entib

Incerteza de medição

Noções de Probabilidade

AULA 02

REALIZAÇÃO

sociedade brasileira de metrologia

Sumário

Apresentação

Olá! Seja muito bem-vindo à segunda aula do curso de Incerteza da Medição.

Na aula de hoje vamos falar sobre um assunto que usamos com frequência em nosso cotidiano. Vamos falar sobre probabilidade...

Ao final dessa aula, serão disponibilizados exercícios para fixação, lembre-se de fazê-los, pois assim você poderá verificar se realmente compreendeu o assunto trabalhado nessa aula.

Bons estudos!

Introdução à probabilidade

A Metrologia não é uma ciência absoluta, e sim uma ciência probabilística. Ela se baseia em probabilidades de ocorrência e se utiliza da estatística como ferramenta de análise. Daí a importância do conhecimento de conceitos estatísticos básicos.

Você já apostou alguma vez na Mega-Sena? Sabe qual é sua chance de ganhar? Para quem nunca apostou, nesse concurso os apostadores escolhem 6 números, em uma cartela com dezenas de 1 a 60. São sorteadas 6 dezenas, e quem acertar as seis dezenas ganha, normalmente, alguns milhões de reais.

Segundo a Caixa Econômica Federal (CEF), a chance de ganhar, apostando seis dezenas, é de uma em 50 milhões. Sim, a chance é bem pequena. Se você quiser, a CEF permite jogar até 15 dezenas na mesma cartela, e sua chance de ganhar passa a ser uma em 10 mil, ou seja, você terá 5000 vezes mais chance de acerto (mas vou avisando, sua aposta ficará 5000 vezes mais cara!).

Certo, mas, como chegamos nesses valores? Como é que descobrimos a chance de um certo evento acontecer?

É aqui que entra o conceito de probabilidade. Se quisermos saber a chance de algo acontecer, devemos, primeiro, descobrir quantas são as possibilidades para aquele evento ocorrer.

Quer um exemplo? Vamos a ele:

Maria ficou grávida de gêmeos, mas ela ainda não sabe o sexo dos bebês. Supondo que a chance de cada bebê ser menino ou menina é a mesma, vamos ver quais são as possibilidades de sexo para cada um eles?

Para facilitar o entendimento vamos pensar na ordem de nascimento deles, ok?
Então vejamos:

Possibilidade	1° Bebê a nascer	2° Bebê a nascer
1	Menino	Menino
2	Menina	Menino
3	Menino	Menina
4	Menina	Menina

Temos 4 possibilidades, duas onde Maria terá um casal, uma onde ela terá dois meninos e uma onde ela terá duas meninas.

Portanto, se quisermos saber a chance de ela ter dois meninos, devemos dividir o número de possibilidades onde tem-se dois meninos pelo número de possibilidades total. Logo:

$$Chance\ de\ ter\ 2\ meninos = \frac{1}{4} = 0{,}25 = 25\%$$

De forma análoga, as chances de termos duas meninas ficam assim:

$$Chance\ de\ ter\ 2\ meninas = \frac{1}{4} = 0{,}25 = 25\%$$

Agora, se Maria quiser ter um casal, as chances são um pouco maiores, já que temos duas possibilidades onde isso ocorre. Logo, a chance dela ter um casal será dada por:

$$Chance\ de\ ter\ 1\ menino\ e\ 1\ menina = \frac{2}{4} = 0{,}50 = 50\%$$

O mesmo ocorre para qualquer outro evento.

Vamos voltar ao caso da Mega-Sena.

Quantas são as combinações possíveis de 6 dezenas em 60 números a escolher (de 1 a 60)?

O cálculo é um pouco complicado, mas o número final será esse:

$$50.063.860$$

Mais de 50 milhões de possibilidades. Se você fizer apenas um jogo, a sua chance de ganhar é:

$$Chance\ de\ ganhar\ na\ Mega\ Sena = \frac{1}{50.063.860} \approx 0{,}00000002 = 0{,}000002\%$$

Agora, se você apostar em 2 combinações diferentes:

$$Chance\ de\ ganhar\ na\ Mega\ Sena = \frac{2}{50.063.860} \approx 0{,}00000004 = 0{,}000004\%$$

E se você apostar 10 combinações:

$$Chance\ de\ ganhar\ na\ Mega\ Sena = \frac{10}{50.063.860} \approx 0{,}0000002 = 0{,}00002\%$$

Então a chance é bem pequena mesmo. Segundo o site Mega curioso, é mais fácil você ser mordido por uma cobra venenosa (1 chance em 3,5 milhões) ou ser atingido por um raio (1 em 1 milhão) do que ganhar na Mega-Sena. Na verdade, é bem mais fácil você ganhar uma medalha olímpica (1 chance em 662 mil) do que ganhar o prêmio da Mega-Sena.

Mas fique tranquilo, a chance da sua casa ser destruída por um meteoro é bem menor, é de apenas 1 em 182 trilhões. Ufa!

Bom, mas continuando...

Função distribuição de probabilidades

Entende-se por função distribuição de probabilidade a relação entre uma determinada variável aleatória x e a probabilidade de sua ocorrência p(x).

Complicado?
Calma, vamos por partes. Primeiro vamos definir o que vem a ser uma **função**.

Uma **função matemática** nada mais é do que uma lei que estabelece **uma relação entre uma variável independente**, vamos chama-la de ***x*****, e uma variável dependente**, que neste caso vamos chamar de ***y***. Bom, se y depende de x, toda vez que alterarmos o valor de **x**, o valor de **y** também mudará, afinal, y é uma variável dependente de x.

Quer ver um exemplo?

Wesley é garçom em um restaurante, e ele sempre recebe, além de seu salário, 10% sobre o valor da conta de cada cliente que ele atende durante o dia. É o que chamamos de gorjeta, ou taxa de serviço. O valor da gorjeta sempre **depende** do valor da conta do cliente, portanto podemos dizer que o valor da gorjeta é uma função do valor da conta do cliente.

