



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Matemática
Programa de Mestrado Profissional
em Matemática em Rede Nacional



Produto Educacional: Sequências Investigativas para o Ensino Introdutório de Testes de Hipótese no Ensino Médio

Matheus Rodrigues de Andrade

Brasília

28 de maio de 2026

Matheus Rodrigues de Andrade

**Produto Educacional: Sequências Investigativas para o
Ensino Introdutório de Testes de Hipótese no Ensino
Médio**

Trabalho apresentado ao Departamento de
Matemática da Universidade de Brasília, no
âmbito do Programa PROFMAT.

Universidade de Brasília - UnB
Departamento de Matemática - MAT
PROFMAT - SBM

Orientador: Pr Dr Ricardo Ramos Fragelli

Brasília
28 de maio de 2026

Lista de ilustrações

Figura 1	–	Representação gráfica da distribuição normal padrão.	10
Figura 2	–	Regra empírica da distribuição normal.	10
Figura 3	–	Representação da região crítica com $\alpha = 5\%$	13
Figura 4	–	Representação da região crítica na distribuição qui-quadrado.	19
Figura 5	–	Distribuição qui-quadrado para $gl = 2$ e região crítica com $\alpha = 5\%$. . .	20
Figura 6	–	Distribuição qui-quadrado para $gl = 5$ e região crítica com $\alpha = 5\%$. . .	23

Lista de tabelas

Tabela 1 – Valores Esperados.	16
Tabela 2 – Valores Esperados	21
Tabela 3 – Tabela de contingência para os dados observados.	25
Tabela 4 – Tabela de frequências esperadas.	26
Tabela 5 – Tabela para o cálculo da estatística χ^2	27
Tabela 6 – Tabela de frequências observadas.	31
Tabela 7 – Tabela de frequências esperadas.	32
Tabela 8 – Tabela para o cálculo da estatística χ^2	33
Tabela 9 – Tabela para coleta dos dados experimentais.	38

Sumário

	CARTA AO LEITOR	5
1	INTRODUÇÃO	6
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
2.1	Teste de Hipótese: Ideias e Conceitos Gerais	8
2.2	Distribuição Normal: Abordagem Empírica	9
2.3	Distribuição Normal e Teste de Hipótese	11
2.4	Teste Qui-Quadrado (χ^2) de Independência	14
2.5	Teste χ^2 de Aderência	20
3	SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA I: EXISTE RELAÇÃO ENTRE A COR E O TIPO DOS M&MS?	24
4	SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA II: COM SABER SE UM DADO É REALMENTE JUSTO?	30
5	SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA III: QUAL MÃO É A MAIS VELOZ, A DOMINANTE OU A NÃO DOMINANTE?	36
	REFERÊNCIAS	41
	APÊNDICES	42
	APÊNDICE A – TUTORIAL PARA REALIZAR O TESTE DE ADE- RÊNCIA χ^2 NA CALCULADORA GRÁFICA TI-84	43
	APÊNDICE B – TUTORIAL PARA REALIZAR O TESTE t PARA DUAS AMOSTRAS NA CALCULADORA GRÁ- FICA TI-84	44

Carta ao Leitor

Caro leitor,

É com muita satisfação que apresento esse produto educacional, gerado a partir de muita pesquisa sobre a forma como o currículo de Estatística é abordado internacionalmente e também na forma como é ensinado.

Ao longo da minha experiência como professor de Matemática no Ensino Médio, percebi que muitos estudantes conseguem aplicar as fórmulas de Estatística, mas apresentam dificuldades em interpretar os resultados e, principalmente, como aplicá-los.

Em muitos casos, a Estatística acaba sendo ensinada de maneira excessivamente laboral, distante de investigações reais e da tomada de decisão baseada em dados. Isso pode ser corroborado pela falta de uma progressão de dificuldade no currículo de estatística no Brasil, que foca quase que exclusivamente na parte Descritiva e limita a parte Inferencial.

Portanto, este material surgiu justamente da tentativa de aproximar conceitos mais complexos da Estatística Inferencial, especificamente os Testes de Hipótese, em um contexto mais investigativo, acessível e significativo para os estudantes do Ensino Médio.

Espero que esse material seja proveitoso para mostrar como conceitos que vão além do nosso currículo podem enriquecer a educação estatística brasileira.

Obrigado,

Matheus Andrade.

1 Introdução

O presente material é parte integrante da pesquisa desenvolvida no âmbito do Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT), vinculada à Universidade de Brasília (UnB), e está associada à dissertação intitulada “*Abordagens para o ensino de testes de hipótese no Ensino Médio: uma revisão sistemática e implicações para o currículo brasileiro*”.

O conteúdo de Estatística no Ensino Básico brasileiro é regido pela BNCC (Base Nacional Comum Curricular) e apresenta pontos fortes e fracos na sua abordagem. O documento defende uma progressividade dos conteúdos de estatística, desde a coleta dos dados até a descrição e interpretação dos mesmos. No entanto, ao ser comparada com currículos internacionais,

O Ensino de Estatística no Brasil tem no seu ponto central os conteúdos relacionados a Estatística Descritiva, como por exemplo:

- Dados Estatísticos;
- Análise de Dados por meio de Gráficos;
- Medidas de Tendência central (media, mediana e moda) e
- Medidas de Dispersão (amplitude, variância e desvio-padrão).

Entretanto, quando comparamos os assuntos abordados na BNCC com currículos internacionais, percebemos que a BNCC se mostra mais limitada com relação ao avanço de assuntos mais complicados na estatística, como por exemplo a Estatística Inferencial.

Um estudo conduzido por Silva e Figueiredo (2019) averigou as principais diferenças entre os currículos de estatística no Ensino Básico dos Estados Unidos, França e Espanha e percebeu o quanto a Estatística Inferencial está presente nesses currículos. Além disso, o mesmo estudo constatou como esses assuntos favorecem a aprendizagem estatística e como eles podem ser abordados progressivamente no Ensino Básico.

Outro autor, Henry (2010) analisou o currículo de Estatística da França nos anos 90, percebeu que, naquela época, o foco do ensino em Estatística era extramente processual, descritivo e raramente permitia levantar questões de inferência ou julgamento estatístico.

É curioso notar como o currículo atual de estatística no Brasil muito se assemelha com o que era ensinado a quase 30 anos atrás na França, o que mostra como o Brasil pode

estar atrasado no desenvolvimento de habilidades relacionadas à inferência estatística e ao raciocínio estatístico de maneira mais aprofundada

Portanto, este material tem por objetivo oferecer ferramentas pedagógicas, juntamente com o auxílio de recursos tecnológicos, que auxiliem no ensino de conceitos relacionados a Estatística Inferencial, adequado ao nível de complexidade dos alunos do Ensino Médio Brasileiro.

