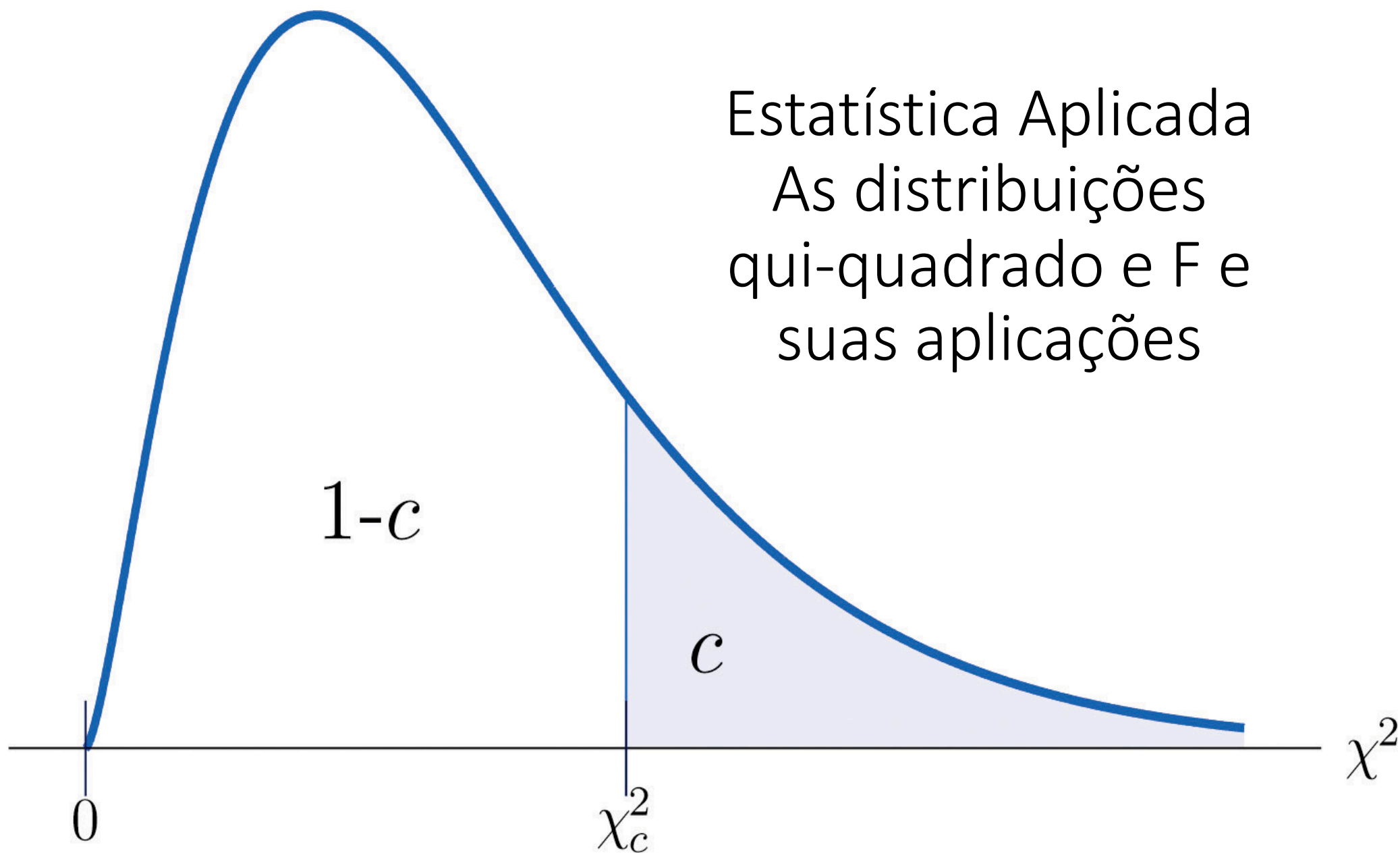


Estatística Aplicada
As distribuições
qui-quadrado e F e
suas aplicações



Objetivo

- Em muitos casos na engenharia, é importante analisar não necessariamente os valores (médias ou proporções) obtidos em um processo, mas a constância do processo.
- Pode ser necessário, por exemplo:
 - I. Estimar qual o desvio padrão de uma população a partir do desvio padrão amostral
 - II. Comparar se as frequências observadas de uma variável correspondem às esperadas
 - III. Comparar o desvio padrão de duas populações