Se colocarmos em fórmula matemática:

$$valor\ da\ gorjeta = \frac{conta\ do\ cliente}{10}$$

Se chamarmos o valor da conta do cliente de **x** (variável independente) e o valor da gorjeta de **y** (variável dependente), então teremos:

$$y = \frac{x}{10}$$

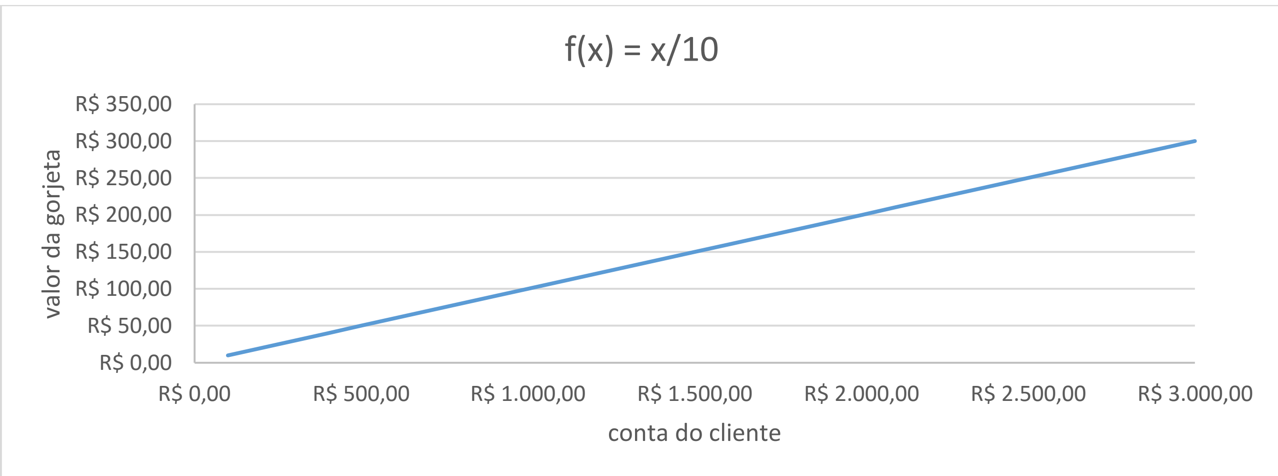
Para deixar mais explícita a relação entre **x** e **y**, usamos a notação **f(x)** para designar a variável dependente **(y)**.

Então fica assim:

$$f(x) = \frac{x}{10}$$

Um dos recursos mais legais que podemos usar com funções matemáticas é a construção de gráficos.

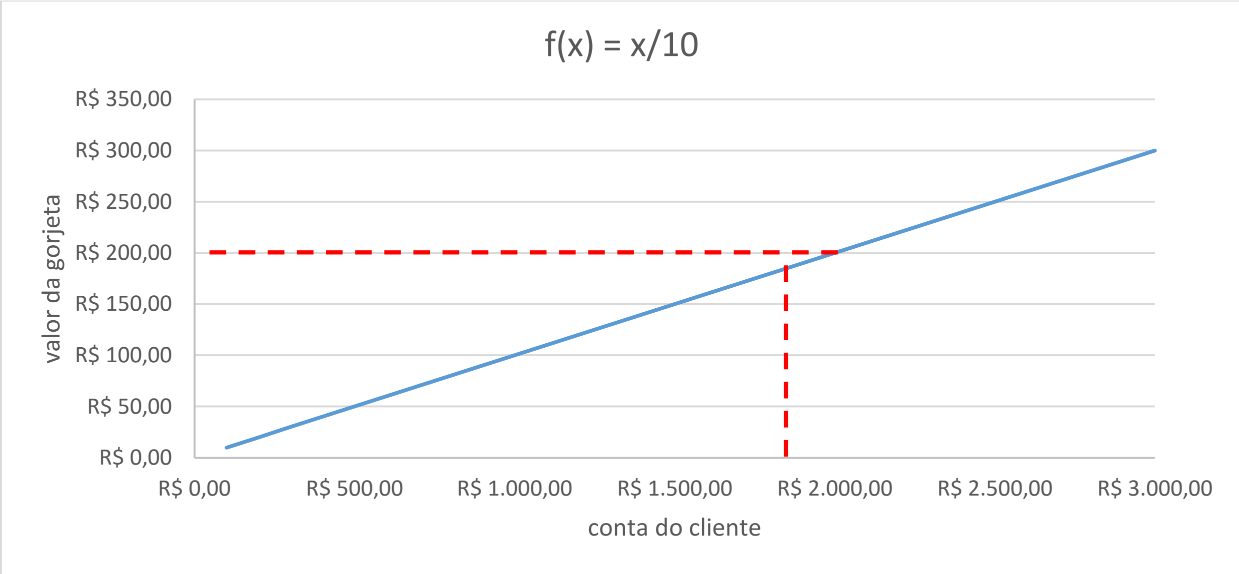
Com um gráfico, podemos analisar o comportamento de uma função de forma mais clara, ver como é sua evolução em função de sua variável independente. Se **plotarmos** a função que define o valor da gorjeta, teremos o seguinte gráfico:



Para "ler" o gráfico é muito simples. Ache o valor da conta no eixo horizontal (eixo **x**) e trace uma linha vertical até interceptar a curva do gráfico. Marque esse ponto e então trace uma linha horizontal a partir desse ponto até "bater" no eixo vertical (eixo **y**). Dessa forma você sabe automaticamente o valor da função **y** quando escolhido um valor para a variável independente **x**.

Abaixo mostramos um exemplo no qual o cliente gastou R$ 2000,00 reais na conta do restaurante.

Observe:



Perceba que com a ajuda do gráfico, pudemos descobrir o valor da gorjeta de Wesley, que nesse caso, foi de R$ 200,00.