De maneira mais específica, este material apresenta três Sequências Investigativas, cada uma sobre um Teste de Hipótese diferente. Entretanto, para que os Testes de Hipótese façam mais sentido para os estudantes de Ensino Médio, é necessário construir uma Fundamentação Teórica, apresentada no próximo capítulo, sobre os principais conceitos e relacionados aos Testes de Hipótese e as principais Distribuições Estatísticas que as Investigações estão fundamentadas, como a Distribuição Normal, a Distribuição Uniforme e a Distribuição qui-quadrado.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Teste de Hipótese: Ideias e Conceitos Gerais

De acordo com Bussab e Morettin (2017, p. 330), o objetivo principal do teste estatístico de hipóteses é “fornecer uma metodologia que nos permita verificar se os dados amostrais trazem evidências que apoiem ou não uma hipótese (estatística) formulada”. Existem diferentes tipos de testes de hipótese que servem diferentes propósitos, todavia, todos esses testes seguem um processo geral que podemos explicar de uma forma mais simples a partir da seguinte sequência de etapas:

1. Associamos uma população a uma variável X e assumimos uma hipótese inicial sobre algum parâmetro ou característica populacional θ . Essa hipótese recebe o nome de hipótese nula (H_0) e normalmente significa uma situação inicial ou uma situação sem indício de uma mudança significativa do esperado, sendo representada como

$$H_0 : \theta = \theta_0, \quad (2.1)$$

sendo θ_0 o valor assumido como verdadeiro.

2. A partir disso, definimos também uma hipótese alternativa (H_1), que representa o evento que será considerado aceitável caso H_0 seja rejeitada. Podemos representá-lo como

$$H_1 : \theta \neq \theta_0 \quad (2.2)$$

Dependendo do contexto, também podemos representar essas alternativas da forma

$$H_1 : \theta < \theta_0 \quad \text{ou} \quad H_1 : \theta > \theta_0 \quad (2.3)$$

3. Como essas hipóteses representam suposições generalizadas sobre alguma característica de uma população, existe a probabilidade de cometermos erros. A literatura define os dois principais erros como:

- **Erro tipo I:** ocorre quando rejeitamos a hipótese nula sendo ela verdadeira. A probabilidade de cometermos tal erro é representada por α , sendo

$$\alpha = P(\text{rejeitar } H_0 \mid H_0 \text{ é verdadeira}) \quad (2.4)$$

- **Erro tipo II:** ocorre quando não rejeitamos a hipótese nula sendo ela falsa. A probabilidade de cometermos tal erro é representada por β , sendo

$$\beta = P(\text{não rejeitar } H_0 \mid H_0 \text{ é falsa}) \quad (2.5)$$

4. Por fim, coletamos os dados de uma amostra e analisamos se os resultados observados fornecem evidências suficientes para rejeitar ou não a hipótese nula.

A forma como definimos qual hipótese aceitar é a parte mais crucial desse tópico. O objetivo principal do teste de hipóteses é concluir se a hipótese H_0 pode ser aceita ou não. Matematicamente, essa decisão é tomada por meio da consideração de uma região crítica (RC). Caso o valor observado da estatística pertença a essa região, rejeitamos H_0 ; caso contrário, não rejeitamos H_0 ; e fazemos isso mostrando como a RC e o valor de α estão diretamente conectados.

Primeiramente escolhemos um *nível de significância*, que na prática representa a probabilidade máxima que aceitamos de cometer um erro tipo I, ou seja, rejeitar H_0 quando ela é verdadeira. O nível de significância é responsável por determinar a região crítica, ou seja, se o resultado observado cair nessa região, rejeitamos a hipótese nula. O nível de significância, o valor aceitável de α , é um valor arbitrário, mas geralmente é fixado em 10%, 5% ou 1%.

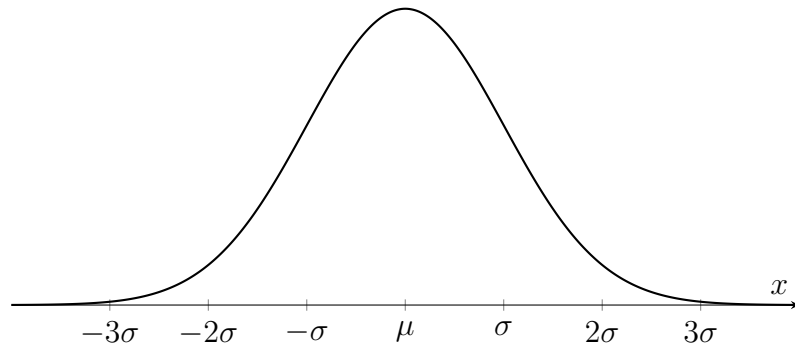
Por fim, o cálculo que estabelece uma região crítica depende não somente do nível de significância, mas também da forma como uma amostra está distribuída. Na prática, fica muito difícil para o estudante realmente entender testes de hipótese sem antes desenvolver uma boa intuição sobre como as distribuições funcionam, principalmente a *distribuição normal*. Ou seja, os conceitos de distribuição probabilística se tornam fundamentais na compreensão dos testes de hipótese, por isso iremos definir de maneira empírica e simplificada como uma distribuição normal funciona.

2.2 Distribuição Normal: Abordagem Empírica

Considerando uma população total como a área sob uma curva, se afirmamos que esta segue uma distribuição normal, então tal curva teria um formato bem próximo de um sino, tanto é que a curva normal também é chamada de *bell curve* (curva de sino), conforme ilustra a Figura 1.

Pode-se observar que tal curva possui uma área mais concentrada perto da média, μ , que pode ser explicada de forma simplificada através da regra empírica 68 – 95 – 99,7. Resumidamente, se 68% da população está aproximadamente a um desvio padrão distante da média ($-\sigma$ ou σ), 95% está aproximadamente a dois desvios padrão distante da média (-2σ ou 2σ) e 99,7% está a cerca de três desvios padrão distante da média (-3σ ou 3σ),

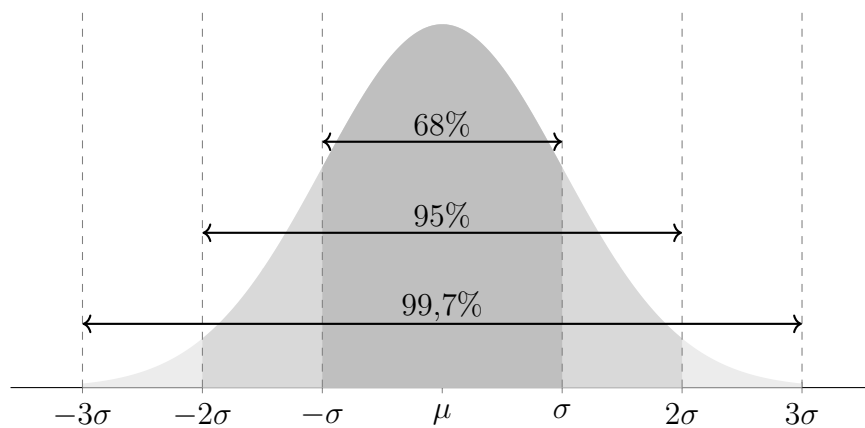
Figura 1 – Representação gráfica da distribuição normal padrão.



Fonte: Elaboração própria.

então assume-se que tal população segue uma distribuição normal, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 – Regra empírica da distribuição normal.



Fonte: Elaboração própria.

Com essa representação empírica, é totalmente plausível assumir que os estudantes da educação básica sejam capazes de fazer um esboço de uma curva normal, levando em conta que os conceitos de média e desvio padrão são facilmente desenvolvidos. Em uma abordagem mais avançada, também é possível descrever a curva normal como uma função densidade de probabilidade contínua. Porém, seria necessário desenvolver conceitos mais amplos, como o Cálculo Diferencial, por exemplo. Por isso iremos focar na representação empírica e utilizar recursos tecnológicos como ferramentas de auxílio para os próximos passos.

