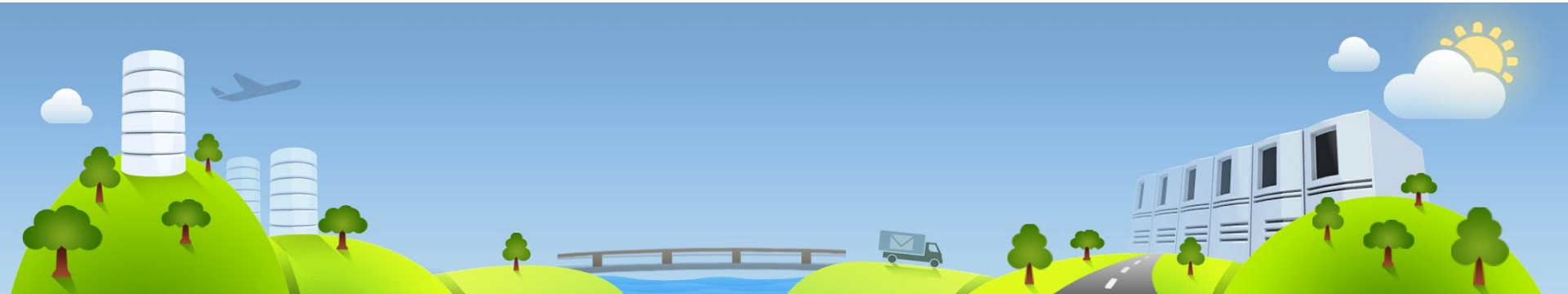


- Não manter o parafuso de fixação travado.
- Sempre guardar o paquímetro com as faces de medição ligeiramente abertas.
- Guardar o paquímetro em local apropriado e separado das demais ferramentas.
- Não expor o paquímetro a altas temperaturas.

Calibração

As normas utilizadas para a calibração são a NBR 06393 e JIS B-7507/1993. A correção do elemento gerador de erro está restrita ao ajuste do cursor e ao posicionamento do nônio.

Para fazer a verificação do valor da leitura do paquímetro, são utilizados bloco padrão.



Traçador de alturas

O traçador de alturas é um instrumento de medição que tem seu princípio de funcionamento semelhante ao paquímetro, porém, para realizar seu trabalho, é necessário que o mesmo esteja sobre uma base de apoio horizontal.

Diferente do paquímetro, que é utilizado para medição, o traçador de alturas também serve para traçar peças, auxiliar na verificação de nivelamento, paralelismo etc.

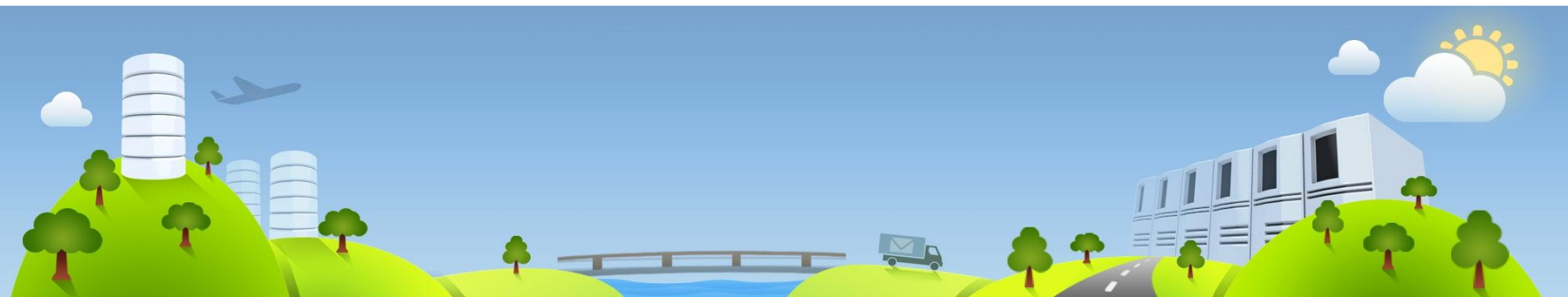


Traçador de alturas

O traçador de alturas é constituído das seguintes partes, como nos mostra a figura a seguir.



Partes do Traçador de alturas



Régua graduada - É responsável por fazer a leitura dos números inteiros e pode ser em mm ou polegada fracionária.

Presilha - Possui um parafuso trava em que é colocado a ponta para medição ou para traçar as peças.

Ajuste Fino - Serve para fazer a aproximação da medida.

Trava do cursor - Serve para travar o cursor em uma medida para medição ou para traçar as peças.

Cursor - Desliza sobre a régua principal e faz a leitura decimal do traçador através do seu nônio. Nele, estão o ajuste fino, a presilha e a trava do cursor.

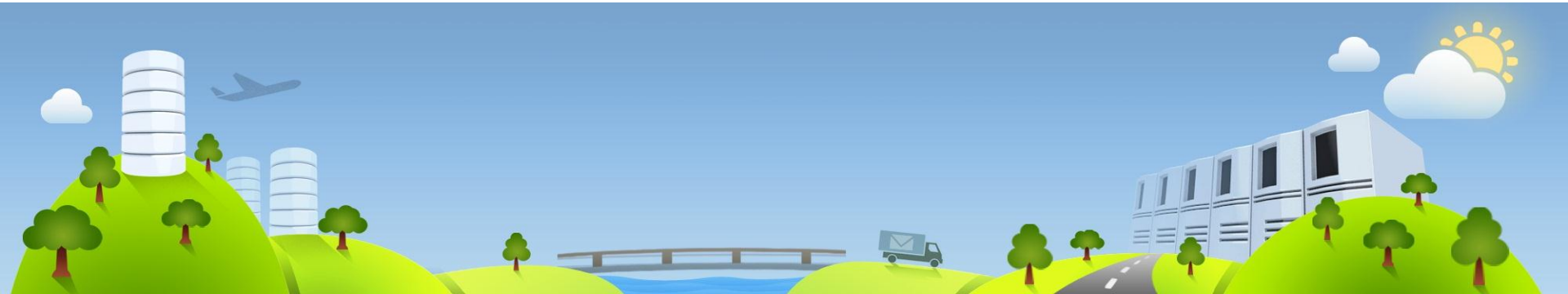
Base - Sua face de apoio pode ser lapidada ou rasqueteada. Nela, é presa a régua graduada.

Tipos de traçador de altura

Com escala Principal Ajustável - Possui um dispositivo para ajuste da escala principal que permite ajustar o zero de referência quando for necessário substituir a ponta.



Traçador com escala principal ajustável



Com escala Fixa - o ajuste do zero de referência é feito através da movimentação do nônio, que possui um ajuste fino.

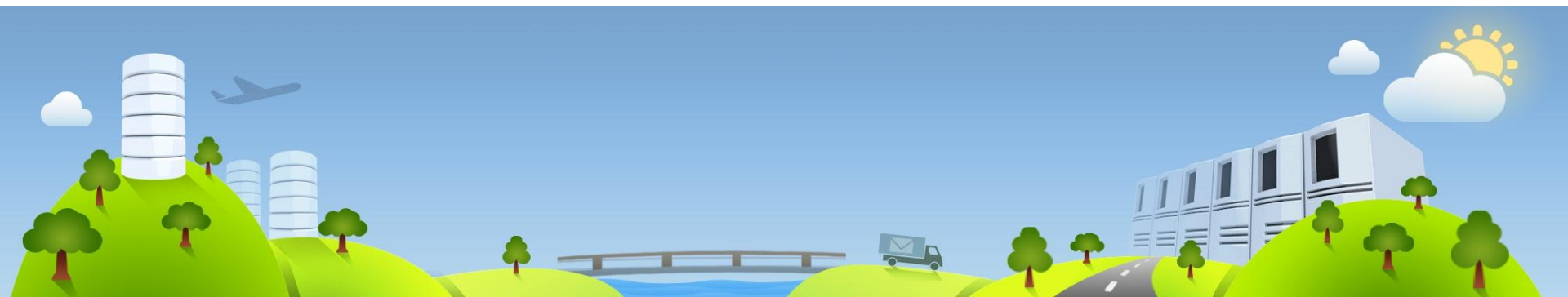


Traçador com escala fixa

Com leitura por escala e relógio - seu movimento é feito por meio de cremalheira e engrenagem. A leitura dos inteiros é feita por meio da escala principal, e dos décimos por meio do relógio.



Traçador com leitura por escala e relógio



Com leitura por relógio e contador mecânico - a leitura dos números inteiros é feita por meio de um contador mecânico e complementada pelo relógio.

A vantagem de utilizar este tipo de traçador é que é possível ajustar o zero de referência em qualquer ponto, facilitando a medição ou traçagem.

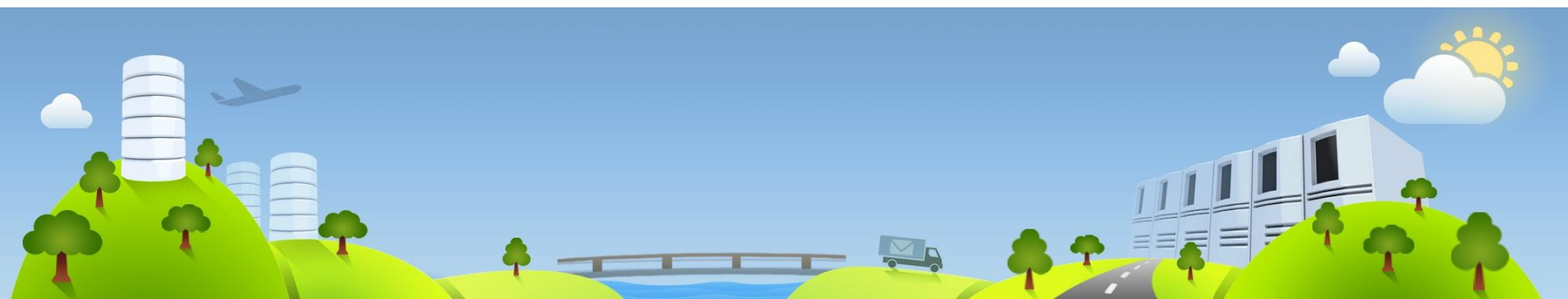


Traçador com leitura por relógio e contador mecânico

Com leitura digital eletrônica - possui um visor de LCD que transmite as leituras com mais exatidão, podendo ser de 0,001mm ou 0,005mm. Elimina erros de leitura.



Traçador com leitura digital eletrônica

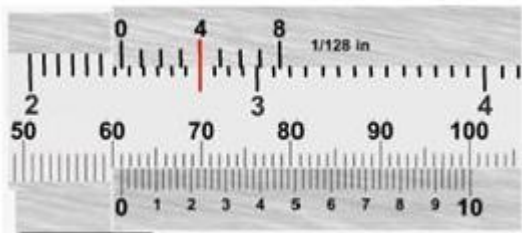


Valor da resolução

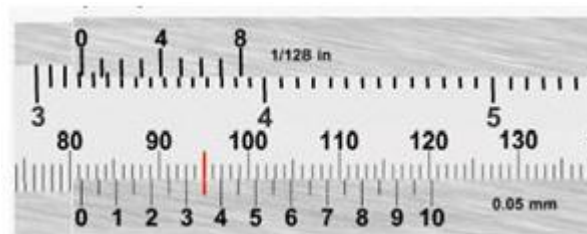
A resolução de um instrumento de medição é a menor medida que o mesmo pode verificar, ou é possível dizer que é a precisão de um instrumento de medição.

Para descobrir a resolução de um traçador de alturas, basta dividir o valor de uma divisão da escala principal pelo número de divisões do nônio.

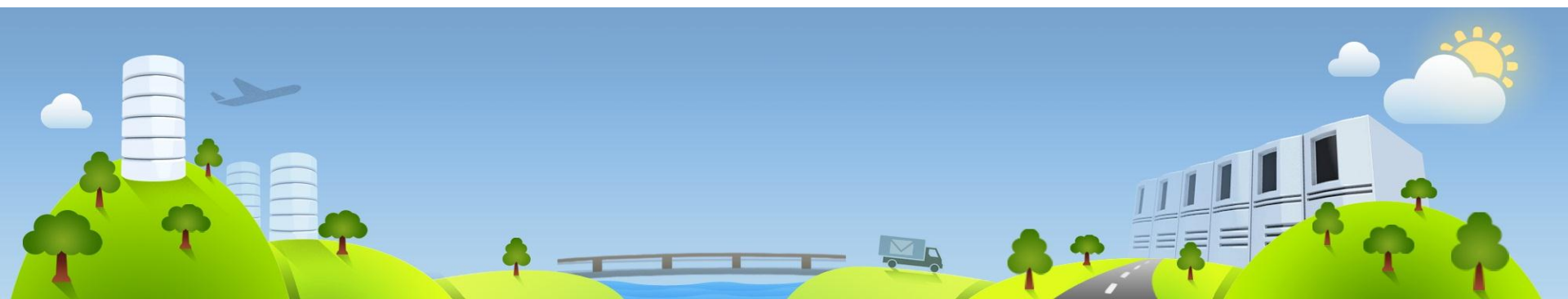
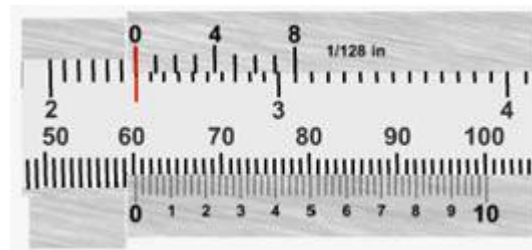
Em traçador de alturas com escala em mm, o valor de uma divisão da escala principal é 1mm, portanto, se o nônio tiver 50 divisões, dividimos 1 por 50, e vamos ter uma resolução de 0,02mm, ou seja, cada divisão do nônio corresponde a 2 centésimos de mm.