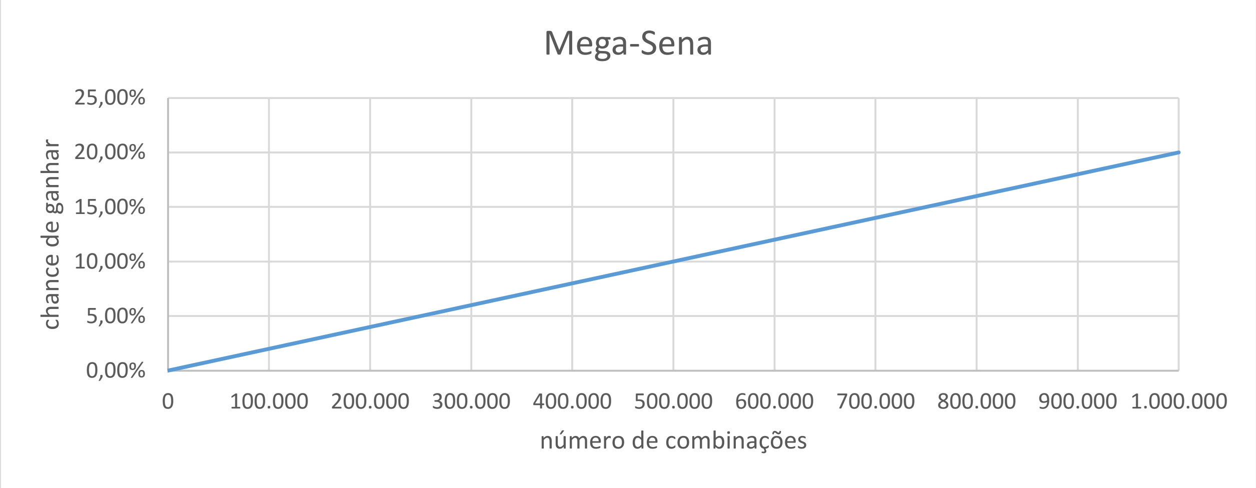
Voltando a questão das probabilidades...

A probabilidade da ocorrência de um determinado evento também pode ser descrita na forma de uma função.

Lembra do exemplo da Mega-Sena?

Podemos dizer que a probabilidade de você ganhar na Mega-Sena é uma função que depende da quantidade de combinações que você apostar. Quanto maior o número de combinações jogadas (**x**) maior é sua chance de ganhar (**f(x)**).

Vamos ver como fica no gráfico?



O que temos acima é a distribuição de probabilidade de uma pessoa qualquer (como eu e você) de acertar na Mega-Sena. Em estatística, a **função que descreve a probabilidade de um evento qualquer ocorrer** é denominada **função distribuição de probabilidade**. Esse conceito é de fundamental importância para muitas áreas do conhecimento, como a física, geografia, ciências da computação e também para a metrologia.

Mas não se apresse, ainda precisamos aprofundar um pouco mais nossos conhecimentos sobre distribuições de probabilidade.

Acompanhe!

Distribuição discreta

A Distribuição discreta descreve quantidades aleatórias que podem assumir valores particulares finitos.

Não entendeu?

Então vamos pensar na probabilidade de ganharmos no cara ou coroa como uma função de probabilidades, nesse caso, a variável **x** aleatória é a face da moeda, e a probabilidade de sua ocorrência que chamaremos de **p(x)** é a função de distribuição de probabilidades.

Vejamos:

Se eu escolher cara, e você escolher coroa, qual a chance que você tem de ganhar ao jogarmos a moeda para cima?
E qual é a minha chance de ganhar?
Se a moeda for honesta, nós dois teremos a mesma chance de ganhar, logo, 50% de chances para cada um.

Você vence: 50%
Eu venço: 50%
Certo, agora pense comigo, será que existe alguma chance de, jogarmos a moeda e nenhum de nós vencer?

Isso mesmo! Não há essa possibilidade, assim como também não há a chance de vencermos no jogo simultaneamente.

Logo: Nenhum vence: 0%
Os dois vencem: 0%

Portanto, se quisermos descrever o cara ou coroa como uma função de distribuição de probabilidades, teremos o seguinte:

$$p(x) = 0{,}5 = \frac{1}{2} = 50\%$$

Onde **x** pode assumir apenas dois valores possíveis: cara, ou coroa.

Toda vez que uma determinada variável **x** puder assumir apenas certos valores pré-determinados, dizemos que a distribuição de probabilidades de **x**, a **p(x)**, é uma **distribuição de probabilidade discreta**.

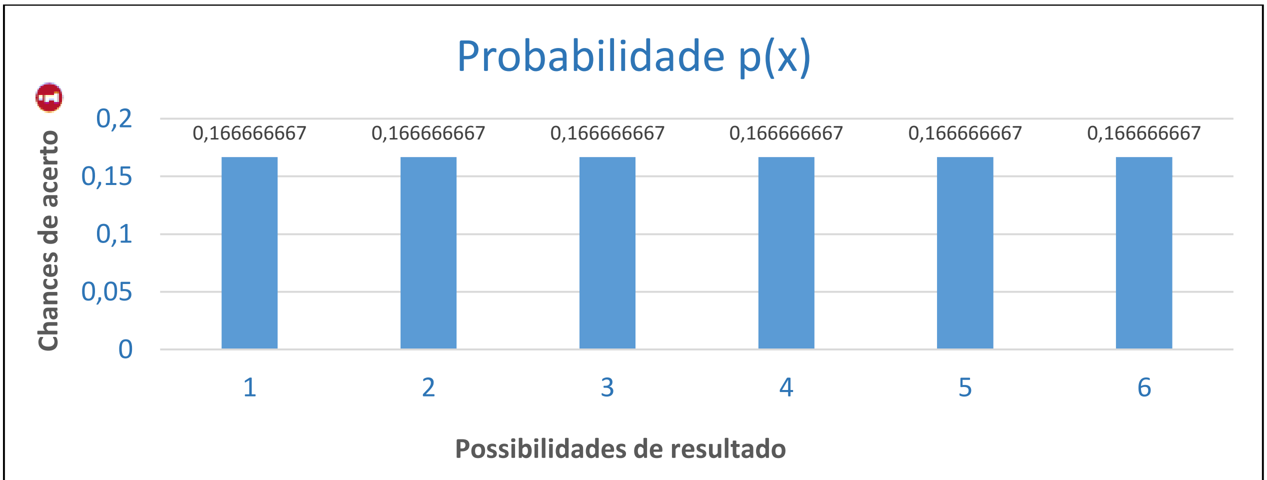
Vamos a um segundo exemplo:

Imagine um dado e os valores que ele pode assumir, considere esses valores, que vão de 1 a 6, como uma variável aleatória **x**. Teremos, então que: **x** = (1; 2; 3; 4; 5; 6). Ao lançarmos este dado, a probabilidade de x assumir qualquer um dos valores é de 1 para 6, (um sexto), ou seja:

$$p(x) = \frac{1}{6}$$

Observe que ao lançarmos um dado não podemos encontrar, por exemplo, valores como 1,4 ou 5,75. Assim, a distribuição de probabilidade **p(x)** desta **variável é discreta** porque a variável **não pode assumir valores intermediários**.

Observe o gráfico a seguir:



Note também que, todos os valores têm a mesma chance de ocorrer, ou seja, não há um valor favorito ou mais provável, todos tem 16,67% de chance.

Agora vamos fazer um exercício de imaginação e alterar o nosso dado.

Primeiro imagine um dado normal...

Ele é assim:

Valor	Números de faces
●	1
●●	1
●●●	1
●●●●	1
●●●●●	1
●●●●●●	1

Agora vamos fazer o seguinte:

Valor	
●●●	Pintar mais duas bolinhas na face que só tem uma bolinha
●●	
●●●	
●●●~~●~~	Retirar uma bolinha da face que tem 4 bolinhas
●●●●●	
●●●●●●	

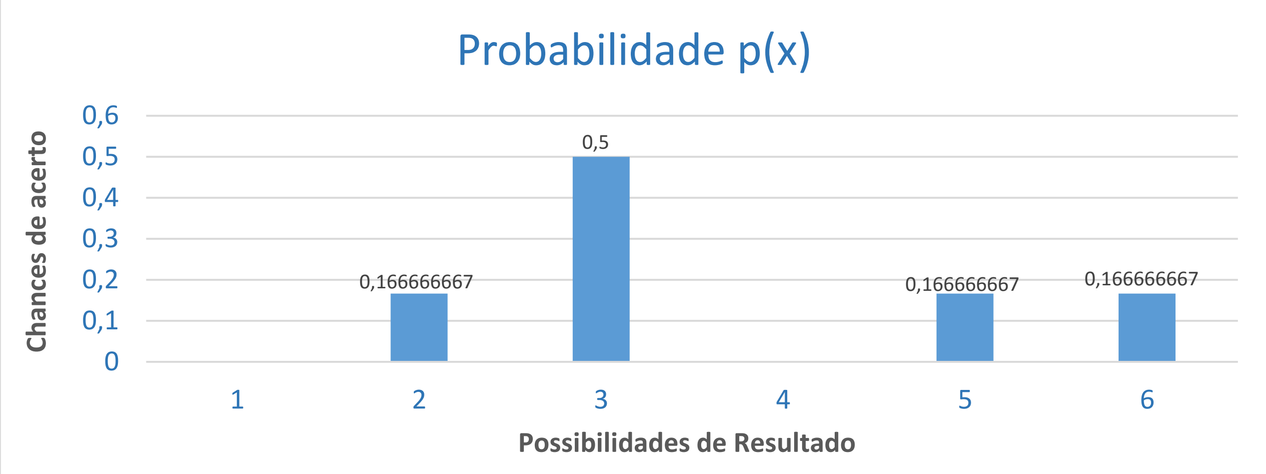
Então nosso dado alterado ficará assim:

Valor	Números de faces
●	0
●●	1
●●●	3
●●●●	0
●●●●●	1
●●●●●●	1

Agora vamos escrever as chances de cada valor ocorrer nesse caso?

Valor	Números de faces	Probabilidade
●	0	0/6
●●	1	1/6
●●●	3	3/6
●●●●	0	0/6
●●●●●	1	1/6
●●●●●●	1	1/6

Vamos montar o gráfico novamente:



Você percebeu que agora temos um “favorito”?
Exato! É o número 3...

Se fôssemos apostar, certamente apostaríamos no número 3, porque ele tem 50% de chances de cair, muito mais números 2, 5 e 6, que tem 16,67% de chances. Os números 1 e 4 estão piores ainda, pois tem 0% de chance de sair, portanto, se quiser alguma chance de ganhar, não aposte neles...

Vamos ao próximo conceito?

Distribuição contínua

A distribuição contínua descreve as probabilidades dos possíveis valores de uma variável aleatória contínua. Uma variável aleatória contínua é uma variável aleatória, com um conjunto de valores possíveis e esse conjunto de valores é infinito e incalculável.

As probabilidades de variáveis aleatórias contínuas (**x**) são definidas como a área sob a curva da sua distribuição. Assim, apenas as faixas de valores podem ter uma probabilidade diferente de zero. A probabilidade de que uma variável aleatória contínua seja igual a algum valor é sempre zero.

E o que isso significa?

Nem sempre uma variável irá assumir apenas um número limitado de possibilidades. Pense no seu dia a dia, na conta de luz, por exemplo. Toda casa, dependendo da época do ano, tem um consumo médio de energia elétrica, que pode variar um pouco de um mês para o outro. Se gastarmos mais energia que o habitual, tomando banhos mais demorados ou usando mais o ferro de passar, a conta virá acima da média, mas se tomarmos medidas simples como apagar a luz toda vez que sair de um cômodo, ou desligar aparelhos que não estão sendo utilizados, o valor da conta será abaixo da média.