Muitas vezes os alunos acabam aprendendo apenas a apertar botões na calculadora ou seguir um algoritmo pronto, sem perceber o que está acontecendo por trás do teste. Mas quando eles compreendem ideias como distribuição dos dados, valores mais prováveis e valores extremos dentro de uma distribuição, começa a fazer muito mais sentido discutir região crítica, nível de significância e até a própria lógica de rejeitar ou não uma hipótese.

2.3 Distribuição Normal e Teste de Hipótese

Agora, unindo os conceitos de distribuição normal, podemos ilustrar como um teste de hipótese funciona a partir de uma situação problema:

Exemplo 1. *Uma máquina automática criada para encher pacotes de arroz opera de modo que o peso dos pacotes siga aproximadamente uma distribuição normal, com variância conhecida igual a 225 g^2 . A máquina foi regulada para que a média da quantidade de arroz nos pacotes seja $\mu = 1000\text{ g}$.*

Periodicamente, a equipe de controle de qualidade coleta uma amostra aleatória de 25 pacotes para verificar se a produção continua sob controle, isto é, se a média populacional ainda pode ser considerada igual a 1000 g . Em uma dessas coletas, a amostra apresentou uma média de $\bar{x} = 994\text{ g}$. Com base nesses dados, haveria evidências suficientes para afirmar que a máquina está desregulada?

Vamos utilizar os passos estabelecidos para testar essa hipótese:

Passo 1. Indiquemos por X o peso de cada pacote; então,

$$X \sim N(1000, 225),$$

o que significa que a amostra segue uma distribuição Normal com uma média de 1000 g e uma variância de 225 g^2 . As hipóteses que nos interessam são:

$$H_0 : \mu = 1000\text{ g}$$

$$H_1 : \mu \neq 1000\text{ g},$$

pois a máquina pode desregular para mais ou para menos.

Passo 2. Pela afirmação do problema, $\sigma^2 = 225$, logo, para todo μ , a média $\bar{X}$ de 25 pacotes terá distribuição

$$\bar{X} \sim N\left(1000, \frac{225}{25}\right),$$

Pois a distribuição da média amostral segue uma propriedade muito importante:

$$\text{Var}(\bar{X}) = \frac{\sigma^2}{n}$$

onde:

- σ^2 é a variância populacional;

- n é o tamanho da amostra.

Como:

- $\sigma^2 = 225$
- $n = 25$

temos:

$$\text{Var}(\bar{X}) = \frac{225}{25} = 9$$

Então:

$$\bar{X} \sim N(1000, 9)$$

E o desvio padrão da média amostral será:

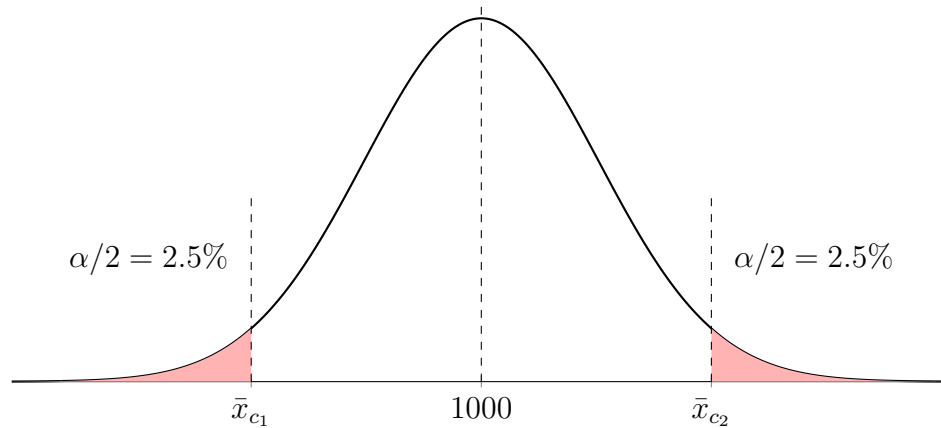
$$\sigma_{\bar{X}} = \sqrt{9} = 3$$

Passo 3. Vamos fixar $\alpha = 5\%$, como o nível de significância, e é a partir desse valor que iremos determinar, com o auxílio de tecnologia, a região crítica. A expectativa é que a maior parte dos valores fiquem concentradas próximas a média de 1000g. Conforme nos afastamos dessa média, os resultados passam a se tornar cada vez menos prováveis caso a hipótese nula seja verdadeira.

Passo 4. Com o auxílio de softwares ou calculadoras gráficas, podemos construir o gráfico dessa curva normal e destacar as regiões críticas do teste, ou seja, os valores considerados suficientemente extremos para levantarmos suspeitas de que a máquina não está regulada. Essas regiões correspondem a área sob a curva normal nas extremidades, representando a probabilidade da H_0 ser falsa, no caso α . O nível de significância escolhido ($\alpha = 5\%$) foi dividido igualmente entre as duas extremidades da distribuição, ficando 2,5% em cada cauda da curva, conforme ilustra a Figura 3.

Os pontos indicados por $\bar{x}_{c1}$ e $\bar{x}_{c2}$ representam os valores críticos da média amostral que delimitam o início dessas regiões críticas. Na prática, isso significa que, se a média observada da amostra ficar além de um desses limites, consideraremos esse resultado improvável demais sob a hipótese nula, levando à rejeição de H_0 .

No caso específico do *Exemplo 1*, a média da amostra foi de 994g. Precisamos então descobrir se essa média está dentro da região crítica ou não, e para isso precisamos descobrir primeiro quais são os valores críticos $\bar{x}_{c1}$ e $\bar{x}_{c2}$. Para encontrar tais valores,

Figura 3 – Representação da região crítica com $\alpha = 5\%$.

Fonte: Elaboração própria.

nos valem novamente da utilização de softwares ou de calculadora gráfica. Dentre esses recursos podemos elencar os mais utilizados:

- GDC (*Graphic Display Calculator*);
- GeoGebra;
- Desmos;
- Excel;
- R;
- Python.

Pedagogicamente falando, o GDC, GeoGebra e Desmos são os recursos mais conhecidos, intuitivos e fáceis de usar por alunos do Ensino Médio. A título de exemplo, podemos mostrar como é simples calcular esses valores críticos em uma calculadora gráfica. Uma das GDCs mais usadas no mundo é, sem dúvidas, a *TI-84 Plus* da empresa *Texas Instruments*.

Na calculadora gráfica TI-84, os valores críticos podem ser obtidos por meio da função *invNorm*, bastando apenas inserir a média da população, o desvio padrão da amostra e a área, em porcentagem, que delimita a região crítica. Precisamos considerar que a região crítica está dividida nas duas extremidades da distribuição normal, chamadas de “cauda esquerda” e “cauda direita”. Por isso, Na TI-84 Plus é necessário selecionar qual a *TAIL* (cauda) que estamos calculando primeiro. Nesse caso, para cada cauda, inserimos na calculadora os seguintes valores:

$$\text{area} = 0,025 \quad (2,5\%)$$

$$\mu = 1000$$

$$\sigma = 3$$

Os resultados aproximados são:

$$\bar{x}_{c_1} \approx 994.12$$

$$\bar{x}_{c_2} \approx 1005.88$$

Ou seja, se a média amostral observada for menor que 994.12, ou maior que 1005.88, ela estará na região crítica e rejeitaremos H_0 . Por fim, como a média da amostra foi de 994g, então ela não pertence à região crítica, logo **falhamos em rejeitar a H_0** . Podemos concluir que não existe uma diferença significativa entre a média da amostra e a média esperada, portanto assumimos, com 5% de chance de estarmos equivocados, que a máquina **não está desregulada**.