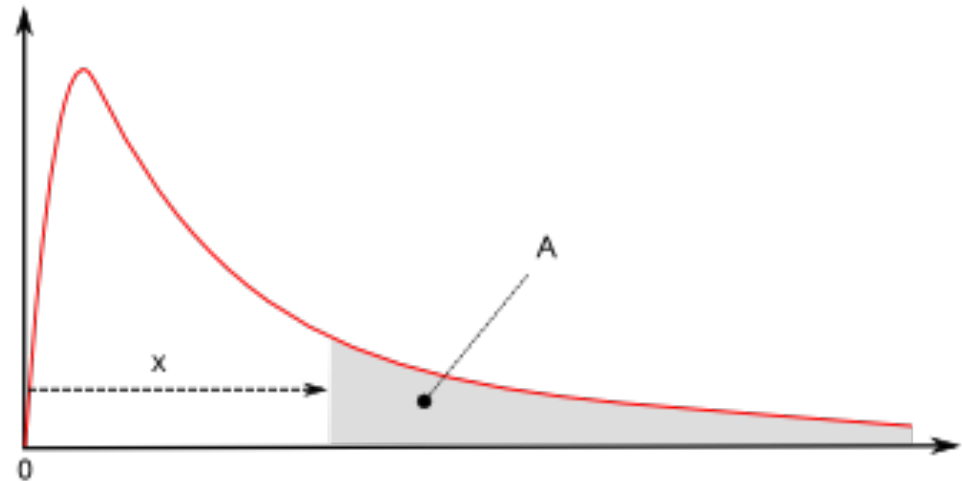
Distribuições

- Duas distribuições serão importantes para atender os 3 casos mencionados:
 - A distribuição qui-quadrado

$$\chi^2 = \frac{(n - 1)s^2}{\sigma^2}$$

- A distribuição F (Fisher-Snedecor)

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$



I - Determinação do desvio padrão populacional

- Um dos usos da distribuição χ^2 é inferir um intervalo de confiança para a variância e o desvio padrão de uma população a partir dos dados de uma amostra.
- Por exemplo: em uma amostra com 30 unidades de um medicamento produzido por uma máquina, verifica-se um desvio padrão de 1,20 mg na massa. Supondo uma distribuição normal, construa um intervalo de confiança de 99% para a variância e o desvio padrão da produção dessa máquina.



Determinação do intervalo de confiança da variância

- Inicialmente, lembramos que:

$s \Rightarrow$ desvio padrão amostral

$s^2 \Rightarrow$ variância amostral

$\sigma \Rightarrow$ desvio padrão populacional

$\sigma^2 \Rightarrow$ variânciapopulacional

- O valor de qui-quadrado é dado por:

$$\chi^2 = \frac{(n - 1)s^2}{\sigma^2}$$

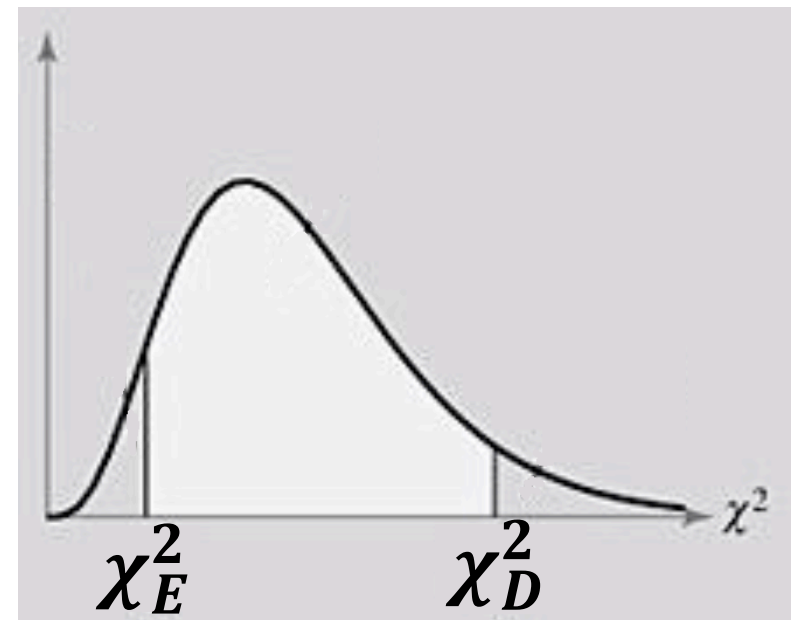
$n \Rightarrow$ número de elementos na amostra