Mas quanto será a variação da conta, em reais? Não sei, depende do quanto você economizar ou não. Pode ser alguns centavos ou até dezenas de reais, dependendo das medidas que você tomar.

Imagine o seguinte:

Se uma pessoa tem, em sua casa, um consumo médio de energia elétrica de 200 kWh por mês, sua conta de luz dará mais ou menos uns R$ 138,00.

Se pensarmos apenas no valor da conta, podemos dizer que 138 reais é a média central do nosso exemplo.

Portanto, se nós fôssemos tentar adivinhar o valor da próxima conta de luz dessa pessoa, certamente R$ 138,00 seria o melhor "chute" que poderíamos dar.

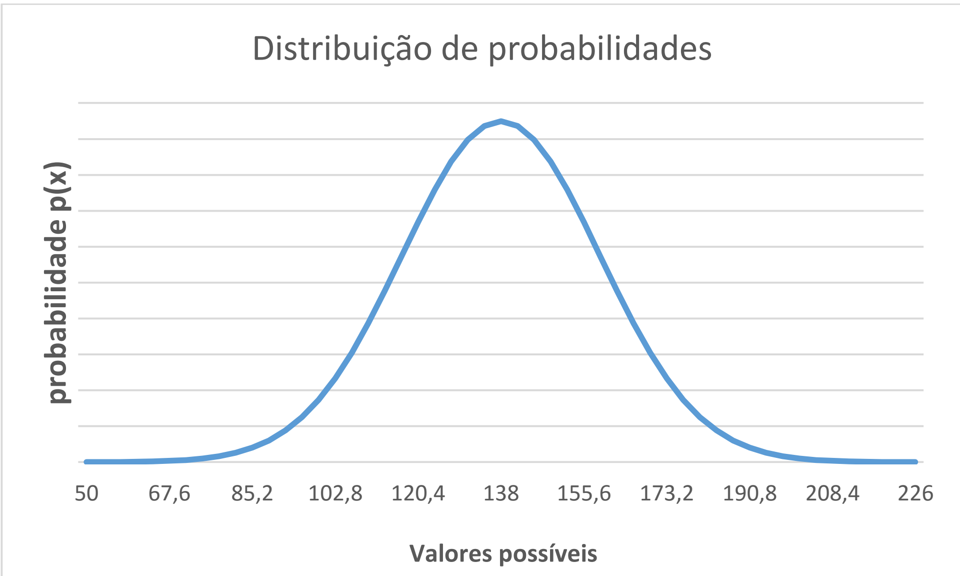
Certo, mas agora pense, em condições normais, o valor da conta dessa pessoa pode vir, por exemplo, R$ 138,42 em um mês e R$ 137,58 no outro. A média ainda será 138 nos dois meses, e esse valor, mesmo que não tenha aparecido "exato", ainda será o valor mais provável para a conta dela.

Nesse caso, o valor 138 é a média, ou seja, o valor isolado que tem maior chance de aparecer, mesmo ele nunca tenha aparecido com exatidão.

Agora pense no valor R$ 85,00, você acha que ele tem grande ou pequena chance de aparecer na conta de luz dessa mesma pessoa? E o R$ 956,00? E o R$ 4,75? E o R$ 1458,00?

A chance de vir um valor desses é muito pequena porque está muito longe da realidade cotidiana dessa pessoa. A menos que ela compre um secador de cabelo industrial, ou passe a iluminar a casa apenas com velas, ou que a empresa de energia elétrica aumente a tarifa em 10 vezes, não existe muitas chances de ela ter uma conta de luz muito diferente de 138 reais.

Agora vamos ver como ficaria a distribuição de probabilidades, supondo um **desvio padrão** de 20 reais.



Veja que a probabilidade de ocorrência de cada valor individual é pequena, mas é muito maior nos valores próximos à média. Sempre que nos afastamos do valor central, para mais ou para menos, o valor da probabilidade, p(x), diminui drasticamente.

Lembre-se também que qualquer valor sempre será possível, logo, valores muito distantes da média tem uma probabilidade pequena, portanto maior que zero, de ocorrer. É o mesmo que se perguntar "há alguma chance de eu achar um pote de ouro perdido?" Há sim! A chance é bem pequena, MAS ELA EXISTE. Portanto siga tentando...

E se quisermos representar matematicamente isso ficaria assim: $p(0)>0$ assim como a $p(+\infty)>0$

Vamos a mais um exemplo.

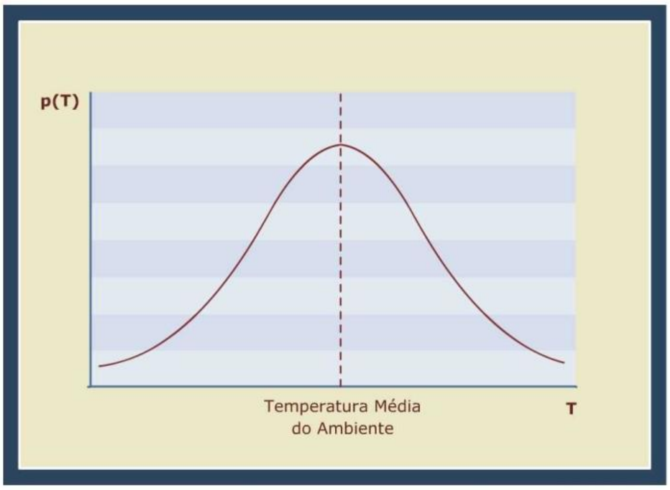
Imagine uma situação, na qual a temperatura ambiente de um laboratório vem sendo monitorada e medida ao longo de um dia.

Normalmente, a temperatura é mais baixa pela manhã e vai aumentando progressivamente até estabilizar.
Conforme a tarde avança e o sol vai baixando, a temperatura vai diminuindo até o anoitecer.