Percebe-se que por mais que tenhamos envolvido diversos conceitos supostamente avançados, com o uso de tecnologia e um entendimento básico de como uma distribuição normal funciona, fomos capazes de avaliar se uma máquina está desregulada ou não. Em termos de tomada de decisão, esse tipo de avaliação é importantíssimo, pois esse teste é capaz de fornecer informações essenciais a todos os envolvidos nessa fábrica que precisam lidar com equipamentos que podem ou não estar funcionando mal.

A seguir, apresentamos outro exemplo envolvendo outra distribuição que fundamenta a Sequência Investigativa I deste material, a Distribuição qui-quadrado (χ^2).

2.4 Teste Qui-Quadrado (χ^2) de Independência

No exemplo anterior, trabalhamos com médias e variáveis contínuas, porém muitos problemas de estatística envolvem Dados Categóricos, ou seja, informações organizadas em categorias ou grupos. Nesses casos, a ideia central deixa de estar associada à média populacional e passa a envolver a comparação entre Frequências Observadas e Frequências Esperadas.

Por exemplo, podemos querer investigar se um dado é justo, se determinadas cores de M&Ms aparecem com a mesma frequência em pacotes diferentes ou, de maneira geral, se existe associação entre duas variáveis categóricas. Para esse tipo de situação, uma das distribuições mais importantes da Inferência Estatística é a Distribuição Qui-Quadrado (χ^2).

Assim como na distribuição normal, também podemos interpretar a distribuição qui-quadrado a partir da ideia de regiões mais prováveis e regiões menos prováveis (região

crítica). Valores muito altos da estatística χ^2 indicam que existe uma grande diferença entre os resultados observados e os resultados esperados, fornecendo evidências contra a hipótese nula. O Exemplo Prático a seguir apresenta esses conceitos de forma mais clara para alunos de Ensino Médio:

Exemplo 2. *Uma escola deseja investigar se existe relação entre a turma dos estudantes e o sabor de refrigerante preferido durante o intervalo escolar. Para isso, um grupo de estudantes entrevistou alunos do 1º e 2º ano do Ensino Médio, registrando qual sabor cada estudante preferia entre Cola, Laranja e Limão. Os dados coletados foram organizados na tabela abaixo:*

	<i>Cola</i>	<i>Laranja</i>	<i>Limão</i>	<i>Total</i>
<i>1º ano</i>	18	10	12	40
<i>2º ano</i>	9	17	14	40
<i>Total</i>	27	27	26	80

Existe relação entre a turma dos estudantes e o sabor de refrigerante preferido?

Primeiramente, podemos observar os dados da Tabela 1. Percebe-se que os estudantes do 1º ano parecem preferir mais o refrigerante Cola, enquanto os estudantes do 2º ano aparentam ter uma preferência maior pelos sabores Laranja e Limão.

Entretanto, apenas observar diferenças nos valores não é suficiente para concluir que realmente existe relação entre a turma e o sabor preferido. Afinal, é normal que pequenas diferenças possam ocorrer.

A grande questão é: essas diferenças são grandes o suficiente para indicar uma associação entre as variáveis ou poderiam ter acontecido por acaso? Para responder essa pergunta, precisamos primeiro estabelecer as hipóteses do teste:

H_0 : Não existe relação entre a turma e o sabor preferido

H_1 : Existe relação entre a turma e o sabor preferido

Se não existir relação entre a turma dos estudantes e o sabor preferido, então esperaríamos que as proporções de preferência fossem aproximadamente semelhantes entre os grupos.

Então, precisamos primeiro determinar quais valores seriam esperados caso não existisse relação entre a turma dos estudantes e o sabor de refrigerante preferido.

Observe que, no total, 27 dos 80 estudantes preferem Cola. Isso significa que aproximadamente:

$$\frac{27}{80} \approx 33,75\%$$

dos estudantes preferem esse sabor.

Se realmente não existir relação entre a turma e o sabor preferido, então esperaríamos aproximadamente essa mesma proporção dentro de cada turma.

Como cada turma possui 40 estudantes, o número esperado (E) de alunos do 1º ano que preferem Cola seria:

$$E = 40 \cdot \frac{27}{80} = 13.5$$

Ou seja, esperaríamos aproximadamente 13.5 estudantes do 1º ano preferindo Cola.

Podemos repetir esse mesmo processo para todas as categorias da tabela, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Valores Esperados.

	Cola	Laranja	Limão
1º ano	13.5	13.5	13
2º ano	13.5	13.5	13

Fonte: Elaboração própria.

Agora podemos comparar os valores observados com os valores esperados. Observe, por exemplo, o caso do refrigerante Cola no 1º ano:

$$O = 18$$

$$E = 13.5$$

A diferença entre esses valores é:

$$18 - 13.5 = 4.5$$

Essa diferença pode ser interpretada como um tipo de desvio entre aquilo que observamos na prática e aquilo que seria esperado caso a hipótese nula fosse verdadeira.

O teste χ^2 utiliza justamente essas diferenças para medir o quão distante os dados observados estão da situação esperada. A estatística utilizada no teste qui-quadrado é dada por:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E} \quad (2.6)$$

À primeira vista, essa expressão pode parecer complicada. Entretanto, sua ideia principal é relativamente simples: o teste busca medir o quão diferentes os dados observados estão dos dados esperados.

Na expressão:

- O representa os valores observados nos dados coletados;
- E representa os valores esperados caso a hipótese nula seja verdadeira;
- o símbolo $\sum$ indica que devemos somar os resultados obtidos em todas as categorias da tabela.

Observe novamente o caso do refrigerante Cola no 1º ano:

$$O = 18$$

$$E = 13.5$$

A diferença entre o valor observado e o esperado é:

$$18 - 13.5 = 4.5$$

Isso significa que o número de estudantes observado ficou 4.5 unidades acima do esperado.

Entretanto, apenas somar diferenças poderia causar um problema, pois diferenças positivas e negativas poderiam se cancelar. Por isso, o teste eleva essas diferenças ao quadrado:

$$(18 - 13.5)^2 = (4.5)^2 = 20.25$$

Por fim, o resultado é dividido pelo valor esperado:

$$\frac{20.25}{13.5} = 1.5$$

Esse processo é repetido para todas as categorias da tabela. No final, somamos todos esses resultados para obter o valor da estatística χ^2 .

De maneira intuitiva, podemos pensar que:

- pequenas diferenças entre valores observados e esperados produzem valores pequenos de χ^2 ;
- diferenças maiores produzem valores maiores de χ^2 .

Portanto, quanto maior for o valor de χ^2 , maior será a evidência de que os dados observados não seguem o comportamento esperado pela hipótese nula. Quanto maiores forem essas diferenças, maior será o valor da estatística χ^2 , indicando maior evidência contra a hipótese nula.