No caso de um traçador de alturas em que o nônio tiver 20 divisões, dividimos 1 por 20, e vamos ter uma resolução de 0,05mm, ou seja, cada divisão do nônio corresponde a 5 centésimos de mm.



No traçador de alturas em polegada fracionária, o menor valor da escala principal é 1/16" e o nônio é composto por 8 divisões, então, a leitura deste paquímetro será $(1/16") / 8 = 1/128"$.



Leitura com o traçador de alturas

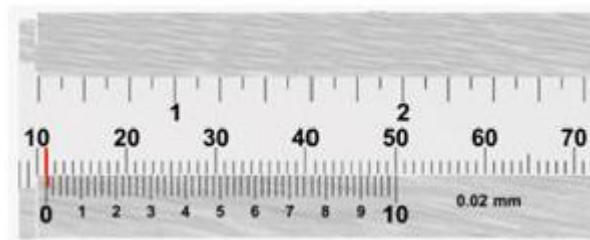
Como já vimos, existem diversos tipos de traçadores de altura, sendo que os com contadores mecânicos e os digitais, as leituras são diretas, e, quando se tratar de traçadores de altura com escala, deve-se proceder como no paquímetro.

1º passo: Deve-se selecionar o traçador de altura que vai ser utilizado, levando em consideração a unidade de medida (inch ou mm) e a resolução do instrumento.

2º passo: Deve-se verificar a medida do zero da escala principal até o zero do nônio, e esta será a medida dos números inteiros.

3º passo: Deve-se verificar o traço do nônio, que coincide com o traço da escala principal, e fazer a leitura no nônio, este valor será a parte complementar da medida.

Nos exemplos a seguir, vamos verificar esses passos.
Traçador de altura em mm:

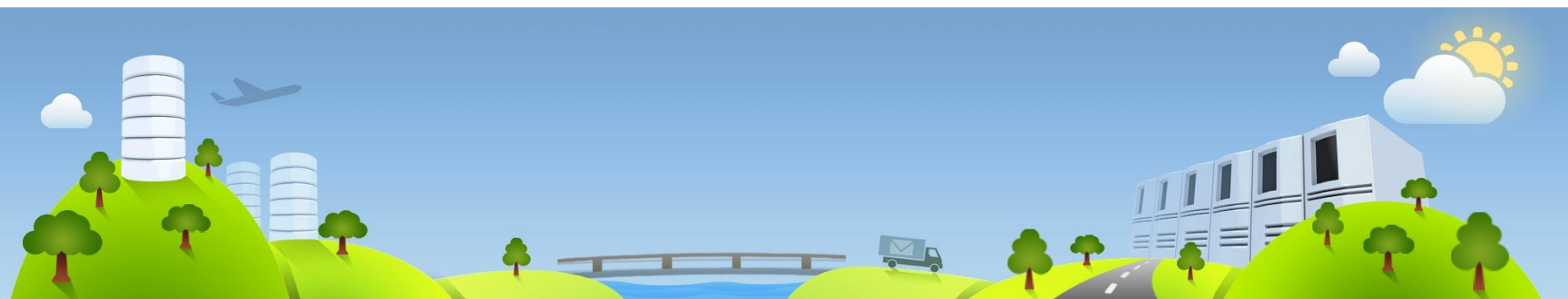


1º passo - Resolução do traçador de altura 0,02mm, ou seja, cada risco do nônio equivale a 0,02mm.

2º Passo - Leitura do zero da escala principal com o zero do nônio. Como cada risco da escala principal equivale a 1mm, temos 11mm na escala principal.

3º Passo - Verificando o número do nônio, que coincide com o da escala principal, neste caso, o próprio zero. Somando o número do segundo passo com o terceiro, temos 11,00mm.

Obs.: Pode-se notar que quando o zero do nônio coincidir com um traço da escala principal, o 10 do nônio também coincidirá com um traço da escala principal.





1º passo - Resolução do traçador de altura 0,05 mm, ou seja, cada risco do nônio equivale a 0,05mm.

2º Passo - Leitura do zero da escala principal com o zero do nônio. Como cada risco da escala principal equivale a 1mm, temos 81mm na escala principal.

3º Passo - Verificando o número do nônio, que coincide com o da escala principal, neste caso, o 0,35.

Somando o número do segundo passo com o terceiro, temos 81,35mm.



1º passo - Resolução do paquímetro 1/128", ou seja, cada risco do nônio equivale a 1/128".

2º Passo - Leitura do zero da escala principal com o zero do nônio. Como cada risco da escala principal equivale a 1/16", temos 6/16" na escala principal. Obs.: No caso da polegada, deve-se colocar o número inteiro primeiro, neste caso, o 2".

3º Passo - Verificando o número do nônio, que coincide com o da escala principal, neste caso, o 0.

Somando o número do segundo passo com o terceiro, temos 2 inteiros e 6/16 de polegada. Simplificando, temos 2 e 3/8".





1º passo - Resolução do paquímetro 1/128", ou seja, cada risco do nônio equivale a 1/128".

2º Passo - Leitura do zero da escala principal com o zero do nônio. Como cada risco da escala principal equivale a 1/16" , temos 6/16" na escala principal. Obs: No caso da polegada, deve-se colocar o número inteiro primeiro, neste caso, o 2".

3º Passo - Verificando o número do nônio, que coincide com o da escala principal, neste caso, o 1/128".

Somando o número do segundo passo com o terceiro, temos 2 inteiros e 6/16 + 4/128 de polegada.

Tirando o mínimo, temos:

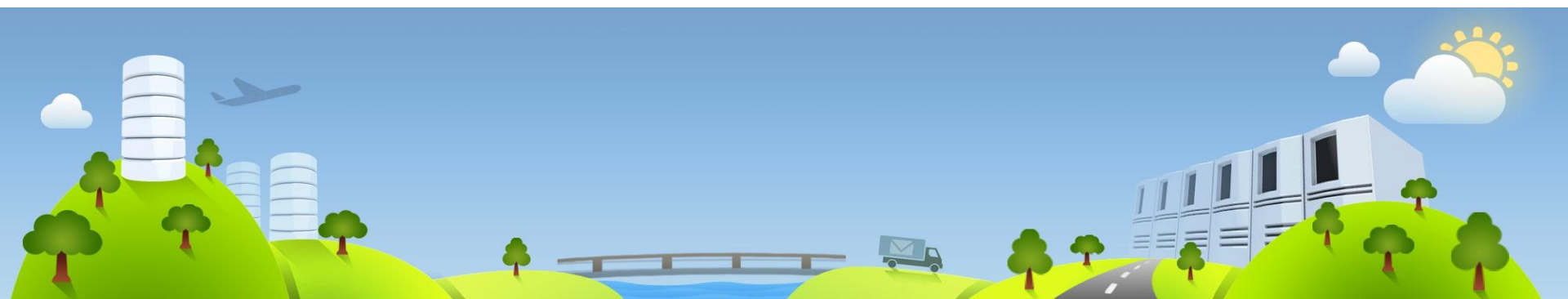
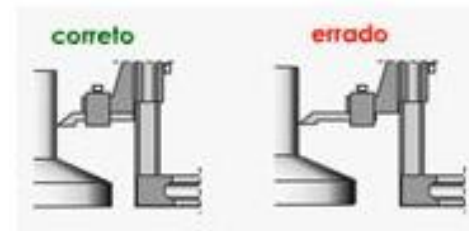
$$48/128 + 4/128$$

Portanto, o resultado final será 2 inteiros e 52/128 de polegada.

Recomendações para o uso do traçador de Altura:

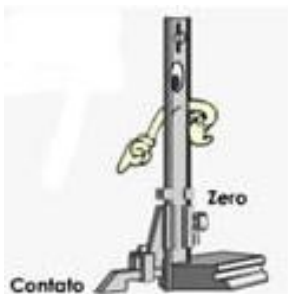
Deve-se levar em consideração o tipo de serviço a realizar para a escolha do traçador de altura mais adequado, verificando a ponta ou dispositivo e a capacidade de medição necessária.

A ponta de traçagem deve ser posicionada o mais próximo da coluna do instrumento.



Verifique se o movimento do cursor está suave e sem folgas em toda sua capacidade útil.

Encoste a ponta suavemente na mesa de desempenho para ajustar o zero da escala.



Evite fazer uma pressão excessiva na ponta da peça ao utilizar o ajuste fino para evitar que a base levante.

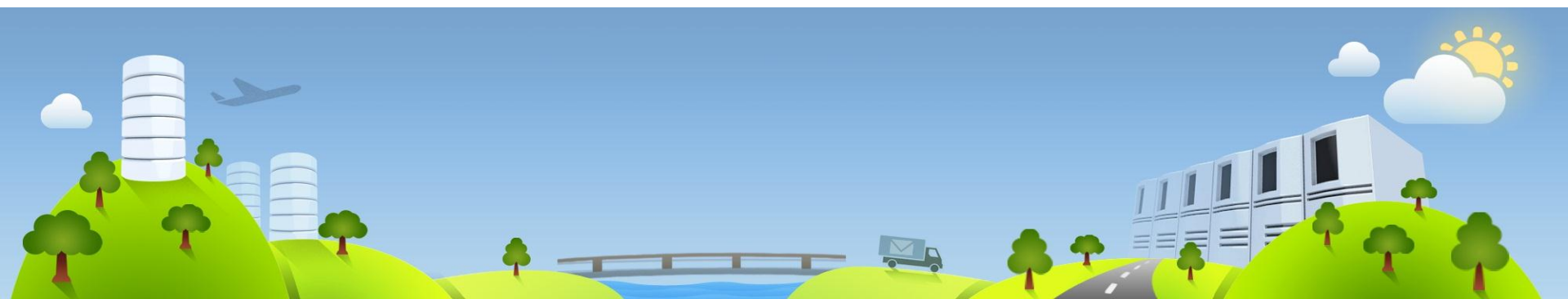


Limpe cuidadosamente a mesa, a base do traçador e as partes móveis do traçador.

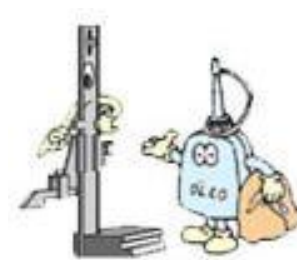


Cuidados com o traçador de altura

Não deixe o traçador na borda da mesa para evitar que o mesmo caia.



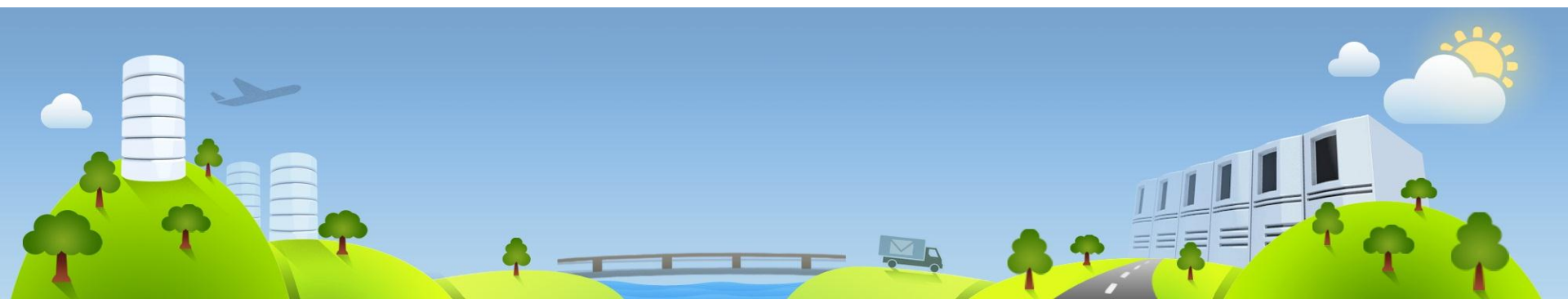
- A ponta de traçagem deve ser bem protegida para evitar choques ou quedas e guardada em local apropriado.
- Limpe-a cuidadosamente após o uso. Guarde a ponta de traçagem separada do traçador de altura.
- Guarde o traçador em um local sem umidade.
- Não deixe o cursor.
- Se for guardar o traçador por um longo tempo, passe uma fina camada de óleo.



Calibração e ajuste

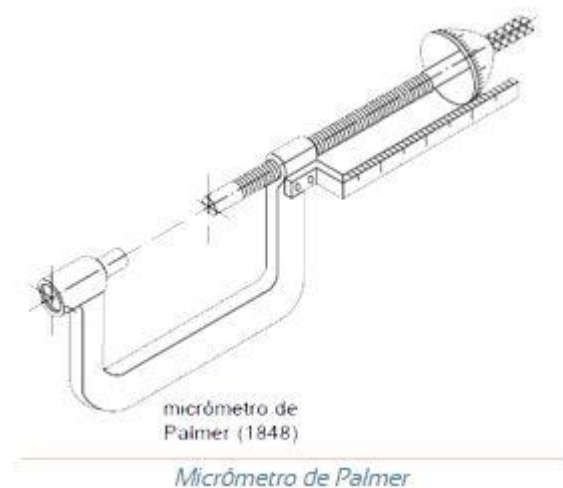
Neste tipo de instrumento, utiliza-se um esquadro padrão e relógio apalpador para ajustar a perpendicularidade da coluna em relação à base.

O ajuste da leitura ou resolução é feito por meio de bloco padrão. Utiliza-se a norma ABNT NBR 11309 para calibração do mesmo.



Micrômetro

O micrômetro foi inventado em 1848 pelo parisiense Jean Louis Palmer, utilizava o sistema de parafuso e porca para fazer as medições, e conseguia uma precisão de centésimos de mm.