Digamos pela manhã a temperatura estivesse em 18°C e durante a tarde ela chegasse a 22°C, isso dá uma média de 20°C durante esse dia. Então poderíamos ter, ao longo do dia, qualquer temperatura entre 18°C e 22°C, como por exemplo 19,2 ou 21,5°C, mas a temperatura com maior probabilidade continuaria sendo 20°C, pois esse é o valor central, ou seja, a média encontrada entre as temperaturas máximas e mínimas registradas durante o dia.

Visto isso, você concorda que a temperatura ambiente é uma variável contínua, pois ela pode assumir qualquer valor ao longo do dia? Desta forma, a distribuição de probabilidade também será contínua.

Se traçarmos uma curva de distribuição dos valores medidos e considerarmos que a temperatura média do laboratório é o valor central desta distribuição, a função distribuição de probabilidade da temperatura terá a seguinte forma:



Nesse caso, a temperatura média do ambiente é o valor central dessa distribuição, e, portanto, é o valor com maior probabilidade de ocorrência. À medida que nos afastamos da temperatura média, para mais ou para menos, a probabilidade **p(T)** diminui de forma contínua até valores muito pequenos.

Observação

Devemos notar uma importante propriedade de qualquer função distribuição de probabilidade **p(x)**:

$$P(-\infty < x < +\infty) = 1$$

Isto é, o somatório dos valores de **p(x)**, no caso de distribuição discreta, ou a integral de **p(x)**, no caso de distribuição contínua, entre os limites $-\infty$ e $+\infty$, que corresponde à probabilidade de **x** estar dentro dos limites, sempre resulta em 1.

Na prática, isso significa dizer que, a chance de ocorrer qualquer valor de **x**, entre menos e mais infinito será de 100%. É como se você pudesse apostar em todos os números de uma roleta, ou em todos os cavalos em uma corrida, sua chance de ganhar será de 100%.

No exemplo dado, o somatório de p(x) será:

$$\mathrm{p}(-\infty < x < +\infty) = \mathrm{p}(1 \leq \mathrm{x} \leq 6) = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = 1$$

No caso da temperatura do laboratório, a **área abaixo da curva**, que representa a integral da função, também valerá 1, ou seja:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \mathrm{p(T)dT} = 1$$

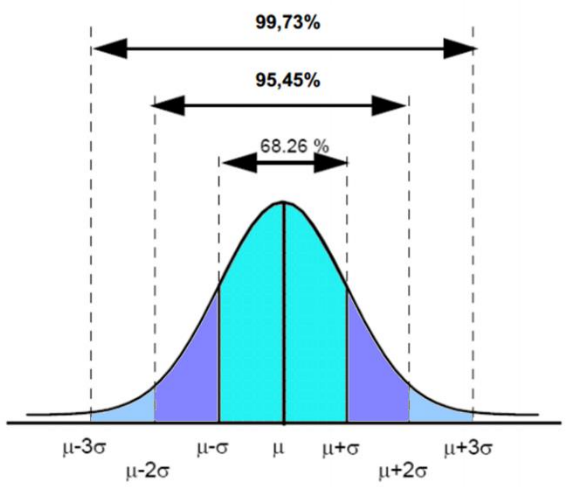
Entendido?

As distribuições contínuas de probabilidades mais utilizadas na Metrologia são a Normal ou Gaussiana, Uniforme ou Retangular, Triangular e t-Student.

Vamos a elas:

Distribuição normal

A distribuição Normal ou Gaussiana é, sem dúvida, a mais importante das distribuições de probabilidade dentre as usadas na Metrologia, pois além de descrever uma série de fenômenos físicos e financeiros, possui grande uso na estatística inferencial.



A distribuição Normal é inteiramente descrita por seus parâmetros de média e desvio padrão, isso significa que, conhecendo estes valores consegue-se determinar qualquer probabilidade em uma distribuição Normal.

Como você pode observar na imagem ao lado, a função densidade de probabilidade p(x) da distribuição normal tem a forma de um sino.

O valor central, **μ**, representa a **média**, e **σ** representa o **desvio padrão**. Pode-se se notar que, partindo-se da média, ao nos deslocarmos um desvio, para mais e para menos, temos um intervalo que engloba 68,26% da população de valores possíveis. Se nos deslocarmos dois desvios, o intervalo terá uma abrangência de 95,45%, e se o intervalo for de ±3σ, teremos 99,73% dos valores próximos à média.

Veja a expressão matemática dessa distribuição:

$$\mathrm{p(x)} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-z^2}{2}}$$

Onde $\mathrm{z} = \frac{\mathrm{x}-\mu}{\sigma}$, **μ** é a média e **σ** é o desvio padrão.

Mas você deve estar se perguntando "Nossa! Preciso mesmo entender essa equação?"

Não se preocupe, o objetivo aqui não é esse. A fórmula só está aqui para que você veja de onde saíram os valores da Tabela de Distribuição Normal, na qual estão tabelados os valores de probabilidade dessa curva.

Lembrando que essa função descreve a curva normal, logo, se integrarmos essa função teremos a área abaixo da curva, que representa o grau de abrangência do intervalo selecionado.

Quanto maior o número de medições feitas de um mesmo mensurando, mais próximos de uma curva normal os seus valores se ficarão. Assim, se forem realizadas infinitas medições chegaremos a uma distribuição normal.

Traduzindo em miúdos: Se você fizer uma pesquisa com duas ou três pessoas, terá uma distribuição, mas se você for aumentando o número de entrevistados, quando chegar na casa dos milhares, terá uma curva normal perfeita em suas mãos.

Quer conhecer a tabela de distribuição normal? Então clique aqui...

Continuando...

Teorema do limite central

Existe um teorema, denominado teorema do limite central, que demonstra que:

Qualquer que seja a distribuição da variável de interesse, a distribuição das médias amostrais tenderá para uma distribuição normal à medida que o tamanho de amostra cresce.

Pode-se ter uma variável original com uma distribuição muito diferente da normal, pode até mesmo ser discreta, mas se tomarmos várias amostras desta distribuição e fizermos um **histograma** das médias amostrais, a forma tenderá a uma curva normal.