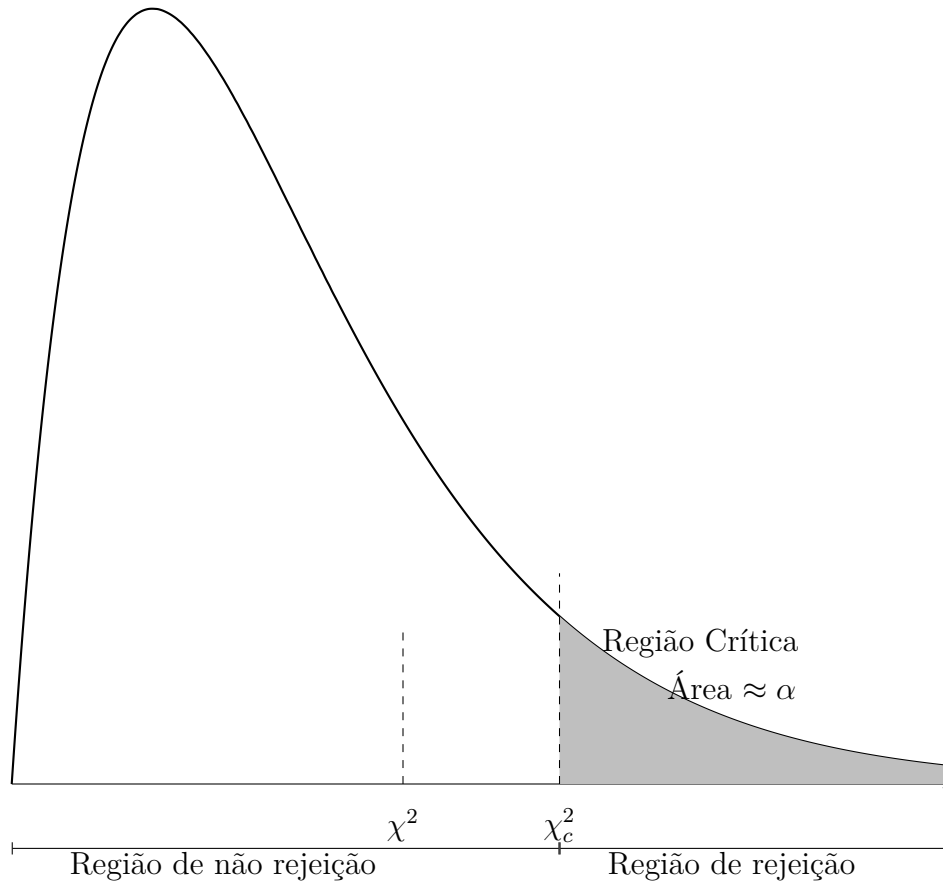
Substituindo os valores da tabela na expressão, obtemos:

$$\chi^2 \approx 4.12$$

Agora precisamos descobrir se esse valor é suficientemente grande para rejeitarmos H_0 . Para isso, utilizamos novamente a ideia de região crítica.

A distribuição qui-quadrado possui um formato diferente da distribuição normal. Ela assume apenas valores positivos e apresenta uma cauda mais longa à direita. Valores pequenos de χ^2 indicam que os dados observados estão relativamente próximos dos valores esperados. Já valores muito grandes indicam diferenças mais significativas entre os dados observados e os dados esperados, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 – Representação da região crítica na distribuição qui-quadrado.



Fonte: Elaboração própria.

Fixando um nível de significância de 5%, podemos utilizar softwares ou calculadoras gráficas para determinar o valor crítico da distribuição qui-quadrado.

Nesse caso, considerando:

- nível de significância $\alpha = 5\%$;
- graus de liberdade¹:

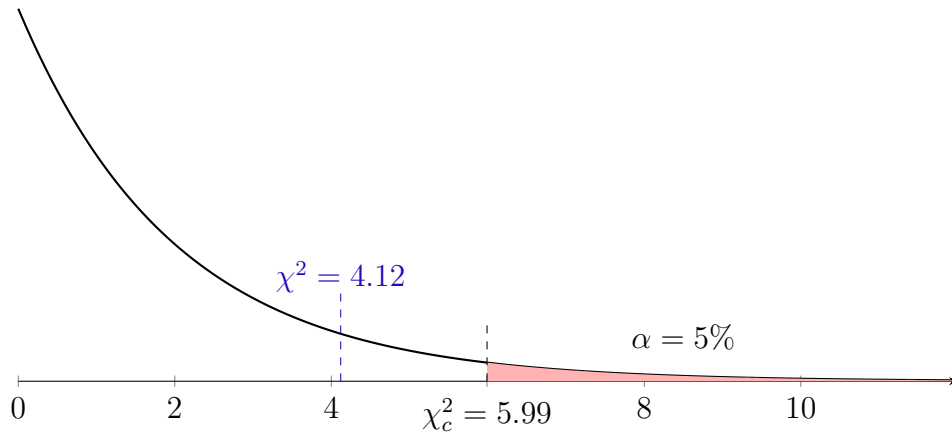
$$gl = (2 - 1)(3 - 1) = 2$$

Obtemos o valor crítico aproximado:

$$\chi_c^2 \approx 5.99$$

Agora representamos de forma mais específica os valores obtidos na Figura 5.

¹ Intuitivamente, os graus de liberdade indicam quantos valores podem variar livremente após parte das informações já estar determinada. Não é tão relevante para fins interpretativos e de conclusão.

Figura 5 – Distribuição qui-quadrado para $gl = 2$ e região crítica com $\alpha = 5\%$.

Fonte: Elaboração própria.

Como:

$$4.12 < 5.99,$$

o valor calculado não pertence à região crítica. Portanto, falhamos em rejeitar H_0 . Isso significa que os dados coletados não fornecem evidências suficientes para concluir que exista relação entre a turma dos estudantes e o sabor de refrigerante preferido.

2.5 Teste χ^2 de Aderência

No teste χ^2 de independência, investigamos se existe associação entre duas variáveis categóricas. Entretanto, existem situações em que não estamos mais interessados em verificar se existe uma associação entre variáveis, mas sim em verificar se um conjunto de dados segue um comportamento esperado.

Esse tipo de situação é estudado através do teste χ^2 de aderência, também conhecido como *Goodness of Fit Test*. Nesse teste, comparamos frequências observadas com frequências teóricas esperadas segundo algum modelo probabilístico.

De maneira geral, o teste busca responder a seguinte pergunta:

“Os dados observados estão suficientemente próximos daquilo que era esperado?”

Se as diferenças forem pequenas, então os dados podem ser considerados compatíveis com o modelo esperado. Entretanto, diferenças muito grandes podem indicar que os resultados observados dificilmente ocorreriam apenas ao acaso.

Vamos ilustrar melhor esses conceitos com o próximo Exemplo 3.

Exemplo 3. Um grupo de estudantes deseja investigar se um dado utilizado em jogos de tabuleiro pode ser considerado justo. Para isso, o dado foi lançado 120 vezes e os resultados obtidos foram registrados na tabela abaixo.

Face	1	2	3	4	5	6
Frequência observada	14	18	22	20	25	21

Os resultados observados são compatíveis com um dado justo?

Para responder essa pergunta, precisamos novamente estabelecer as hipóteses do teste:

H_0 : O dado é justo

H_1 : O dado não é justo

Se o dado realmente for justo, então todas as faces devem possuir aproximadamente a mesma probabilidade de ocorrência. Como o dado possui seis faces, espera-se que cada uma delas apareça aproximadamente:

$$\frac{1}{6}$$

das vezes. Como o dado foi lançado 120 vezes, o número esperado de ocorrências para cada face será:

$$E = \frac{120}{6} = 20$$

Ou seja, caso o dado seja justo, esperaríamos aproximadamente 20 ocorrências para cada face. Conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Valores Esperados

Face	1	2	3	4	5	6
Frequência esperada	20	20	20	20	20	20

Fonte: Elaboração Própria.

Comparando os valores observados com os valores esperados, percebemos que algumas faces ficaram relativamente próximas do esperado, enquanto outras apresentaram

diferenças maiores. Por exemplo, a face 5 apareceu 25 vezes, enquanto o esperado seria 20. Já a face 1 apareceu apenas 14 vezes. Entretanto, uma análise superficial como essa não seria suficiente pra determinar se o dado é justo ou não.