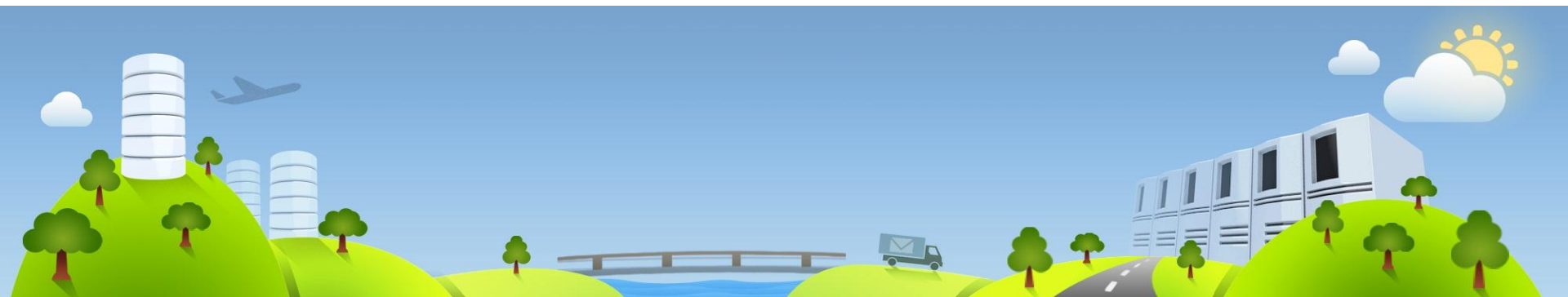


Com o passar dos tempos, o micrômetro foi sendo aperfeiçoado, o que permitiu medições mais exatas e precisas do que o paquímetro, podendo chegar a uma precisão de 0,001mm.

O Micrômetro é constituído das seguintes partes :



Contato Fixo - é a parte do micrômetro que vai ficar em contato direto com a peça.



Contato móvel - é a parte do micrômetro que vai ficar em contato direto com a peça, porém a mesma desliza por meio do parafuso micrométrico.

Faces de medição - são as superfícies dos contatos que ficam em contato com as peças para fazer as medições, por isso devem ser planas, paralelas e construídas de metal duro para evitar o desgaste.

Fuso - é composto pelo parafuso micrométrico e placa de metal duro na extremidade, é a peça principal do funcionamento do micrômetro.

Bainha ou Cilindro - é a parte do micrômetro na qual fica gravada a escala principal.

Bucha Interna - sua finalidade é ajustar o atrito entre o fuso e o tambor.

Tambor - Funciona como uma luva sobre o cilindro e está dividido em partes iguais de 50 ou 100, para os micrométricos milimétricos.

Trava do parafuso micrométrico - serve para travar o parafuso micrométrico em qualquer posição.

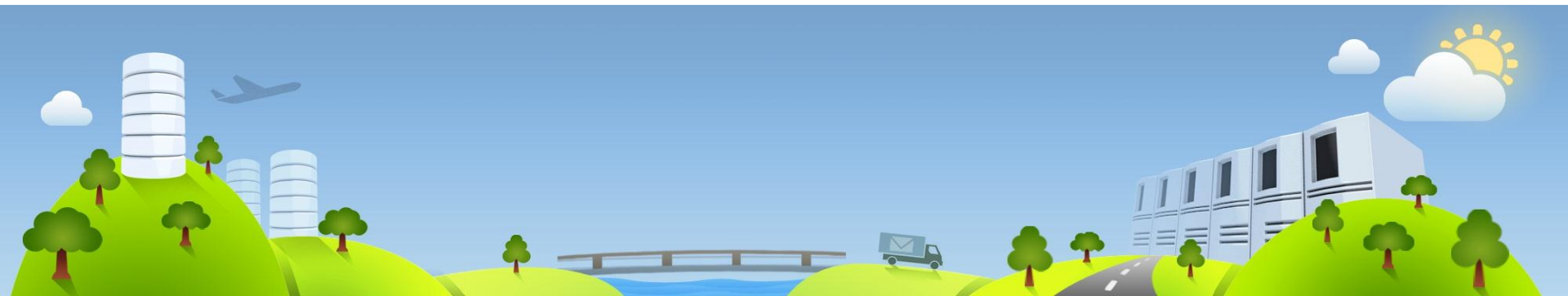
Isolamento Térmico - serve para isolar o calor da mão do operador para evitar dilatações.

Arco - pode ser conhecido também como estribo, sua seção retangular tem a forma de um "C". É construído de aço especial ou fundido e tratado termicamente para evitar tensões internas. O arco é recoberto por uma camada de verniz especial ou tinta congênere para reduzir a transmissão de calor.

Porca de ajuste - sua função é ajustar a folga do parafuso micrométrico quando necessário.

Catraca - sua função é limitar a força aplicada na hora da medição para evitar erros.

Parafuso Micrométrico - considerado a parte mais importante da medição, é constituído de aço inoxidável ou uma liga temperada para garantir a exatidão do passo da rosca.



Tipos de micrômetros

Devido à grande variedade de peças a serem medidas especialmente na mecânica de precisão em que os micrômetros são muito utilizados, foram desenvolvidos diversos tipos de micrômetros.

Os micrômetros possuem uma faixa de medição com amplitude de 25mm, normalmente variando o tamanho do arco de 25 em 25mm, por exemplo, um micrômetro vai de 0 a 25mm, o outro do mesmo tipo vai de 25 mm a 50 mm, e assim por diante.

Nos micrômetros de 0 a 25mm, quando os mesmos estão com as faces de medição juntas, a borda do tambor coincide com o traço zero do cilindro e a linha longitudinal gravada na bainha coincide com o zero da escala do tambor.

Nos micrômetros acima de 25mm, em que as faces de medição não se tocam, deve-se utilizar uma haste padrão para zerar o mesmo.

Os tipos de micrômetros estão relacionados ao tipo de peça que o mesmo irá medir.

Micrometros para medição externa de arco- é o mais comum de todos e serve para medir peças simples.

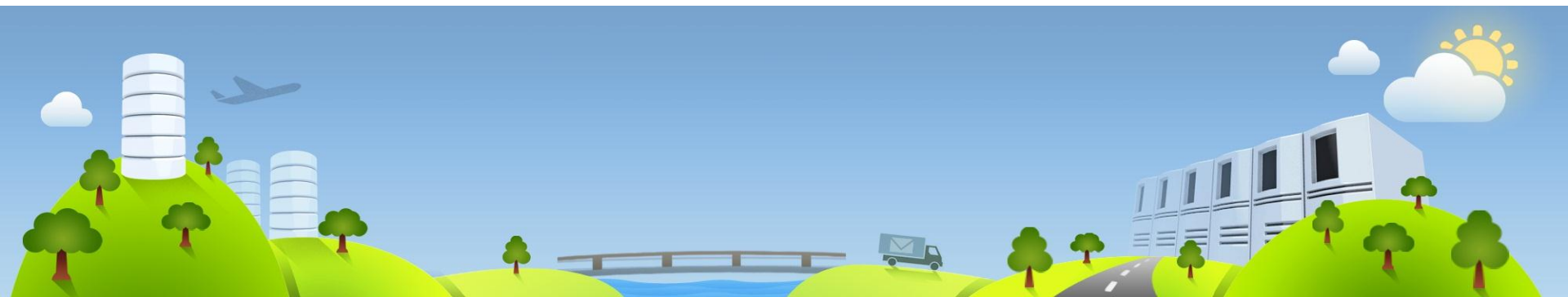


Micrometros para medição externa de arco

Micrometro de arco raso - é utilizado para medir espessuras em lugar de difícil acesso.



Micrometro de arco raso



Batente - este tipo de micrômetro possui uma ponta móvel e um batente na ponta fixa, que pode ser em forma de "V", retangular, esférico, cilíndrico etc.

Pode ser utilizado para medir ferramentas de corte com número ímpar de cortes.

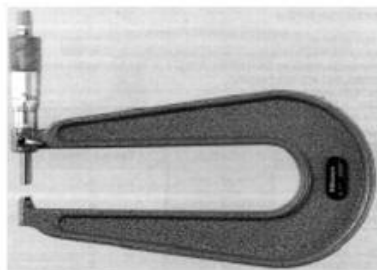


Micrometros para medição de furos - para furos de até 6 mm, utiliza-se um micrômetro com duas partes móveis; acima de 6 mm, com três pontas móveis.



Micrometros para medição de furos

Com arco profundo - este micrômetro é utilizado para medições de partes salientes das peças ou de espessuras de bordas.

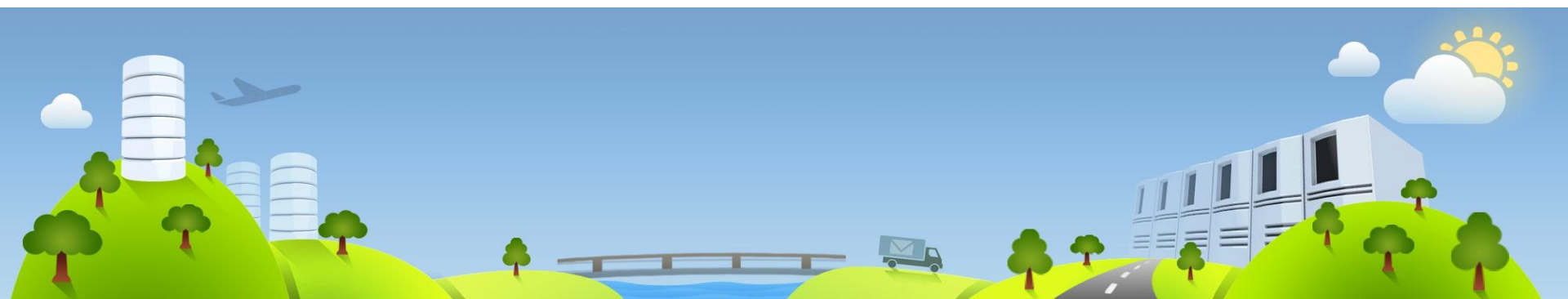


Micrometros com arco profundo

Ponta tipo paquímetro - este tipo de micrômetro possui dois bicos tipo paquímetro.



Ponta tipo paquímetro



Micrômetro cilíndrico ou tubular - possui duas pontas de contato em uma cabeça micrométrica.



Micrômetro cilíndrico ou tubular

Micrômetro para medição de profundidade - é constituído por uma base com superfície lapidada que está acoplada a uma cabeça micrométrica.

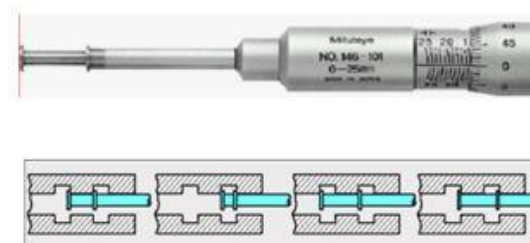


Micrômetro para medição de profundidade

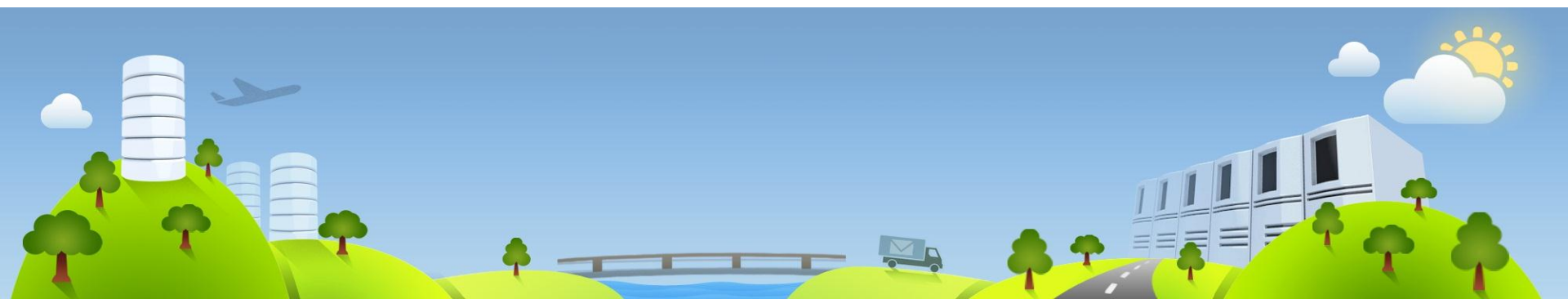
Micrômetro para medição de rosca - possui um furo de precisão no qual são acopladas pontas especiais para medição de diâmetro externo, diâmetro interno e diâmetro de flanco de rosca.



Micrômetro para medição de entalhes internos - é constituído de pontas tipo disco para a medição entre as faces de canais internos.



Micrômetro para medição de entalhes internos



Micrômetro para trabalho seriado - este tipo de instrumento opera por meio de um relógio comparador acoplado a um dispositivo de acionamento rápido, e utiliza para o controle o campo de tolerância.



Micrômetro para trabalho seriado

Micrometro para medição de materiais moles - possui, no batente, um dispositivo especial que permite o controle da força de medição para que a mesma não ultrapasse os 100gf e seu fuso desliza com movimento linear.



Micrometro para medição de materiais moles

Micrometro para medição de dentes de engrenagem - é conhecido também como micrômetro com discos na haste e serve para medir dentes de engrenagem.

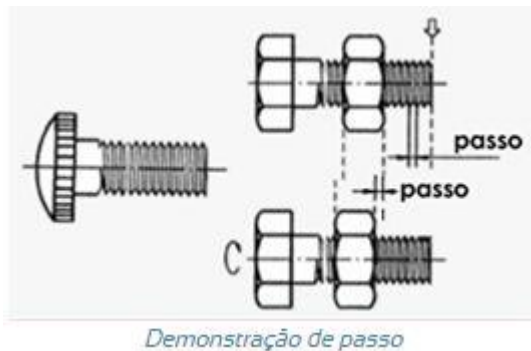


Micrômetro para medição de dentes de engrenagem



Resolução

Para podermos saber a resolução do micrômetro, temos que verificar o seu sistema de funcionamento, que se assemelha a um parafuso com porca, pois ao dar uma volta completa na rosca, provoca um deslocamento igual ao seu passo, que será a menor divisão da escala principal.