E próxima distribuição é:

Continuando...

Distribuição retangular ou uniforme

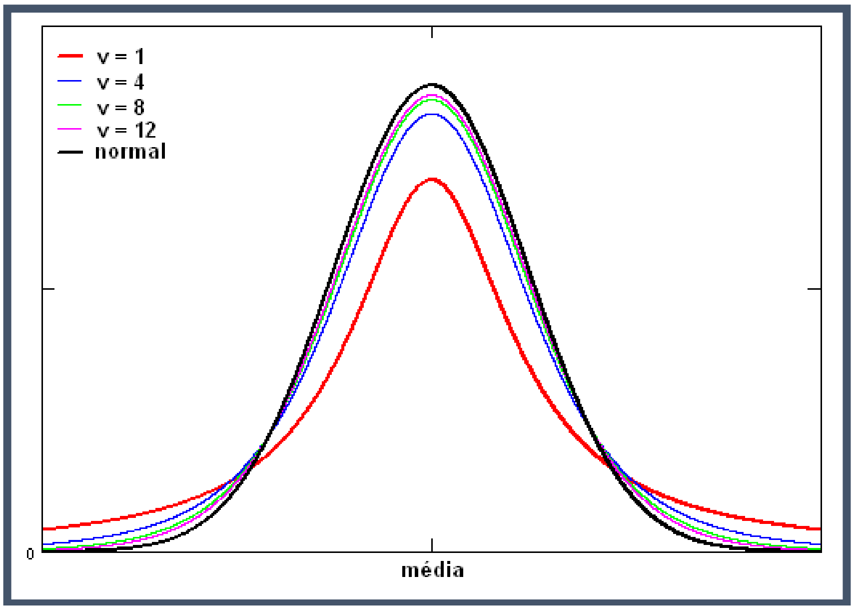
Distribuição t-Student

A distribuição t é uma distribuição de probabilidade teórica. É simétrica, em forma de sino, e semelhante à curva normal padrão, porém com caudas mais largas. Uma simulação da t de Student pode gerar valores mais extremos que uma simulação da normal.

Como vimos anteriormente, é necessário um grande número de medições para se obter uma distribuição próxima à normal.

Como nem sempre é viável realizar 30 medições de um mesmo mensurando devemos aplicar um fator de correção, aproximando a distribuição de pequenos valores a uma distribuição normal.

Este fator, conhecido como fator de abrangência (k), é tabelado em função do tamanho da amostra **n** (ou do grau de liberdade **v = n-1**) e da probabilidade de abrangência desejada **p**.

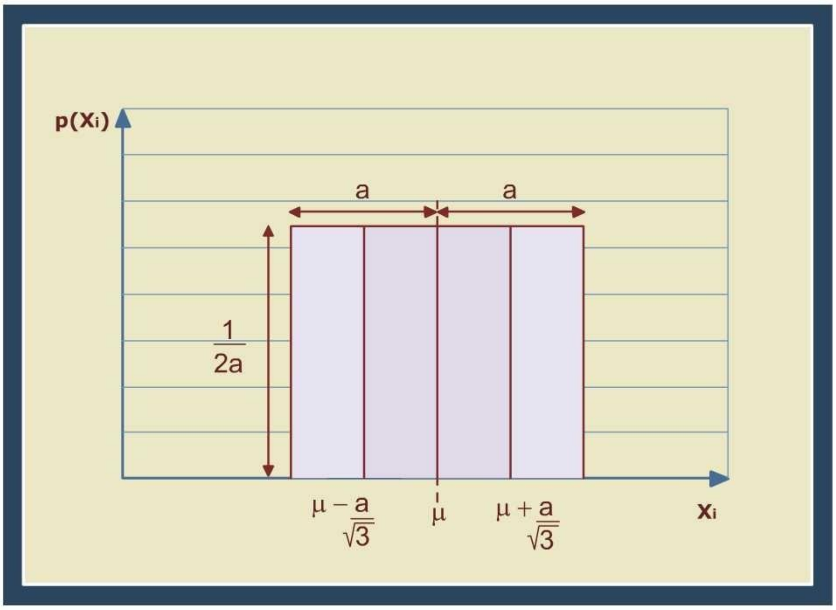


Como pudemos observar, quanto maior o número de amostras, e consequentemente o número de graus de liberdade, mais a curva t-Student se aproxima da curva normal.

Na Metrologia, seguindo as diretrizes do documento internacional Guia para Expressão da Incerteza de Medição – GUM, devemos considerar a probabilidade de abrangência de 95,45%.

Se não tivermos a média da população **μ** (como na distribuição normal) e sim a média da amostra $\bar{\mathbf{x}}$ (distribuição t-Student), verificaremos que a média da população sempre estará compreendida no intervalo x ± k . s(x), onde **k** é o fator de abrangência e **s(x)** o desvio padrão da média.

Quando a distribuição de probabilidade for constante num intervalo definido, estaremos diante de uma distribuição uniforme ou retangular. Perceba que, dentro do intervalo em torno do valor central **μ**, a probabilidade de ocorrência de que qualquer um desses valores é rigorosamente a mesma.



Onde o desvio padrão da distribuição retangular é dado pela equação abaixo:

$$s = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

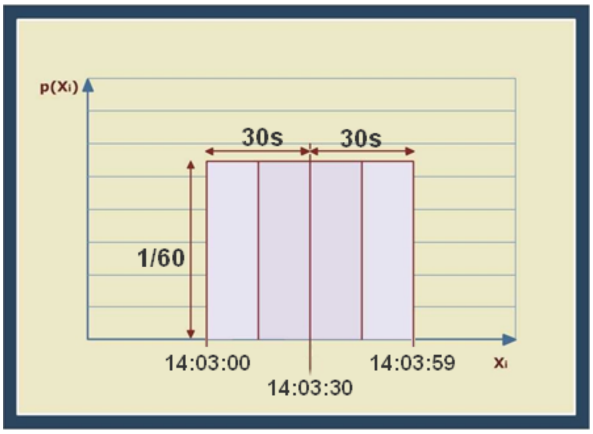
Onde a equivale à metade do intervalo atribuído à distribuição.