Novamente, utilizamos teste χ^2 , pois ele mede justamente o tamanho total dessas diferenças entre os valores observados e os valores esperados. A fórmula utilizada é a mesma:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Quanto maiores forem essas diferenças, maior será o valor da estatística χ^2 , indicando maior evidência contra a hipótese nula.

Por exemplo, para a face 1:

$$O = 14$$

$$E = 20$$

Logo,

$$\frac{(14 - 20)^2}{20} = \frac{36}{20} = 1,8$$

Esse processo é repetido para todas as faces do dado. Por fim, somamos todos os resultados e após realizar todos os cálculos, obtemos:

$$\chi^2 \approx 3,5$$

Agora precisamos verificar se esse valor é suficientemente grande para rejeitarmos a hipótese nula.

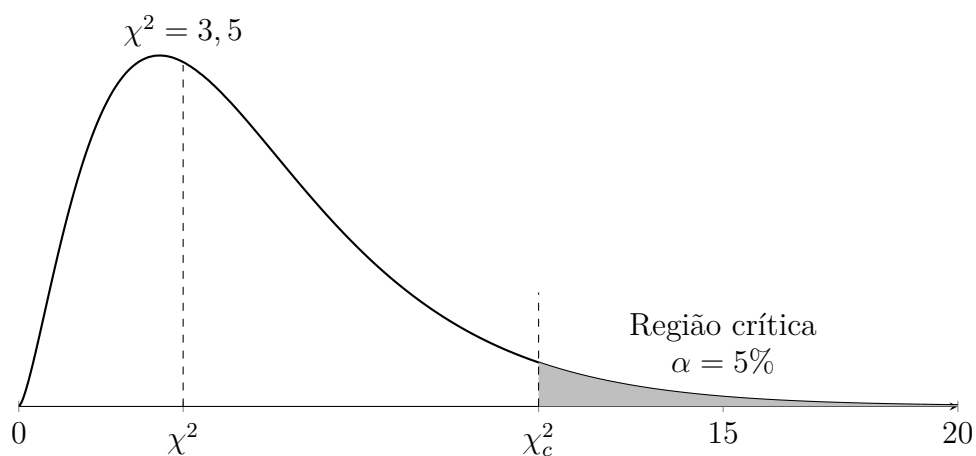
Novamente, fixamos um nível de significância de 5%. Como existem 6 categorias possíveis no dado, os graus de liberdade do teste serão:

$$gl = 6 - 1 = 5$$

Utilizando softwares ou calculadoras gráficas, encontramos o valor crítico aproximado:

$$\chi_c^2 \approx 11,07$$

Representamos essa situação na Figura 6.

Figura 6 – Distribuição qui-quadrado para $gl = 5$ e região crítica com $\alpha = 5\%$.

Fonte: Elaboração própria.

Como:

$$3,5 < 11,07$$

Concluimos que o valor calculado não pertence à região crítica. Portanto, falhamos em rejeitar H_0 . Isso significa que os dados observados não fornecem evidências suficientes para concluir que o dado seja injusto.

A seguir, iremos mostrar as três diferentes Sequências Investigativas que podem auxiliar os alunos a compreenderem esses conceitos de maneira mais didática.

3 Sequência Investigativa I: Existe relação entre a cor e o tipo dos M&Ms?

Objetivo

Os estudantes deverão investigar se diferentes tipos de M&Ms apresentam padrões semelhantes de cores ou se determinadas cores aparecem com mais frequência em pacotes de sabores específicos.

Ao longo da atividade, espera-se que os estudantes sejam capazes de:

1. Investigar se existe associação entre duas variáveis;
2. Organizar os dados em uma Tabela de Contingência (Valores Observados);
3. Compreender a ideia de Frequência Esperada;
4. Utilizar o teste χ^2 (Qui-quadrado) de Independência;
5. Interpretar resultados estatísticos para tomada de decisão.

Tempo estimado total: 90 a 110 minutos.

Problema investigativo:

Existe relação entre a cor dos M&Ms e o sabor do pacote?

Etapa 1: Coleta e organização dos dados

Tempo estimado: 15 a 20 minutos.

Em grupos, os estudantes deverão abrir os pacotes de M&Ms, separar os confeitos por cor e registrar a quantidade encontrada em cada tipo de chocolate.

Tabela 3 – Tabela de contingência para os dados observados.

Cor do M&M	Chocolate	Amendoim	Total
Vermelho			
Azul			
Laranja			
Verde			
Amarelo			
Marrom			
Total			

Fonte: Elaboração própria.

Após preencher a tabela, os estudantes devem identificar suas dimensões:

Esta é uma tabela de _____ por _____.

Etapa 2: Formulação das hipóteses

Tempo estimado: 5 minutos.

Antes de realizar qualquer cálculo, é importante explicar as possíveis conclusões desse teste e definir os conceitos de Hipótese Nula (H_0) e Hipótese Alternativa (H_1):

H_0 : Assume que as variáveis são independentes.

H_1 : Assume que as variáveis são dependentes.

Em seguida, os alunos devem reescrever as hipóteses no contexto desse problema usando as variáveis “cor dos M&Ms” e o “sabor do pacote”:

H_0 : _____

H_1 : _____

Nota para o professor: De forma mais simples, a hipótese nula assume que as cores aparecem de maneira semelhante nos dois tipos de pacote. Já a hipótese alternativa assume que o padrão de cores pode mudar dependendo do tipo de M&M.

Etapa 3: Frequências esperadas

Tempo estimado: 20 minutos.

Agora precisamos pensar no que seria esperado caso a hipótese nula fosse verdadeira. Ou seja, se não existir relação entre cor e tipo de chocolate, quais quantidades esperaríamos encontrar em cada célula da tabela?

Para calcular cada frequência esperada, os alunos devem usar, para cada célula, a seguinte fórmula:

$$E = \frac{(\text{total da linha})(\text{total da coluna})}{\text{total geral}}. \quad (3.1)$$

Esses valores representam aquilo que seria esperado caso as variáveis fossem independentes. Os estudantes devem colocar os resultados na Tabela 4.

Tabela 4 – Tabela de frequências esperadas.

Cor do M&M	Chocolate	Amendoim	Total
Vermelho			
Azul			
Laranja			
Verde			
Amarelo			
Marrom			
Total			

Fonte: Elaboração própria.

Etapa 4: Comparação entre observado e esperado

Tempo estimado: 20 a 25 minutos.

O teste χ^2 compara aquilo que observamos com aquilo que esperaríamos observar caso a hipótese nula fosse verdadeira.

A estatística utilizada é:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}, \quad (3.2)$$

em que O representa a frequência observada e E representa a frequência esperada.

De maneira simplificada, quanto maiores forem as diferenças entre os valores observados e esperados, maior será o valor de χ^2 .

Os alunos devem preencher todos os valores coletados na primeira coluna e todos os correspondentes valores esperados na segunda coluna e efetuar os cálculos nas demais colunas.

Tabela 5 – Tabela para o cálculo da estatística χ^2 .

f_o	f_e	$f_o - f_e$	$(f_o - f_e)^2$	$\frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$
			Total	

f_o representa todos os valores da tabela de contingência.

f_e representa os valores correspondentes da tabela de frequências esperadas.

O valor final da última coluna será o valor da estatística χ^2 .