- Os dois valores de χ^2 que definirão o intervalo de confiança são:

$\chi_D^2 \Rightarrow$ limite direito

$\chi_E^2 \Rightarrow$ limite esquerdo

- A tabela F mostra os valores da área à direita de χ^2



Como usar a tabela

- Exemplo: encontrar os valores críticos para χ^2 direito e esquerdo para um intervalo de confiança de 90% e uma amostra de 20 elementos

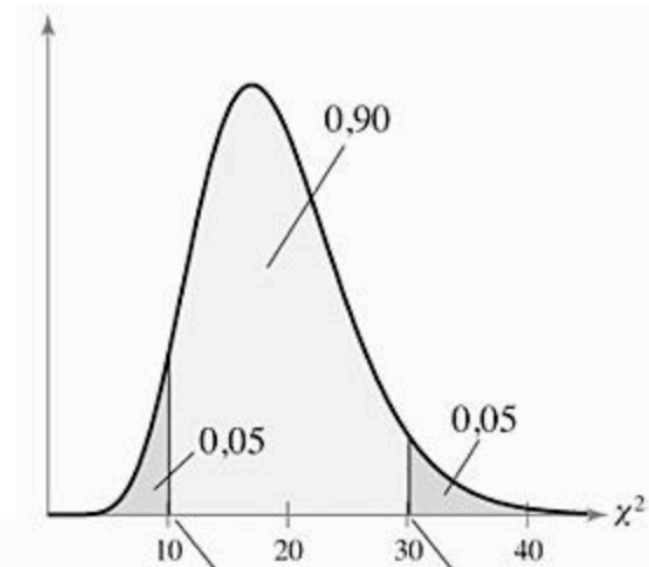
$$Gl = n - 1 = 20 - 1 = 19$$

$$\text{área à direita de } \chi_D^2 = \frac{1 - c}{2} = \frac{1 - 0,9}{2} = 0,05$$

$$\text{área à esquerda de } \chi_E^2 = \frac{1 + c}{2} = \frac{1 + 0,9}{2} = 0,95$$

Graus de liberdade	α						
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,90	0,10	0,05
1	—	—	0,001	0,004	0,016	2,706	3,841
2	0,010	0,020	0,051	0,103	0,211	4,605	5,991
3	0,072	0,115	0,216	0,352	0,584	6,251	7,815
15	4,601	5,229	6,262	7,261	8,547	22,307	24,996
16	5,142	5,812	6,908	7,962	9,312	23,542	26,296
17	5,697	6,408	7,564	8,672	10,085	24,769	27,587
18	6,265	7,015	8,231	9,390	10,865	25,989	28,869
19	6,844	7,633	8,907	10,117	11,651	27,204	30,144
20	7,434	8,260	9,591	10,851	12,443	28,412	31,410

χ_L^2 χ_R^2



$$\chi_E^2 = 10,117 \quad \chi_D^2 = 30,144$$

Análise: 90% da área sob a curva está situada entre os valores 10,117 e 30,144.

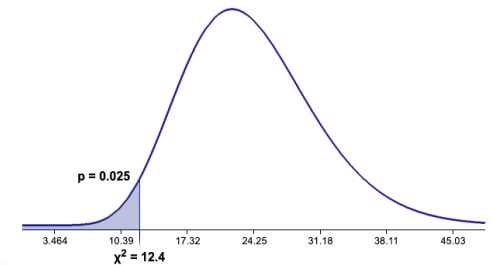
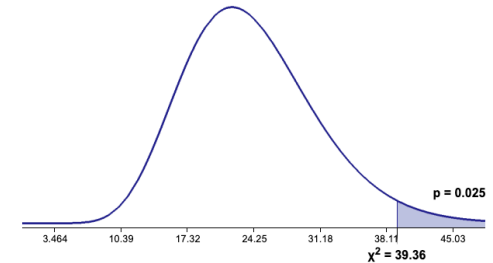
Exemplo