Exemplo:

Suponha que você esteja olhando para um relógio digital que marca 14:03. Agora imagine que você queira saber até mesmo o valor dos segundos.

Como o relógio não marca os segundos, existe uma certa incerteza acerca do intervalo de tempo que vai de 14:03:00 até 14:03:59. Certo?

Logo teríamos:



Onde *a* é igual a 30 segundos. Logo, o desvio padrão do período de um minuto é igual a:

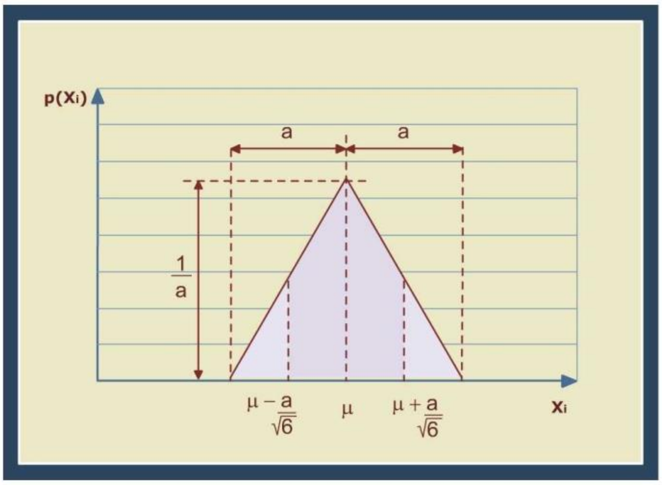
$$s = \frac{30}{\sqrt{3}} = 17{,}2\ segundos$$

Portanto, se te perguntarem a hora "precisa", você poderá dizer:

São $14{:}03{:}30\ \pm 17{,}2\ segundos$

Distribuição triangular

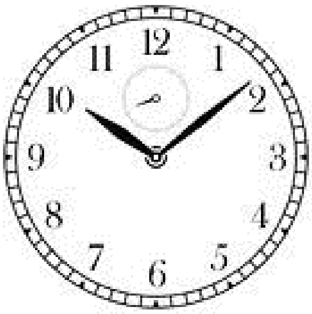
Quando a distribuição de probabilidade for maior na parte central, num intervalo definido, e decair linearmente nas extremidades, estaremos diante de uma distribuição triangular.



Onde o desvio padrão da distribuição triangular é dado pela equação abaixo:

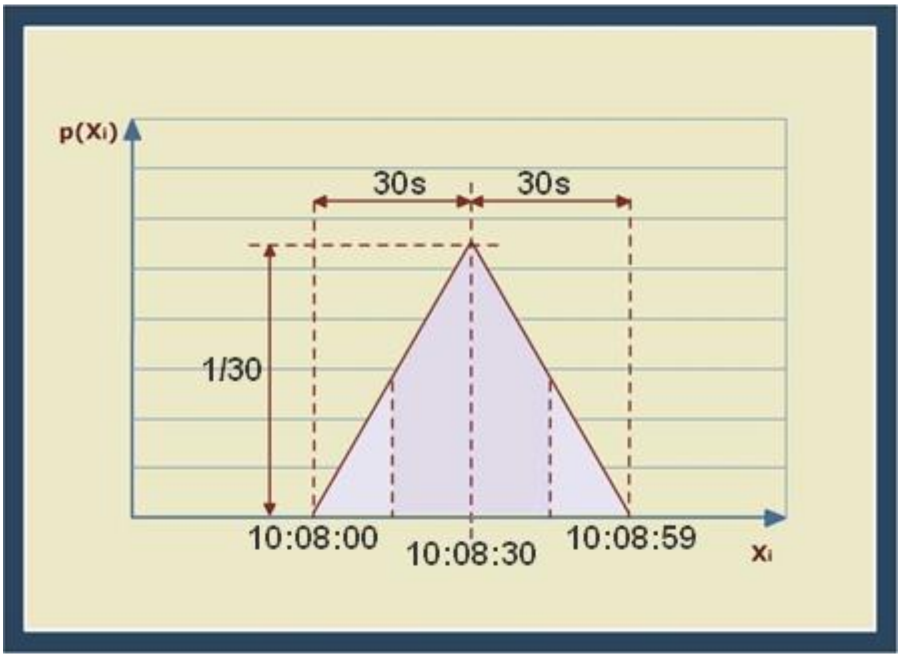
$$s = \frac{a}{\sqrt{6}}$$

Suponha agora que você precisa determinar as horas a partir de um relógio analógico. Você olha para o relógio e vê:



Pergunto, que horas são? Dez e oito? Dez e nove? Dez e oito, e alguma coisa... Bem, esse é um clássico caso de distribuição de probabilidade triangular. Temos os valores extremos: não é menos de dez e oito, mas não é mais que dez e nove. Porém há uma probabilidade maior que o valor real esteja bem no centro do intervalo.

Logo teríamos:



Onde “a” é igual a 30 segundos. Logo, o desvio padrão do período de um minuto é igual a:

$$s = \frac{30}{\sqrt{6}} = 12{,}2 \; segundos$$

Portanto, se te perguntarem a hora “precisa”, você poderá dizer:

São $10{:}\,08{:}\,30\ \pm 12{,}2\ segundos$

Interessante não é?

Bom, a aula de hoje fica por aqui...

Na próxima aula você verá que erro e incerteza não são a mesma coisa, e além disso existem tipos diferentes de erros e de incerteza. Não fique fora dessa!

Lembre-se de fazer os exercícios de fixação e se ficar com alguma “incerteza”, acesse o fórum de dúvidas da aula dois que teremos prazer em lhe ajudar!

Bons estudos!