Etapa 5: Graus de liberdade e valor crítico

Tempo estimado: 15 minutos.

Para decidir se o valor de χ^2 é grande o suficiente para rejeitar H_0 , precisamos encontrar o valor crítico.

Primeiro, calculamos os graus de liberdade:

$$gl = (\text{número de linhas} - 1)(\text{número de colunas} - 1). \quad (3.3)$$

No caso desta investigação:

$$gl = (6 - 1)(2 - 1) = 5.$$

Agora, usando uma tabela da distribuição qui-quadrado, uma calculadora gráfica ou software, os estudantes deverão encontrar o valor crítico para o nível de significância escolhido.

$$\alpha = 5\%$$

$$\chi_c^2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

Etapa 6: Tomada de decisão

Tempo estimado: 10 minutos.

Agora comparamos o valor calculado de χ^2 com o valor crítico.

$$\chi^2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\chi_c^2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

Se:

$$\chi^2 < \chi_c^2,$$

falhamos em rejeitar H_0 . Nesse caso, os dados não fornecem evidências suficientes para afirmar que existe relação entre a cor e o tipo dos M&Ms.

Se:

$$\chi^2 > \chi_c^2,$$

rejeitamos H_0 . Nesse caso, os dados fornecem evidências de que existe relação entre a cor e o tipo dos M&Ms.

Etapa 7: Interpretação usando o valor-p

Tempo estimado: 10 minutos.

Além da comparação com o valor crítico, também podemos interpretar o resultado usando o valor-p. Esse valor ajuda a medir se os dados observados seriam pouco prováveis caso não existisse relação entre a cor e o tipo dos M&Ms.

Utilizando uma calculadora gráfica ou software, os estudantes deverão encontrar o valor-p:

$$p\text{-valor} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Se:

$$p > \alpha,$$

falhamos em rejeitar H_0 .

Se:

$$p < \alpha,$$

rejeitamos H_0 .

Etapa 8: Discussão final

Tempo estimado: 15 minutos.

Ao final da investigação, os estudantes deverão responder:

1. Usando as evidências obtidas nesta Investigação, pode-se dizer que existe alguma relação entre a cor e o tipo de M&M?
2. As diferenças observadas poderiam ter ocorrido apenas por acaso?
3. O tamanho da amostra pode ter influenciado a conclusão?
4. O resultado do teste prova **definitivamente** que existe ou não existe relação entre as variáveis?

4 Sequência Investigativa II: Com saber se um dado é realmente justo?

Objetivo

Nesta investigação, os estudantes irão analisar experimentalmente os resultados obtidos em lançamentos de um dado de seis faces, buscando verificar se os resultados observados são compatíveis com um dado considerado justo.

Ao longo da atividade, espera-se que os estudantes sejam capazes de:

1. Compreender a ideia de distribuição uniforme;
2. Comparar Frequências Observadas com Frequências Esperadas;
3. Utilizar o Teste χ^2 de Aderência (*Goodness of Fit Test*);
4. Interpretar resultados estatísticos utilizando o valor-p;
5. Perceber que resultados diferentes podem surgir naturalmente em situações aleatórias.

Tempo estimado total: 70 a 90 minutos.

Etapas 1: Coleta dos dados

Tempo estimado: 15 a 20 minutos.

Em grupos, os estudantes deverão lançar um dado 60 vezes, registrando os resultados observados para cada face na tabela abaixo.

Tabela 6 – Tabela de frequências observadas.

Face do dado	Frequência observada
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Total	

Etapa 2: Formulação das hipóteses

Tempo estimado: 10 minutos.

Antes de realizar qualquer cálculo, é importante explicar as possíveis conclusões desse teste e definir de maneira geral como a Hipótese Nula (H_0) e a Hipótese Alternativa (H_1) se comportam nesse teste:

H_0 : Os valores observados seguem a distribuição esperada.

H_1 : Os valores observados não seguem a distribuição esperada.

Em seguida, os alunos devem reescrever as hipóteses no contexto desse problema:

H_0 : _____

H_1 : _____

Nota para o professor: De maneira mais simples, a hipótese nula assume que todas as faces possuem aproximadamente a mesma chance de acontecer, ou seja, os valores observados seguem a distribuição esperada.

Etapa 3: Frequências esperadas

Tempo estimado: 5 minutos.

Se o dado for justo, então todas as faces devem possuir aproximadamente a mesma probabilidade de ocorrência. Os alunos devem preencher a tabela abaixo com o valor esperado de cada face.

Tabela 7 – Tabela de frequências esperadas.

Face do dado	Frequência esperada
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Total	60

Fonte: Elaboração própria.

Nota para o professor: Como existem 6 faces possíveis, espera-se que cada face apareça aproximadamente:

$$\frac{1}{6}$$

Como o dado foi lançado 60 vezes, o número esperado de ocorrências para cada face será:

$$E = \frac{60}{6} = 10$$

Etapa 4: Comparando os resultados

Tempo estimado: 20 minutos.

O teste χ^2 mede o tamanho das diferenças entre aquilo que observamos e aquilo que esperaríamos observar caso o dado fosse justo.

A fórmula utilizada é:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Quanto maiores forem essas diferenças, maior será o valor de χ^2 .

Os alunos devem preencher todos os valores coletados na primeira coluna e todos os correspondentes valores esperados na segunda coluna e efetuar os cálculos nas demais colunas.

Tabela 8 – Tabela para o cálculo da estatística χ^2 .

f_o	f_e	$f_o - f_e$	$(f_o - f_e)^2$	$\frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$
Total				

f_o representa todos os valores da tabela de contingência.

f_e representa os valores correspondentes da tabela de frequências esperadas.

O valor final da última coluna será o valor da estatística χ^2 .

Etapa 5: Utilizando tecnologia

Tempo estimado: 10 a 15 minutos.

Assumindo que a Sequência Investigativa 1 foi realizada, nessa etapa é importante mostrar para os alunos que também podem calcular o valor da estatística χ^2 com o auxílio de calculadoras gráficas ou softwares estatísticos. Ou seja, eles deverão ser capazes de calcular:

- o valor da estatística χ^2 ;
- os graus de liberdade;
- o valor-p do teste.

Nota para o professor: Um tutorial de como encontrar esses valores através da calculadora gráfica TI-84 pode ser encontrado no Apêndice A.

Etapa 6: Interpretando os resultados

Tempo estimado: 10 minutos.

Considere um nível de significância de:

$$\alpha = 5\%$$

Se:

$$p > \alpha,$$

falhamos em rejeitar H_0 .

Se:

$$p < \alpha,$$

rejeitamos H_0 .

Os estudantes deverão interpretar o resultado encontrado no contexto do problema investigado e escrever a conclusão final, afirmando qual hipótese deve ser aceita:

Etapa 7: Discussão final

Tempo estimado: 10 minutos.

Ao final da investigação, os estudantes deverão discutir:

1. Pequenas diferenças entre os resultados observados e esperados indicam necessariamente que o dado é injusto?
2. O tamanho da amostra pode influenciar o resultado do teste?
3. Um dado perfeitamente justo produziria exatamente a mesma quantidade de ocorrências para cada face?

5 Sequência Investigativa III: Qual Mão é a Mais Veloz, a Dominante ou a Não Dominante?

Objetivo

Nesta investigação, os estudantes irão comparar os tempos de reação da mão dominante e da mão não dominante por meio de um experimento simples com régua, buscando compreender como diferenças entre médias podem ser analisadas estatisticamente utilizando o teste t .