- Encontre os valores críticos para um intervalo de confiança de 95% quando o tamanho da amostra for 25 elementos.

$$Gl = n - 1 = 25 - 1 = 24$$

$$\text{área à direita de } \chi_D^2 = \frac{1 - c}{2} = \frac{1 - 0,95}{2} = 0,025$$

$$\text{área à direita de } \chi_E^2 = \frac{1 + c}{2} = \frac{1 + 0,95}{2} = 0,975$$



Graus de liberdade	α									
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,90	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
1	—	—	0,001	0,004	0,016	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	0,211	4,605	5,991	7,378	9,210	10,597
23	9,260	10,196	11,689	13,091	14,848	32,007	35,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	15,659	33,196	36,415	39,364	42,980	45,559
25	10,520	11,524	13,120	14,611	16,473	34,382	37,652	40,646	44,314	46,928

$$\chi_E^2 = 12,401$$

$$\chi_D^2 = 39,364$$

Exemplo

- O uso de sites ou de planilhas pode ser conveniente para encontrar os valores de χ^2

- Exemplo de site

StatDistributions.com

Enter either the p-value (represented by the blue area on the graph) or the test statistic (the coordinate along the horizontal axis) below to have the other value computed.

Chi-square distribution

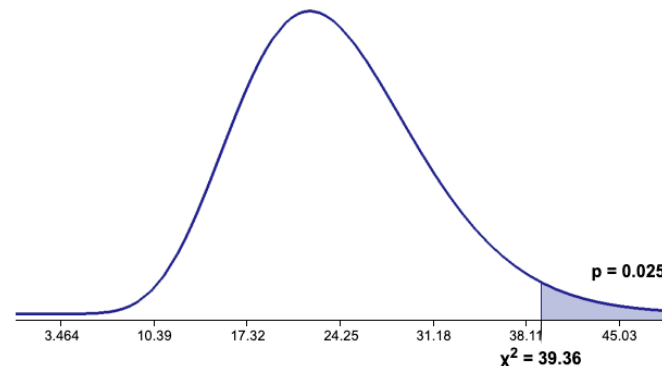
Other distributions: [Normal](#) • [Student's t](#) • [F](#)

p-value: 0.025

χ^2 value: 39.36

d.f.: 24

☒ right tail
☐ left tail



<http://www.statdistributions.com/chisquare?p=0.025&df=24>

- Exemplo com Excel

	B	C
39	Prob=>	0,025
40	Gl=>	24
41	qui-quadrado	=INV.QUIQUA.CD(C39;C40)

Comando

	B	C
39	Prob=>	0,025
40	Gl=>	24
41	qui-qua	39,364

Resultado

Intervalo de confiança para o desvio padrão

- Lembrando que:

$$\chi^2 = \frac{(n - 1)s^2}{\sigma^2}$$

- Podemos fazer:

$$\sigma^2 = \frac{(n - 1)s^2}{\chi^2}$$

- E o intervalo de confiança do desvio padrão populacional será dado por:

$$\sqrt{\frac{(n - 1)s^2}{\chi_D^2}} < \sigma < \sqrt{\frac{(n - 1)s^2}{\chi_E^2}}$$

Exemplo

- Um pesquisador acompanhou a migração de 51 baleias durante um ano, e constatou um desvio padrão de 860 milhas nas distâncias percorridas. Construa um intervalo de confiança de 90% e de 95% para o desvio padrão da população de baleias, assumindo uma distribuição normal.