Obs.: O passo é a distância de um filete ao outro na rosca, como vemos na figura acima.

Como já vimos anteriormente, a resolução de um instrumento é a menor medida que o mesmo pode medir.

No caso do micrômetro, a fórmula para calcular esta resolução é:

$P / V \cdot N$ onde,

P = passo do parafuso

N = Nº de divisões de tambor

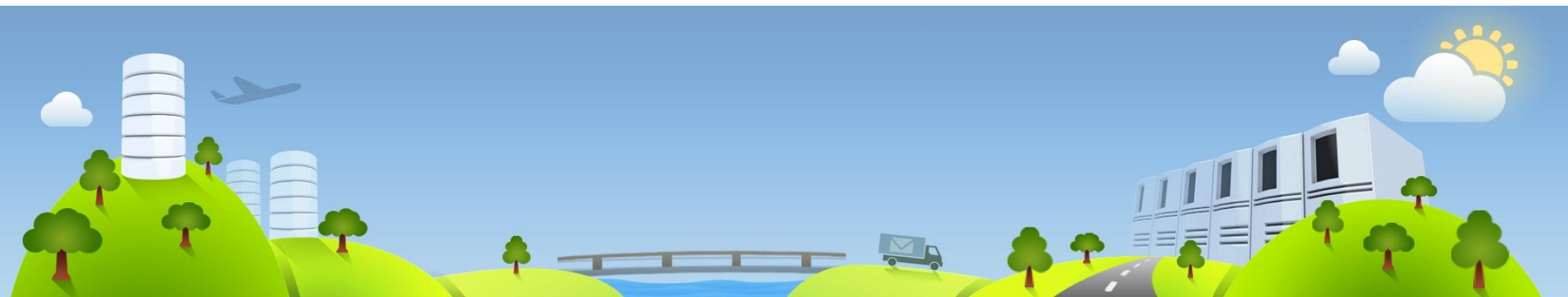
V = número de divisões do nônio

No caso dos micrômetros centesimais, que não possuem nônio, o valor de V será igual a 1.


$$\text{Resolução} = \frac{P}{V \cdot N}$$

Resolução do micrômetro em mm.

No caso em que a rosca micrométrica do micrômetro tiver passo 0,5mm e o tambor 50 divisões, o valor de uma divisão do tambor do micrômetro será $0,5 / 50 \cdot 1$, que resultará em uma resolução de 0,01mm.



No caso em que a rosca micrométrica do micrômetro tiver passo 0,5mm, o tambor 50 divisões e o nônio 10 divisões, a resolução do micrômetro será $0,5 / 50 * 10$, que resultará em uma resolução de 0,001mm.

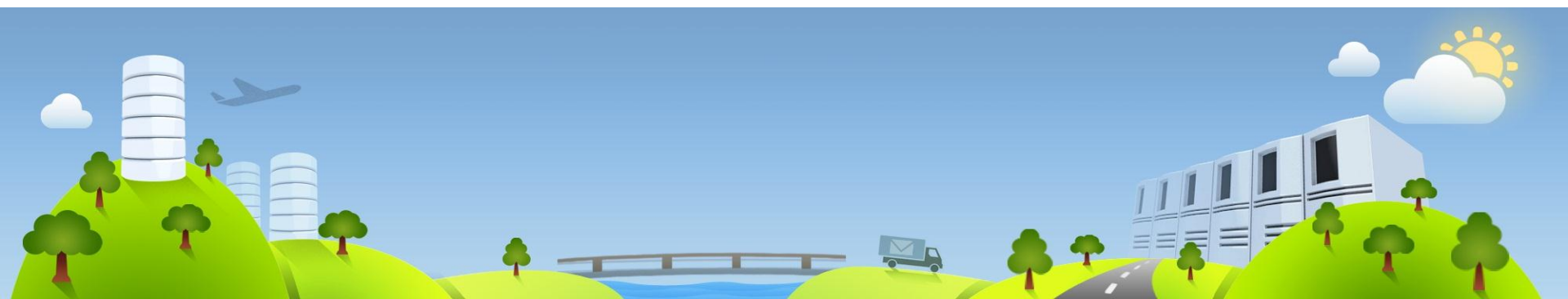
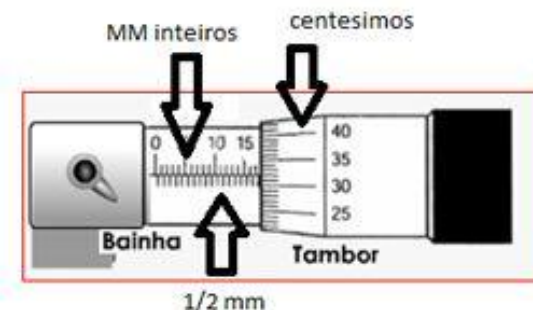
Resolução do micrômetro em polegada

No caso em que a rosca micrométrica do micrômetro tiver passo .025" e o tambor 25 divisões, o valor de uma divisão do tambor do micrômetro será $.025 / 25 * 1$, que resultará em uma resolução de 0,001".

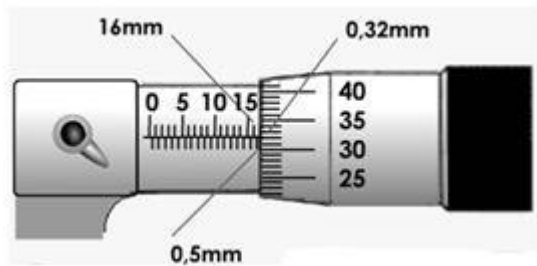
No caso em que a rosca micrométrica do micrômetro tiver passo .025", tambor 25 divisões e nônio 10 divisões, a resolução do micrômetro será $.025 / 25 * 10$, que resultará em uma resolução de 0,001".

A princípio, vamos fazer a leitura de um micrômetro centesimal, em que a leitura dos números inteiros é feita por meio da bainha, com a escala principal, e o tambor, que permite leituras menores que a menor divisão da escala principal.

- 1º Passo - Verificar a resolução do instrumento que vamos utilizar, neste caso, 0,01 de mm.
- 2º Passo - Fazer a leitura dos números inteiros na bainha utilizando o zero como referência e a aresta do tambor para fazer a leitura dos milímetros e meio milímetros, sendo os traços de cima os mm e os traços de baixo os $\frac{1}{2}$ mm.
- 3º Passo - Fazer a leitura dos centésimos no tambor.
- 4º Passo - Somar as medidas encontradas.



Vamos praticar utilizando o exemplo abaixo:



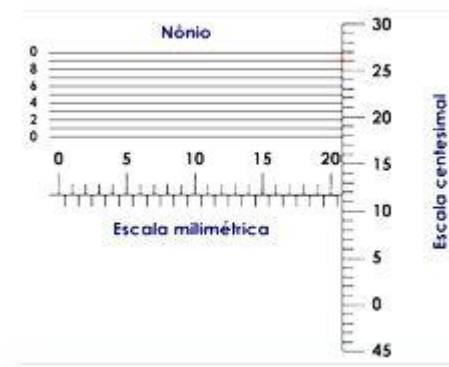
- 1º Passo - Verificar a resolução do instrumento que vamos utilizar, neste caso, 0,01 de mm.
- 2º Passo - Fazer a leitura dos números inteiros na bainha, utilizando o zero como referência, e a aresta do tambor para fazer a leitura dos milímetros e meio milímetros, sendo os traços de cima os mm, neste caso, 16mm e os traços de baixo os $\frac{1}{2}$ mm, neste caso, 0,5.

Obs.: caso a aresta do tambor não ultrapasse o traço de baixo, não teremos o $\frac{1}{2}$ mm.

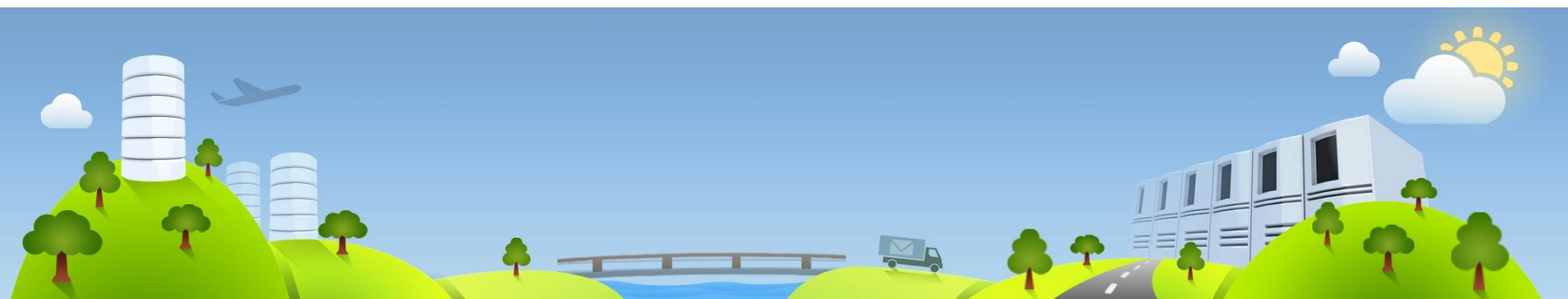
- 3º Passo - Fazer a leitura dos centésimos no tambor, neste caso, 0,32 mm.

- 4º Passo - Somar as medidas encontradas, neste caso, 16 + 0,5 + 0,32, resultando num valor de 16,82 mm.

Agora vamos fazer a leitura de um micrômetro com nônio, em que a leitura dos números inteiros é feita por meio da bainha com a escala principal, do tambor, que permite leituras menores que a menor divisão da escala principal, e do nônio, que permite a leitura dos milésimos, aumentando a precisão do meu instrumento.



- 1º Passo - Verificar a resolução do instrumento que vamos utilizar neste caso, 0,001mm.



- 2º Passo - Fazer a leitura dos números inteiros na bainha, utilizando o zero como referência e a aresta do tambor para fazer a leitura dos milímetros e meio milímetros, sendo os traços de cima os mm e os traços de baixo os $\frac{1}{2}$ mm.
- 3º Passo - Fazer a leitura dos centésimos no tambor.
- 4º Passo - Fazer a leitura dos milésimos no nônio.
- 5º - Somar as medidas encontradas.

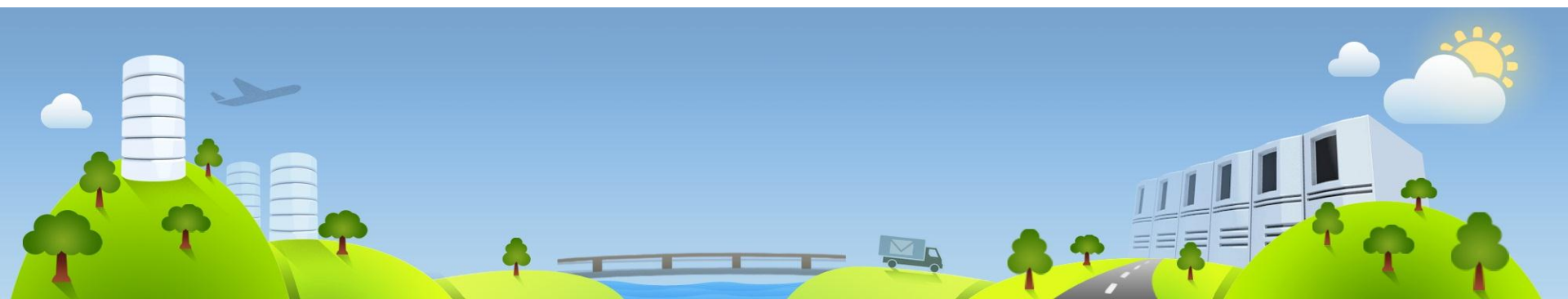
Vamos praticar utilizando o exemplo abaixo:



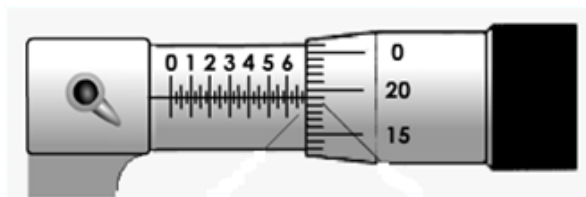
- 1º Passo - Verificar a resolução do instrumento que vamos utilizar, neste caso, 0,001mm.
- 2º Passo - Fazer a leitura dos números inteiros na bainha, utilizando o zero como referência e a aresta do tambor para fazer a leitura dos milímetros e meio milímetros, sendo os traços de cima os mm, neste caso, 20mm e os traços de baixo os $\frac{1}{2}$ mm, neste caso, 0,5.

Obs.: caso a aresta do tambor não ultrapasse o traço de baixo, não teremos o $\frac{1}{2}$ mm.

- 3º Passo - Fazer a leitura dos centésimos no tambor, neste caso, 0,110 mm.
- 4º Passo - Fazer a leitura dos milésimos no nônio, neste caso, 0,008 mm.
- 5º Passo - Somar as medidas encontradas, neste caso, 20 + 0,5 + 0,110 + 0,008, resultando num valor de 20,618 mm.



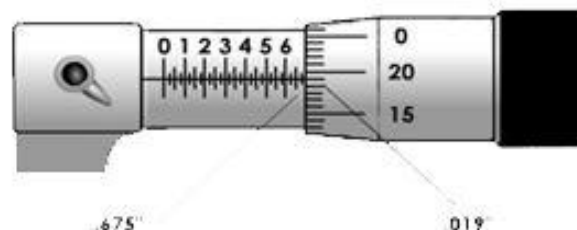
Vamos fazer, agora, a leitura de um micrômetro em polegadas, em que a leitura dos números é feita por meio da bainha com a escala principal e o tambor, que permite leituras menores que a menor divisão da escala principal.