Ao longo da atividade, espera-se que os estudantes sejam capazes de:

1. Coletar dados experimentais relacionados ao tempo de reação;
2. Comparar médias entre dois grupos;
3. Compreender intuitivamente a ideia de variabilidade amostral;
4. Introduzir o teste t para comparação entre médias;
5. Interpretar resultados estatísticos utilizando o valor- p ;
6. Discutir limitações experimentais e variabilidade natural dos dados.

Introdução

Para iniciar a investigação, o professor poderá apresentar um vídeo curto mostrando testes de tempo de reação realizados com pilotos de Fórmula 1.

Por que pilotos de Fórmula 1 precisam possuir tempos de reação extremamente rápidos?

Após a discussão inicial, os estudantes deverão refletir sobre as seguintes questões:

- A mão dominante possui necessariamente um tempo de reação melhor?
- Essa diferença ocorre para todas as pessoas?
- Como poderíamos medir isso experimentalmente?

Problema investigativo

Existe evidência suficiente para afirmar que a mão dominante possui um tempo de reação menor do que a mão não dominante?

Etapa 1: Coleta dos dados

Tempo estimado: 25 a 30 minutos.

Os estudantes deverão formar duplas para realizar o experimento do tempo de reação utilizando uma régua.

O professor poderá apresentar previamente um vídeo demonstrando o procedimento experimental.

Nota para o professor: É importante mencionar que o teste t assume que a variável segue uma Distribuição Normal, por isso nesse caso, e na maioria dos casos, assumimos que a média do tempo de reação de cada mão segue uma Distribuição Normal de Probabilidade.

O experimento deverá seguir os seguintes passos:

1. Um estudante deverá segurar a régua verticalmente;
2. O outro estudante posicionará os dedos próximos à marca de 0 cm;
3. Sem aviso prévio, o primeiro estudante soltará a régua;
4. O segundo estudante deverá tentar segurá-la o mais rapidamente possível;
5. A distância registrada no momento em que a régua for segurada deverá ser anotada;
6. O procedimento deverá ser repetido 15 vezes para cada mão;
7. Ao final, os estudantes deverão registrar as distâncias na tabela a seguir.

Tabela 9 – Tabela para coleta dos dados experimentais.

Tentativa	Mão dominante	Mão não dominante
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

Etapa 2: Visualização dos Dados Coletados

Tempo estimado: 5 minutos.

Antes de realizar qualquer teste estatístico, os estudantes deverão observar os dados coletados e discutir:

- As médias parecem diferentes?
- Existe muita variabilidade entre as tentativas?
- Apenas observando os dados, seria possível ter certeza da conclusão?

Etapa 3: Formulação das hipóteses

Tempo estimado: 15 minutos.

Agora precisamos estabelecer as hipóteses do teste. Pergunte aos alunos como eles acreditam que as Hipóteses (Nula e Alternativa) devem ser determinadas nessa situação (lembrando que a H_0 em uma Distribuição Normal assume que não existe diferença significativa entre os grupos):

H_0 : _____

H_1 : _____

Nota para o professor: Como menores distâncias representam menores tempos de reação, queremos investigar se a média da mão dominante é menor do que a média da mão não dominante, ou seja, $H_0 : \mu_1 \neq \mu_2$ e $H_1 : \mu_1 < \mu_2$, sendo μ_1 a média da mão dominante e μ_2 a média da mão não dominante.

Etapa 4: Utilizando tecnologia

Tempo estimado: 10 a 15 minutos.

Com auxílio da calculadora gráfica TI-84 ou de softwares estatísticos, os estudantes deverão realizar o teste t para duas amostras.

Nota para o professor: Um tutorial de como realizar tal procedimento através da calculadora gráfica TI-84 pode ser encontrado no Apêndice B.

Etapa 5: Interpretando os resultados

Tempo estimado: 10 minutos.

Considere um nível de significância de:

$$\alpha = 5\%$$

Se:

$$p < 0.05,$$

rejeitamos H_0 .

Caso contrário, falhamos em rejeitar H_0 .

Os estudantes deverão interpretar os resultados encontrados e escrever uma conclusão no contexto do problema investigado.

Etapa 6: Discussão final

Tempo estimado: 15 minutos.

Ao final da atividade, os estudantes deverão discutir:

1. O fato das médias terem valores diferentes garante necessariamente uma diferença **significativa**?
2. O tamanho da amostra influencia os resultados?
3. A variabilidade dos dados pode dificultar conclusões?
4. Os erros durante o experimento podem afetar os resultados?
5. O experimento mede exatamente tempo de reação?

REFERÊNCIAS

BUSSAB, Wilton de Oliveira; MORETTIN, Pedro Alberto. **Estatística Básica**. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

HENRY, Michel. Évolution de l'enseignement secondaire français en statistique et probabilités. **Statistique et enseignement**, v. 1, n. 1, p. 35–45, 2010. DOI: 10.3406/staso.2010.1184.

SILVA, Amanda Ferreira da; FIGUEIREDO, Auriluci de Carvalho. A Educação Estatística na Educação Básica do Brasil, Estados Unidos, França e Espanha Segundo os Documentos Curriculares. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v. 14, p. 1–22, 2019. DOI: 10.5007/1981-1322.2019.e62813.

Apêndices

APÊNDICE A – Tutorial para Realizar o Teste de Aderência χ^2 na Calculadora Gráfica TI-84

1. Insira os Valores Observados

- Pressione o botão **STAT**;
- Selecione **1:Edit...**;
- Insira as frequências observadas na Lista 1 (**L1**).

2. Insira as Frequências Esperadas

- Ainda no mesmo menu, insira as frequências esperadas na Lista 2 (**L2**).

3. Realize o Teste χ^2 de Aderência

- Pressione o botão **STAT**;
- Navegue até o menu **TESTS** utilizando as setas do teclado;
- Desça até a opção **D: χ^2 GOF-Test** e pressione **ENTER**.

4. Defina os Parâmetros

- Lista Observada: (**L1**);
- Lista Esperada: (**L2**);
- Graus de liberdade (df): (número de categorias -1).

5. Visualize os Resultados

- Registre o valor da estatística χ^2 ;
- Registre o valor-p obtido no teste.

APÊNDICE B – Tutorial para Realizar o Teste t para Duas Amostras na Calculadora Gráfica TI-84

1. Insira os Dados

- Pressione o botão **STAT**;
- Selecione **1:Edit**;
- Insira os dados da mão dominante na Lista 1 (**L1**);
- Insira os dados da mão não dominante na Lista 2 (**L2**).

2. Acesse o Teste

- Pressione novamente o botão **STAT**;
- Utilize as setas para navegar até o menu **TESTS**;
- Selecione a opção **4:2-SampTTest**.

3. Configure os Parâmetros

- **Input:** selecione **Data**;
- **List1:** defina como **L1**;
- **List2:** defina como **L2**;
- **Freq1 e Freq2:** mantenha o valor 1;
- **Hypothesis (H_a):**

$$\mu_1 < \mu_2$$

- **Pooled:** selecione **yes**.

4. Execute o Teste

- Selecione a opção **Calculate**;
- Pressione **ENTER**.

5. Interprete os Resultados

- Observe o valor-p apresentado pela calculadora;
- Compare o valor-p com o nível de significância adotado;
- Caso $p < \alpha$, rejeitamos H_0 ;
- Caso $p > \alpha$, falhamos em rejeitar H_0 .