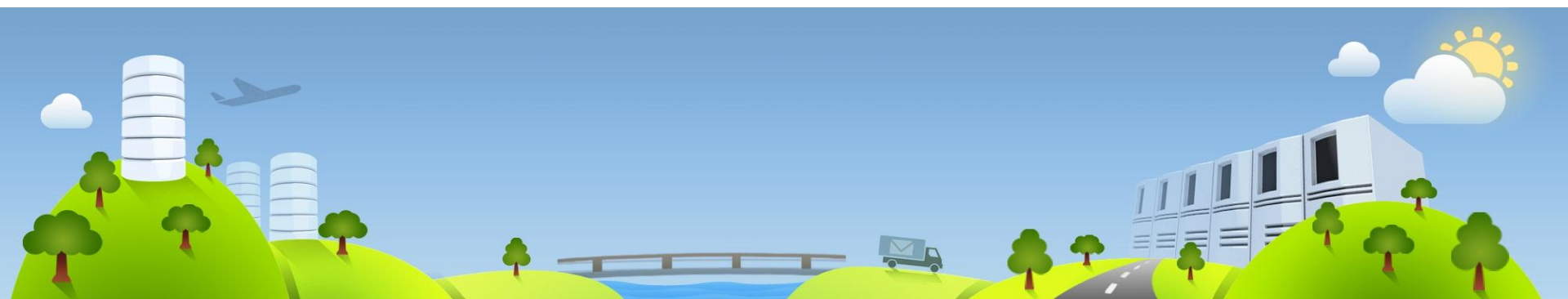
- 1º Passo - Verificar a resolução do instrumento que vamos utilizar, neste caso, $.001''$.
- 2º Passo - Fazer a leitura dos números na bainha, utilizando o zero como referência e a aresta do tambor para fazer a leitura, observando que cada traço equivale a $.025''$.
- 3º Passo - Fazer a leitura do tambor conforme a resolução do instrumento.
- 4º Passo - Somar as medidas encontradas.

Nota: Lembre-se de que em polegada não usamos 0 (zero) antes e nem vírgula.

Vamos praticar utilizando o exemplo abaixo:

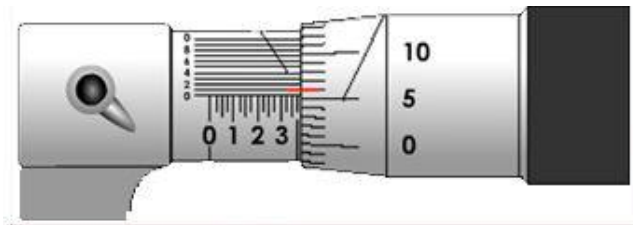


- 1º Passo - Verificar a resolução do instrumento que vamos utilizar, neste caso, $.001''$.
- 2º Passo - Fazer a leitura dos números na bainha, utilizando o zero como referência e a aresta do tambor para fazer a leitura, observando que cada traço equivale a $.025''$, neste caso, $.675''$.
- 3º Passo - Fazer a leitura do tambor conforme a resolução do instrumento, neste caso, $.019''$.



- 4º Passo - Somar as medidas encontradas, neste caso, $.675 + .019$, resultando em um valor de $.694$ ".

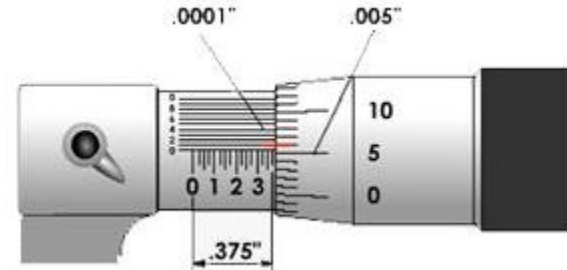
Agora, vamos fazer a leitura de um micrômetro com nônio, em que a leitura dos números é feita por meio da bainha com a escala principal, do tambor, que permite leituras menores que a menor divisão da escala principal, e do nônio, aumentando a precisão do instrumento.



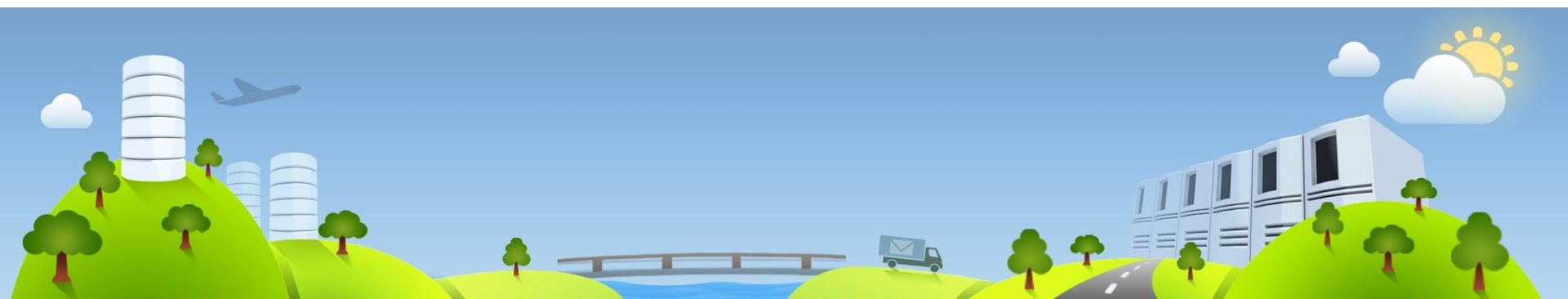
- 1º Passo - Verificar a resolução do instrumento que vamos utilizar, neste caso, $.0001$ ".
- 2º Passo - Fazer a leitura dos números na bainha, utilizando o zero como referência, e a aresta do tambor para fazer a leitura, observando que cada traço equivale a $.025$ ".

- 3º Passo - Fazer a leitura do tambor, lembrando que cada traço equivale a $.001$ ".
- 4º Passo - Fazer a leitura do nônio, lembrando que cada traço equivale a $.0001$ ".
- 5º Passo - Somar as medidas encontradas.

Vamos praticar utilizando o exemplo abaixo:



- 1º Passo - Verificar a resolução do instrumento que vamos utilizar, neste caso, $.0001$ ".



- 2º Passo - Fazer a leitura dos números na bainha, utilizando o zero como referência, e a aresta do tambor para fazer a leitura, observando que cada traço equivale a .025", neste caso, .375".
- 3º Passo - Fazer a leitura do tambor, lembrando que cada traço equivale a .001", neste caso, .005.
- 4º Passo - Fazer a leitura do nônio, lembrando que cada traço equivale a .0001", neste caso, .0001.
- 5º Passo - Somar as medidas encontradas, $.375 + .005 + .0001$, resultando um valor de .3801".

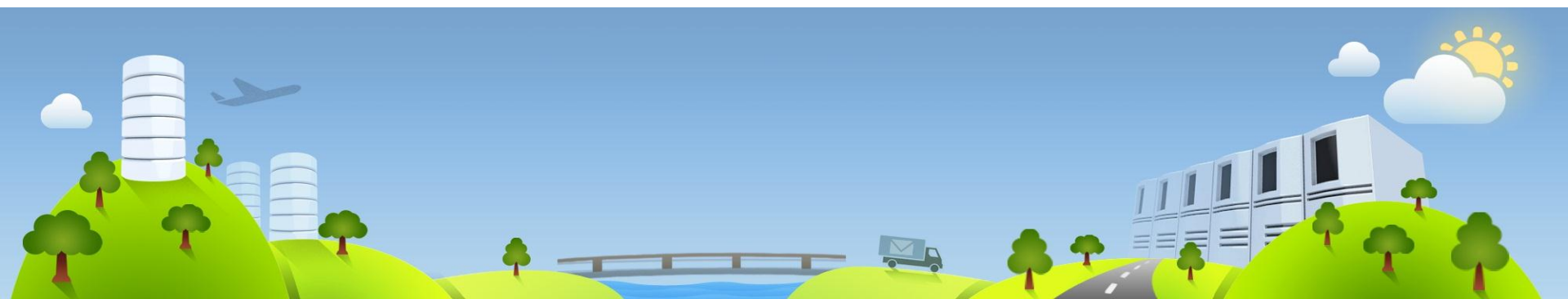
Recomendações e cuidados

- ✓ Devemos tomar alguns cuidados com os micrômetros para que suas medidas sejam confiáveis.
- ✓ Deve ser selecionado o micrômetro adequado para cada tipo de medição.
- ✓ Sempre devemos utilizar a catraca para aproximar as faces de medição da peça e dar, no máximo, três voltas.



Limpe as partes móveis antes e depois do uso

- ✓ Devemos sempre fazer a medição com o micrômetro na peça, nunca retirar o mesmo com a trava atuada.
- ✓ Quando o micrômetro for preso ao suporte para fazer a medição, cuide para que o mesmo fique preso na parte central do arco.
- ✓ Ao guardar o micrômetro, devemos manter as faces de medição afastadas e a trava livre.
- ✓ As faces de medição devem estar sempre limpas.



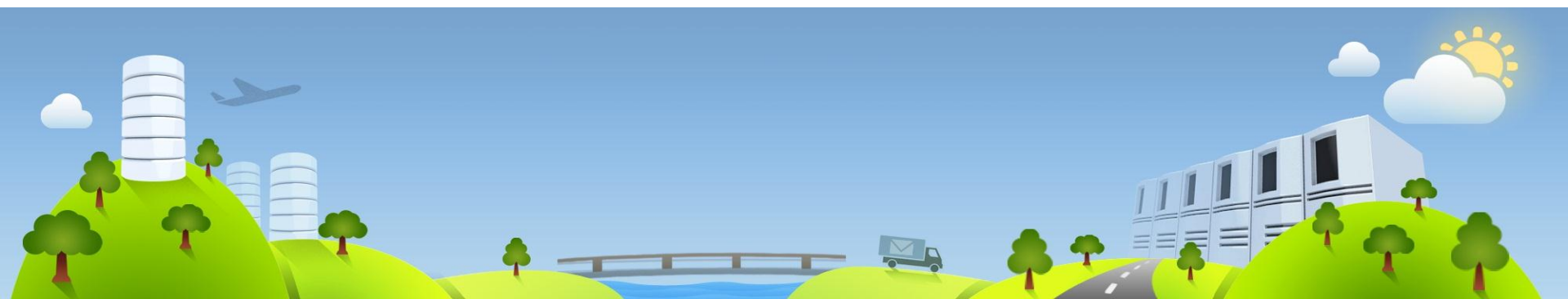
- ✓ A temperatura de referência da peça e do micrômetro para medições deve ser de 20°C.
- ✓ Se o micrômetro ficar guardado por um longo tempo, deve ser aplicada uma camada fina de óleo no mesmo.
- ✓ Controlar periodicamente o zero do micrômetro a uma temperatura de 20°C.
- ✓ Cuidar para que as peças a serem medidas não possuam rebarbas que possam danificar o micrômetro.
- ✓ Guardar o micrômetro sempre no seu estojo.

- Erro de planeza das superfícies de contato;
- Erro de paralelismo das faces de contato;
- Erro de perpendicularismo entre as faces de medição e o eixo do parafuso micrométrico;
- Erro de leitura do ajuste do zero;
- Erro de passo do parafuso micrométrico;
- Erro devido a deflexão do arco;
- Erro devido a pressão de medição.

Erros do micrômetro

Erro de medição é um desvio entre a medição real da peça e a medição fornecida pelo instrumento.

No caso dos micrômetros, encontramos os erros objetivos, ou seja, aqueles inerentes ao próprio instrumento de medida, que são:



Revisão

Metrologia é a ciência que estuda as atividades relacionadas às medições, unidades de medidas e métodos de medições.

Erros de medição: Alguns fatores podem influenciar as medições, como temperatura, forma da peça, força de medição, forma de contato, erro de paralaxe e estado de conservação.

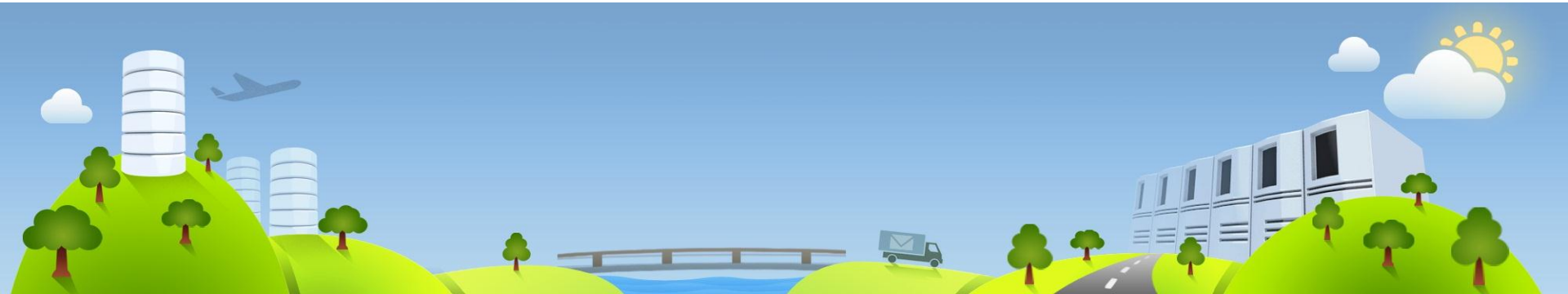
Instrumento de medição: são equipamentos utilizados para comparar medidas de peças com a escala do instrumento, conforme projetos ou desenhos. Seguem alguns tipos:

Régua

Instrumento em forma de lâmina, em que está disposta sua escala graduada.

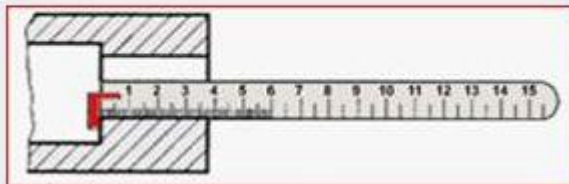


Leitura com régua: A primeira etapa é colocar o zero da régua em uma das extremidades do objeto, em seguida, contamos quantos traços pequenos e grandes teve na graduação da régua até chegar a outra extremidade do objeto. Lembrando que cada traço pequeno equivale a 0,5mm e o traço grande equivale a 1mm.

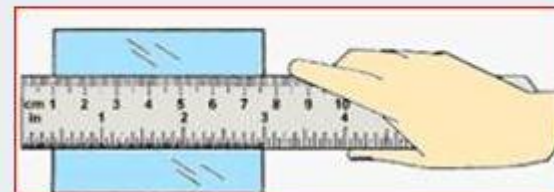


Tipos de régua - são 4 tipos existentes:

Régua com encosto: medidas internas.



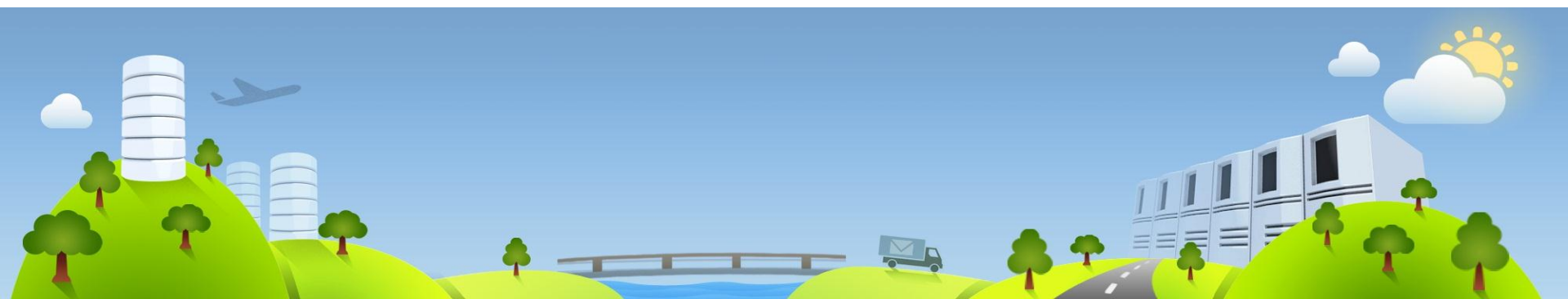
Régua sem encosto: medidas externas.



Régua com fio: verificar planicidade.



Régua plana: verificar planicidade em peças cilíndricas.



Paquímetro

É um instrumento de medida que contém os quatro tipos de régua, verificando medidas internas, externas e profundidade. Trabalhando com duas unidades de medida: milímetro e polegada.

Valor da resolução do paquímetro: é a menor medida que o paquímetro consegue aferir, consequentemente, tendo as seguintes resoluções:

- 0,001
- 0,02
- 0,05

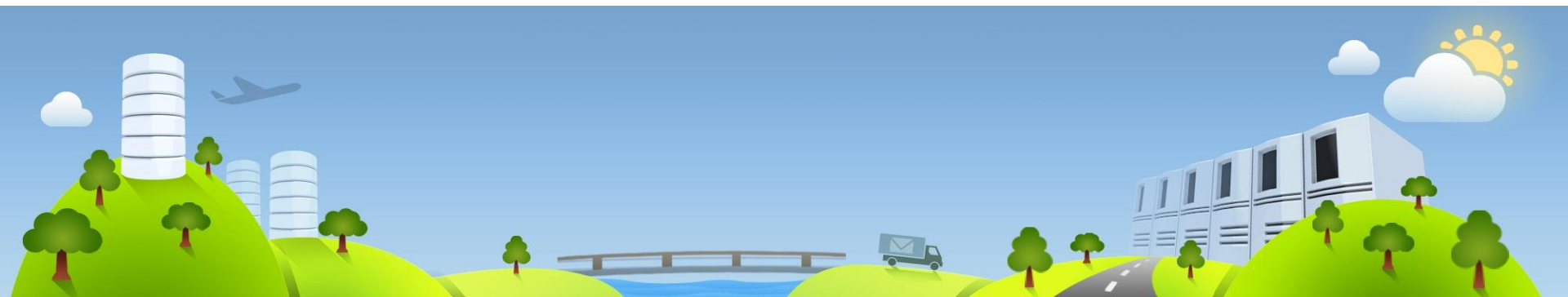
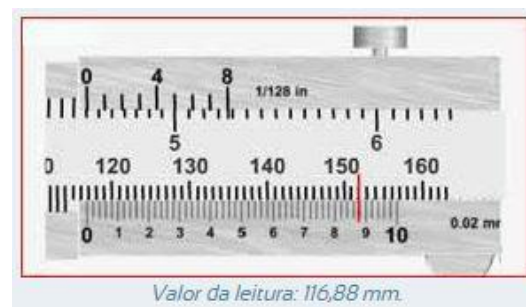
Cuidados no momento da medição com paquímetro:

- Não usar a ponta do bico para medições externas.
- Manter o paquímetro perpendicular a peça, com exceção de aferição de furos.

- Usar a ponta do bico para medições de ressalto.

Exemplo de leitura de paquímetro:

- Escolher a unidade de medida e escala.
- Medida do zero da escala principal até zero do nônio (medida do valor inteiro).
- Traço do nônio que coincidiu com traço da escala principal (medida do valor complementar).



Traçador de Altura

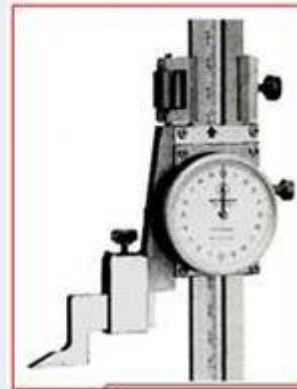
Instrumento de medida que tem a função de traçar , verificar nivelamento e paralelismo.

A seguir veremos os **tipos de traçador de altura**.

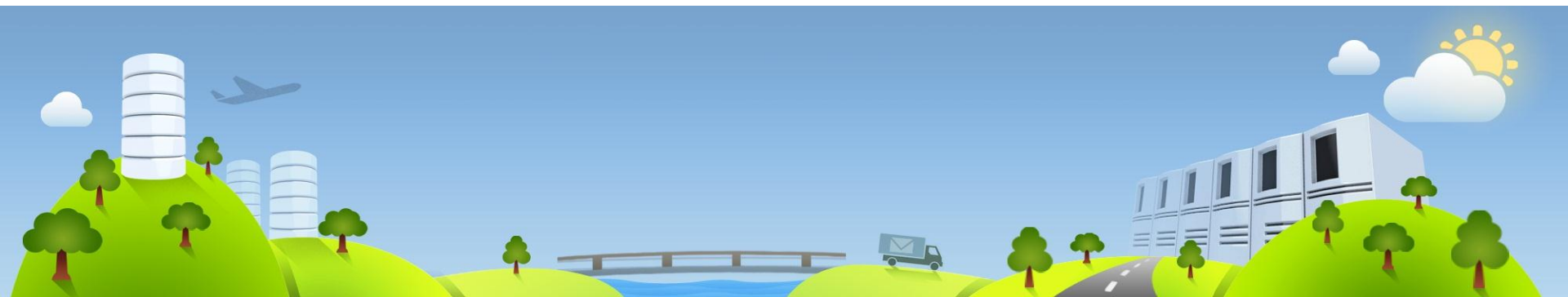
Escala principal ajustável



Escala e relógio



Escala fixa



Escala digital

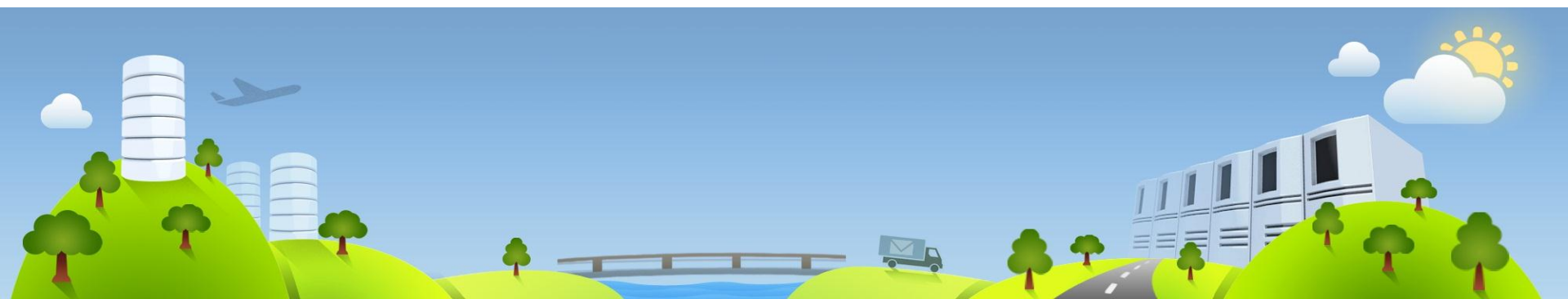


Relógio e contador



Leitura com traçador de altura:

Existem vários tipos de traçadores de altura, os contadores mecânicos e digitais tem seus procedimentos de leitura específicos, já o restante dos traçadores de altura possuem o mesmo procedimento de leitura do paquímetro universal.



Micrômetro

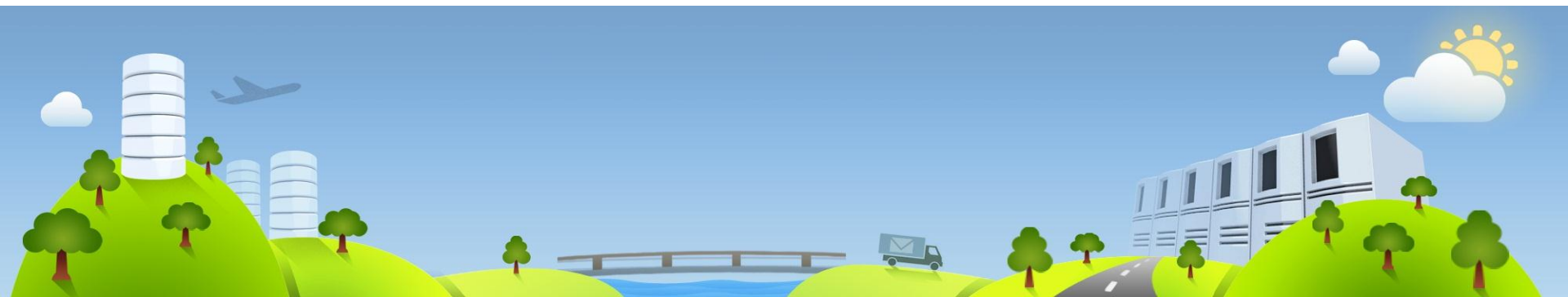
É um instrumento de medida utilizado para medir largura, espessura, altura, diâmetro e profundidade, com grande precisão.

A seguir veremos os **tipos de micrômetros**.

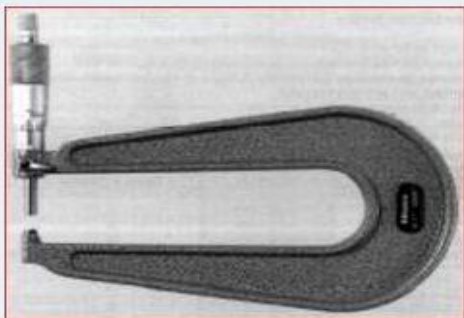
Medição externa de arco



Batente



Com arco profundo



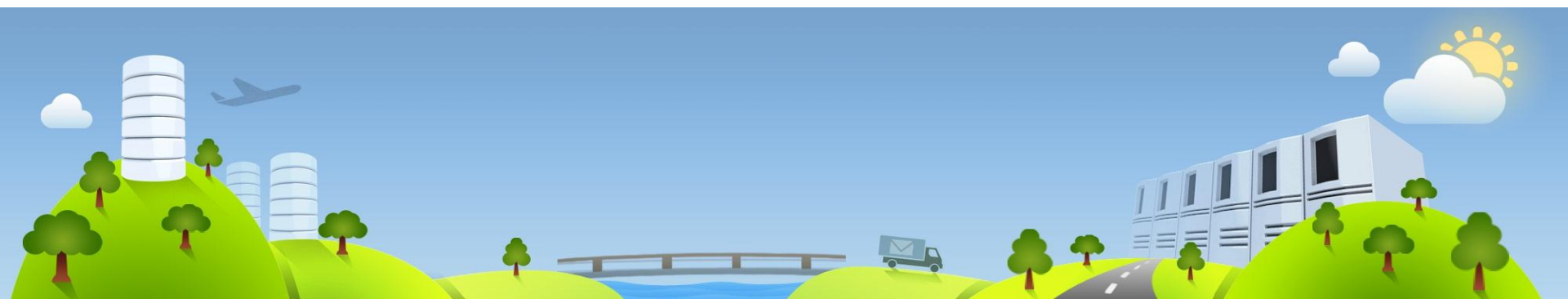
Medição de furos



Ponta tipo paquímetro



Cilíndrico ou Tubular



Medição de profundidade



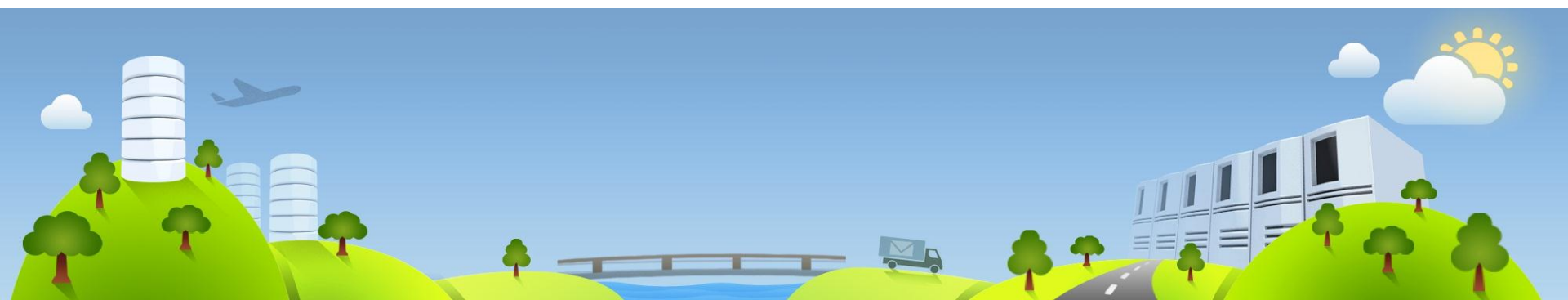
Medição de profundidade de rosca



Trabalho seriado



Medição de entalhes internos



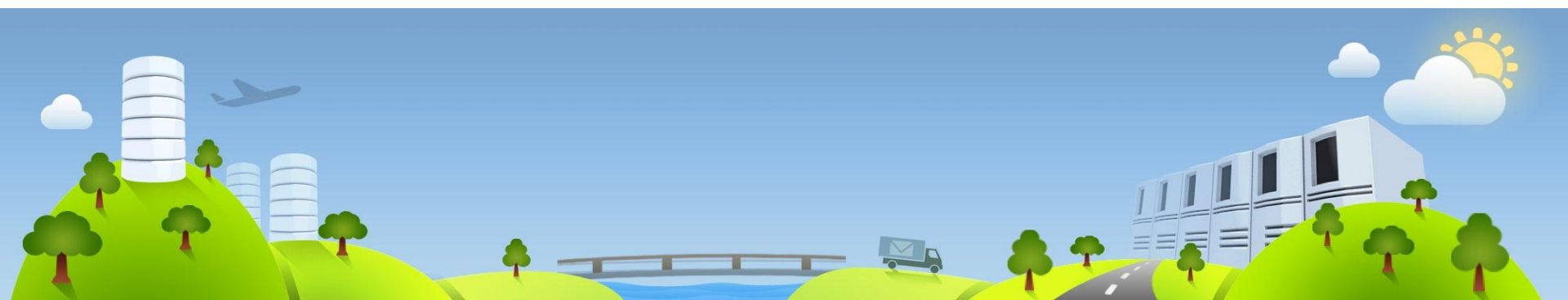
Medição de materiais moles



Arco raso

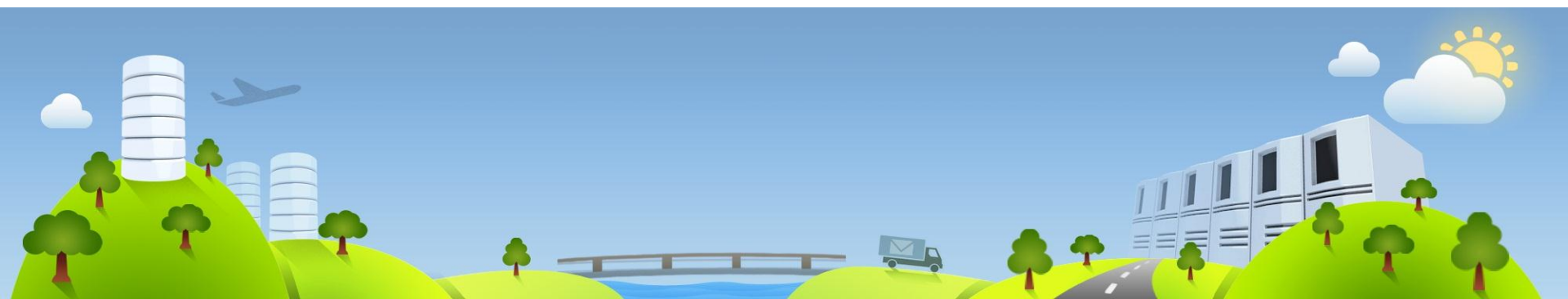
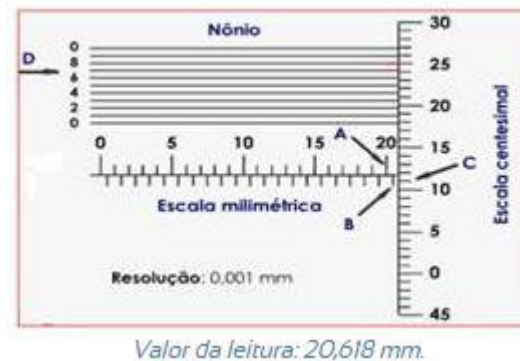


Medição de dentes de engrenagens



Exemplo de leitura com micrômetro: de ante mão devemos saber que as principais resoluções dos micrômetros são de 0,01 mm e 0,001 mm.

- Verificar a resolução do instrumento.
- Verificar os números inteiros da bainha tendo o zero como referência e a aresta do tambor é utilizada para fazer a leitura em milímetros e milímetros e meio.
- Verificar a leitura dos centésimos.
- Somar as medidas encontradas.



Conteúdo Extra

Relógio comparador

É um instrumento de medição que, por meio de uma cremalheira acoplada a um fuso, transforma seu movimento linear em um movimento circular utilizando de um pinhão acoplado a um ponteiro, que se movimenta sobre uma escala com graduação uniforme circular de 360° .

Possui várias aplicações na indústria, pois, além de fazer as medições diretas, pode fazer as medições por meio da comparação, como, por exemplo, na verificação do desgaste de um barramento de uma máquina.

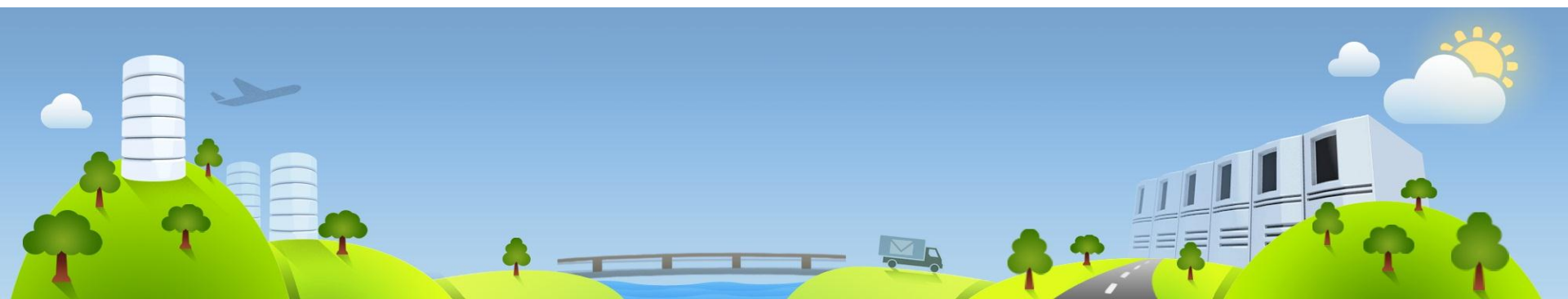
Os relógios comparadores sempre são utilizados acoplados aos dispositivos de fixação e posicionamento como, podemos verificar na figura abaixo.



Partes de um relógio comparador

Capa da haste - sua função é proteger a ponta da haste e é feita de material plástico.

Parafuso de fixação do aro - sua função é fixar o aro na posição zero do ponteiro principal.



Ponteiro principal - é o ponteiro maior do relógio e está ligado ao fuso, que quando é comprimido, faz com que o ponteiro gire no sentido horário. Ele é responsável por fazer a leitura das casas decimais.

Mostrador - nele está contida a escala de medidas decimais, possui duas marcações, sendo uma com números maiores e outra com números menores, para que sejam feitas as leituras nos dois sentidos.

Ponta de contato - é responsável por estar em contato com as peças para fazer as leituras, a mesma é acoplada na haste por meio de uma rosca e pode ser substituída.

Contador de voltas - é um mostrador de números menores que faz a leitura dos números inteiros.

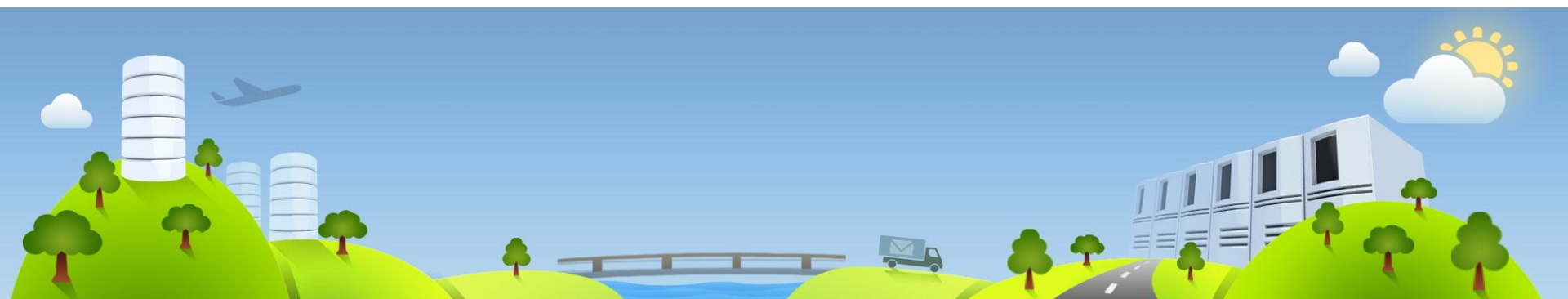
Haste - também conhecida como fuso, é o mecanismo que transmite o movimento linear do relógio comparador.

Canhão - é o local em que o relógio comparador é preso nos suportes para efetuar as medidas.

Aro - é uma capa de proteção confeccionada, geralmente, em plástico, podendo ser fabricada em alguns casos com uma liga de alumínio. Possui um visor que protege a escala do relógio.

Limitador de tolerância - serve para facilitar a medição de peças que possuem uma tolerância determinada.

Nota: Tolerância é a medida máxima e mínima que uma peça pode ter.



Resolução do relógio comparador

Como já vimos nos capítulos anteriores, a resolução de um instrumento de medição é a menor medida que podemos efetuar com o instrumento.

A resolução de um relógio comparador está ligada ao grau de ampliação do deslocamento da haste do relógio. Uma volta completa do ponteiro corresponde a um determinado valor de movimento da haste. Esta volta está dividida em frações iguais.

No caso do relógio com resolução centesimal, que é o mais utilizado, uma volta completa do ponteiro corresponde a 1mm e a escala está dividida em 100 partes iguais, neste caso, 1 dividido por 100 é igual a 0,01mm.

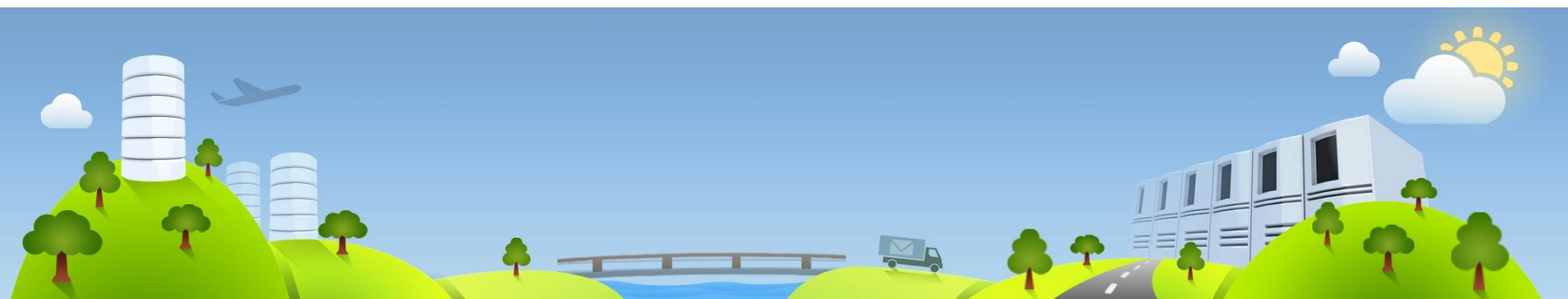
Portanto o valor de cada divisão deste relógio é 1 centésimo de mm.



Princípio de funcionamento

O fuso, que entra em contato com a peça, possui uma cremalheira que serve para acionar o pinhão ligado a engrenagem principal. Esta, por sua vez, aciona outro pinhão, conhecido como pinhão central, que está ligado ao ponteiro principal, e faz a medida das peças.

Existe outra engrenagem montada sobre o pinhão e atuada por ele que possui uma mola, conhecida como mola cabelo, e tem a finalidade de eliminar folgas das engrenagens.



Para facilitar a leitura, os relógios apresentam uma dupla graduação, que podem ser lidas no sentido horário e no sentido anti-horário, dependendo da definição do ponto inicial em que será colocada a ponta de contato.

Após definido o ponto de início da leitura, inicia-se a leitura pelo ponteiro contador de voltas, que é o ponteiro menor do relógio e faz a leitura dos números inteiros, e, a seguir, o ponteiro da escala principal, que faz a leitura dos números decimais.

Medição com relógio comparador

Para efetuar medidas com o relógio comparador, deve-se colocar um bloco padrão, com a medida exata da peça, e fazer o ajuste do zero da escala principal.

Após a aferição do zero, deve-se retirar o bloco padrão e colocar as peças que serão medidas. A medida efetiva será a soma da diferença encontrada com o bloco padrão.

NOTA: Ao fazer o ajuste do zero com o bloco padrão, deve-se dar uma volta ou mais no ponteiro principal, para evitar que o próprio caia em uma zona morta na hora da medição.



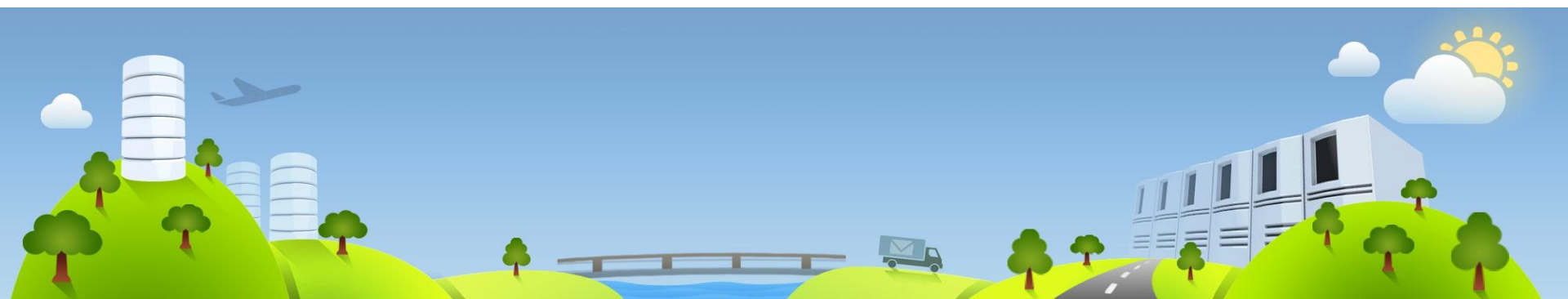
O relógio comparador é um instrumento que faz as medições indiretas, ou seja, por meio da comparação entre uma peça e um bloco padrão ou até mesmo um protótipo.

Dimensão da peça = dimensão padrão + ou - diferença, onde:

a = altura do padrão;

b = altura de uma peça fabricada;

$b = a + x$



NOTA: o valor de x é obtido através do relógio comparador.

Nas medições por meio da comparação, pode-se colocar uma tolerância para que a peça seja considerada boa e, caso a diferença (x) entre ($b - a$) esteja dentro da diferença, esta peça poderá ser aproveitada.



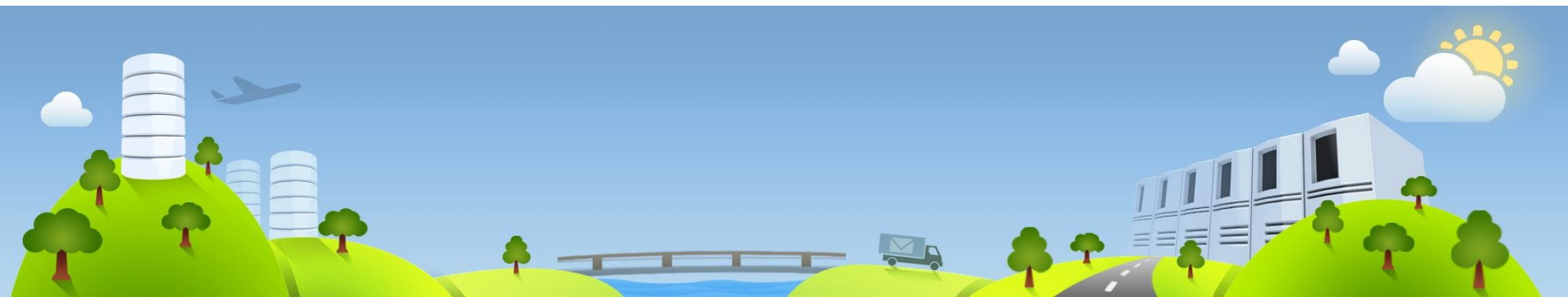
Para obter uma boa leitura com o relógio comparador, devemos proceder da seguinte maneira:

Por meio do auxílio de um bloco padrão, com um valor dentro da tolerância da peça a ser medida, zerar o relógio comparador.

Retirar o bloco padrão e colocar a peça a ser medida. Verificar se a diferença entre a peça medida e o bloco padrão está dentro da tolerância.



Quanto à posição do fuso em relação ao mostrador, há dois tipos:



Convencional - em que o eixo do fuso está paralelo ao plano do mostrador;



Vertical - neste tipo, o eixo do fuso é perpendicular ao plano do mostrador.

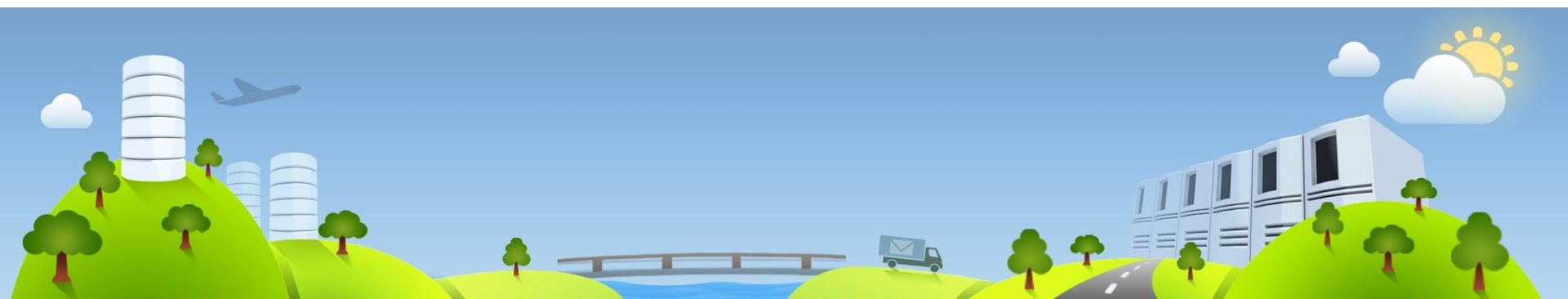


Com curso morto - utilizado para medição de peças em série. Neste tipo, o mostrador possui uma parte sem graduação, em que o ponteiro não deverá ultrapassar para evitar erros de leitura.



Especiais - são projetados para atender algumas finalidades específicas e, por isso, possuem recursos especiais, como zeragem do ponteiro, contador de voltas, trava de leitura no ponto máximo, dupla face de leitura, leitura invertida etc.

Quanto à leitura do cursor, podemos destacar dois tipos:





Deve-se levar em consideração alguns aspectos importantes para a escolha do relógio comparador que vamos utilizar:

Tamanho - deve-se escolher um relógio que melhor se adapta ao dispositivo, máquina ou equipamento que vai ser utilizado.

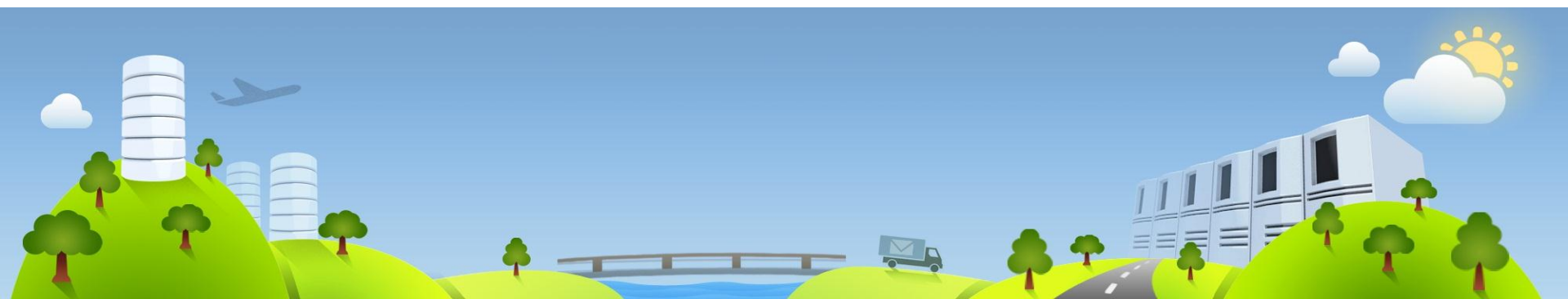


Curso - deve ser selecionado um relógio com um cursor um pouco maior do que o campo de variação da medida que será feita.



Leitura - deve-se escolher um instrumento que possua o campo de tolerância da peça em que vamos medir.

Tipo - deve-se verificar, no ambiente de trabalho, qual a frequência que este instrumento irá trabalhar e escolher o que possui uma construção mais adequada.





Cuidados com o relógio comparador

O relógio comparador deve ser utilizado sempre em um laboratório adequado.

Não deve-se expor o relógio comparador diretamente à luz do sol.

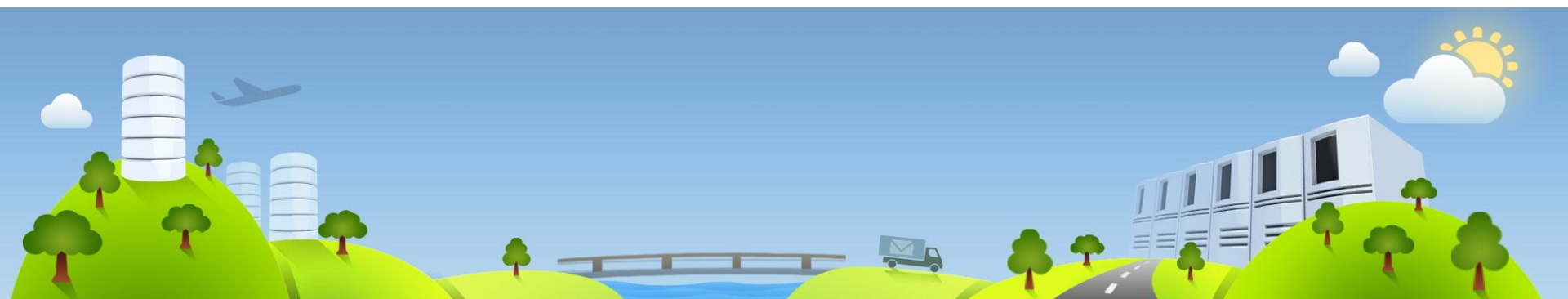
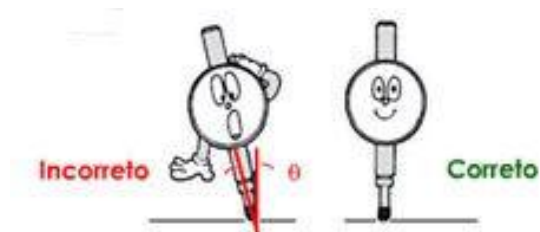
Faça a leitura do relógio de frente para o mostrador, para evitar o erro de paralaxe.



Utilize sempre toda a parte do canhão para a fixação do relógio no suporte.



Monte o relógio sempre na perpendicular, para evitar o erro de leitura.



Erros do relógio comparador

A principal fonte de erro de um relógio comparador é o desgaste das suas peças, sujeiras ou componentes danificados devido a acidentes ou mau uso.

Para os relógios comparadores com a resolução de 0,01mm e cursor máximo de 10mm, há os seguintes erros admissíveis.

Repetitividade = $5\mu\text{m}$

Erro de retorno = $5\mu\text{m}$

Qualquer 0,1 volta = $8\mu\text{m}$

Qualquer 0,5 volta = $\pm 9\mu\text{m}$

Qualquer 1 volta = $\pm 10\mu\text{m}$

Qualquer 2 volta = $\pm 15\mu\text{m}$

Qualquer intervalo maior = $\pm 15\mu\text{m}$

Força máxima de medição = 1,5N (155 gf)

Força mínima de medição = 0,4 N (40 gf)

Máxima variação de força = 0,6 N (62 gf)

Tipos de relógios comparadores

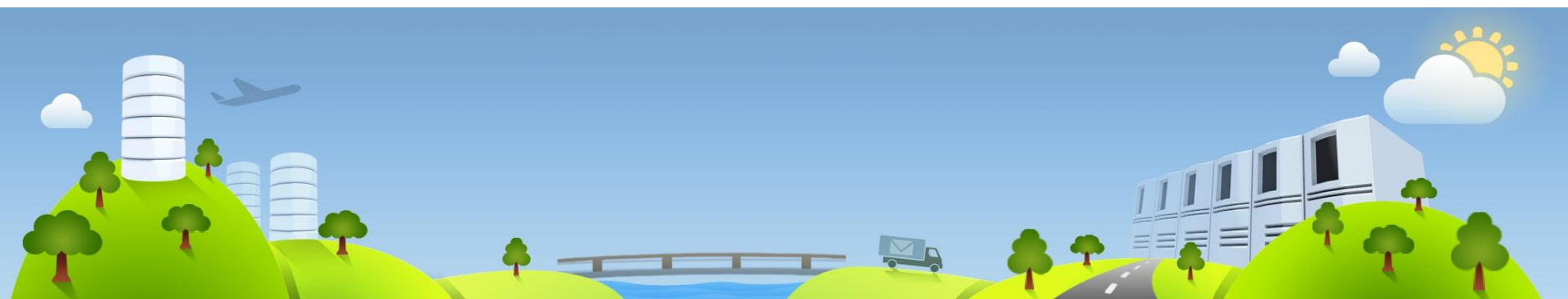
Os relógios comparadores são agrupados de acordo com dois critérios, o tamanho do mostrador e seu mecanismo e estrutura.

Tamanho do mostrador - quanto ao tamanho, existem basicamente quatro tipos de Diâmetro de 40, 50, 75 e 90mm, e, em cada série, possuem características diversas.

Mecanismo e estrutura - dependendo da leitura e exatidão que precisa, o princípio do mecanismo de ampliação pode ser diferente, bem como sua estrutura, que pode ter um reforço com mancais de rubi, a prova d água, poeira etc.

Calibração e ajuste

A NBR 6388/1983 é utilizada para a calibração dos relógios comparadores. Utilizam se dispositivos robustos para a fixação dos relógios comparadores e blocos padrão de dispositivos especiais com cabeças micrométricas de leitura , geralmente, igual a 0,001 para relógios centesimais e 0,0002 para relógios milésimais.



Após concluir a leitura do material didático, acesse a página do curso para realizar o DESAFIO FINAL.