Exemplo

- 90%

$$Gl = n - 1 = 51 - 1 = 50$$

$$\text{área à direita de } \chi_D^2 = \frac{1 - c}{2} = \frac{1 - 0,90}{2} = 0,05 \Rightarrow \chi_D^2 = 67,505$$

$$\text{área à esquerda de } \chi_E^2 = \frac{1 + c}{2} = \frac{1 + 0,90}{2} = 0,95 \Rightarrow \chi_E^2 = 34,764$$

$$\sqrt{\frac{(n - 1)s^2}{\chi_D^2}} < \sigma < \sqrt{\frac{(n - 1)s^2}{\chi_E^2}}$$

$$\sqrt{\frac{(51 - 1)860^2}{67,505}} < \sigma < \sqrt{\frac{(51 - 1)860^2}{34,764}} \Rightarrow 740,14 < \sigma < 1031,38$$

Resposta: o intervalo de confiança de 90% para o desvio padrão da distância de migração das baleias é de 740 milhas a 1031 milhas

Exemplo

- 95%

$$Gl = n - 1 = 51 - 1 = 50$$

$$\text{área à direita de } \chi_D^2 = \frac{1 - c}{2} = \frac{1 - 0,95}{2} = 0,025 \Rightarrow \chi_D^2 = 71,420$$

$$\text{área à esquerda de } \chi_E^2 = \frac{1 + c}{2} = \frac{1 + 0,95}{2} = 0,975 \Rightarrow \chi_E^2 = 32,357$$

$$\sqrt{\frac{(n - 1)s^2}{\chi_D^2}} < \sigma < \sqrt{\frac{(n - 1)s^2}{\chi_E^2}}$$

$$\sqrt{\frac{(51 - 1)860^2}{71,420}} < \sigma < \sqrt{\frac{(51 - 1)860^2}{32,357}} \Rightarrow 719,57 < \sigma < 1069,05$$

Resposta: o intervalo de confiança de 90% para o desvio padrão da distância de migração das baleias é de 720 milhas a 1069 milhas

Exercício

- Em uma amostra com 30 unidades de um medicamento, verifica-se um desvio padrão de 1,20 mg na massa. Supondo uma distribuição normal, construa um intervalo de confiança de 99% para o desvio padrão da população.



Exercício

$$n = 30, s = 1,2, \alpha = 1\%$$

$$Gl = n - 1 = 30 - 1 = 29$$

$$\text{área à direita de } \chi_D^2 = \frac{1 - c}{2} = \frac{1 - 0,99}{2} = 0,005 \Rightarrow \chi_D^2 = 52,336$$

$$\text{área à direita de } \chi_E^2 = \frac{1 + c}{2} = \frac{1 + 0,99}{2} = 0,995 \Rightarrow \chi_E^2 = 13,121$$

$$\sqrt{\frac{(n - 1)s^2}{\chi_D^2}} < \sigma < \sqrt{\frac{(n - 1)s^2}{\chi_E^2}}$$

$$\sqrt{\frac{(30 - 1)1,2^2}{52,336}} < \sigma < \sqrt{\frac{(30 - 1)1,2^2}{13,121}} \Rightarrow 0,8933 < \sigma < 1,784$$

Resposta: o intervalo de confiança de 90% para o desvio padrão da massa das unidades de medicamento é de 0,89 g a 1,78 g

II – Comparação de distribuição de frequências

- A distribuição qui-quadrado também pode ser usada para avaliar se uma distribuição de frequência se encaixa em uma distribuição esperada.
- Por exemplo, o fabricante de um doce acredita que o número de unidades de cores diferentes é distribuído uniformemente nas embalagens. Uma seleção de 500 embalagens aleatórias mostra a seguinte distribuição:

Cor	Frequência, f
Marrom	80
Amarelo	95
Vermelho	88
Azul	83
Laranja	76
Verde	78

É possível afirmar que a distribuição é diferente, ou a diferença é casual?



Teste de ajuste qui-quadrado

- O teste segue o procedimento de um teste de hipótese
- Os valores críticos são obtidos na tabela qui-quadrado, de acordo com a significância e os graus de liberdade, que depende da quantidade de categorias k da distribuição:

$$Gl = k - 1$$

- O valor teste será dado por

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

Sendo:

$O \Rightarrow$ frequência observada

$E \Rightarrow$ frequência esperada

Exemplo

- Um gerente planeja fazer uma campanha publicitária para os 6 tipos de músicas da emissora, e pretende dividir a verba de acordo com a preferência dos ouvintes. Segundo os registros da rádio, o percentual de preferência é o abaixo. Ele realiza uma pesquisa com 500 ouvintes e encontra os valores também anotados abaixo. Com uma significância de 1%, é possível afirmar que as distribuições de frequência esperada e observada são diferentes?

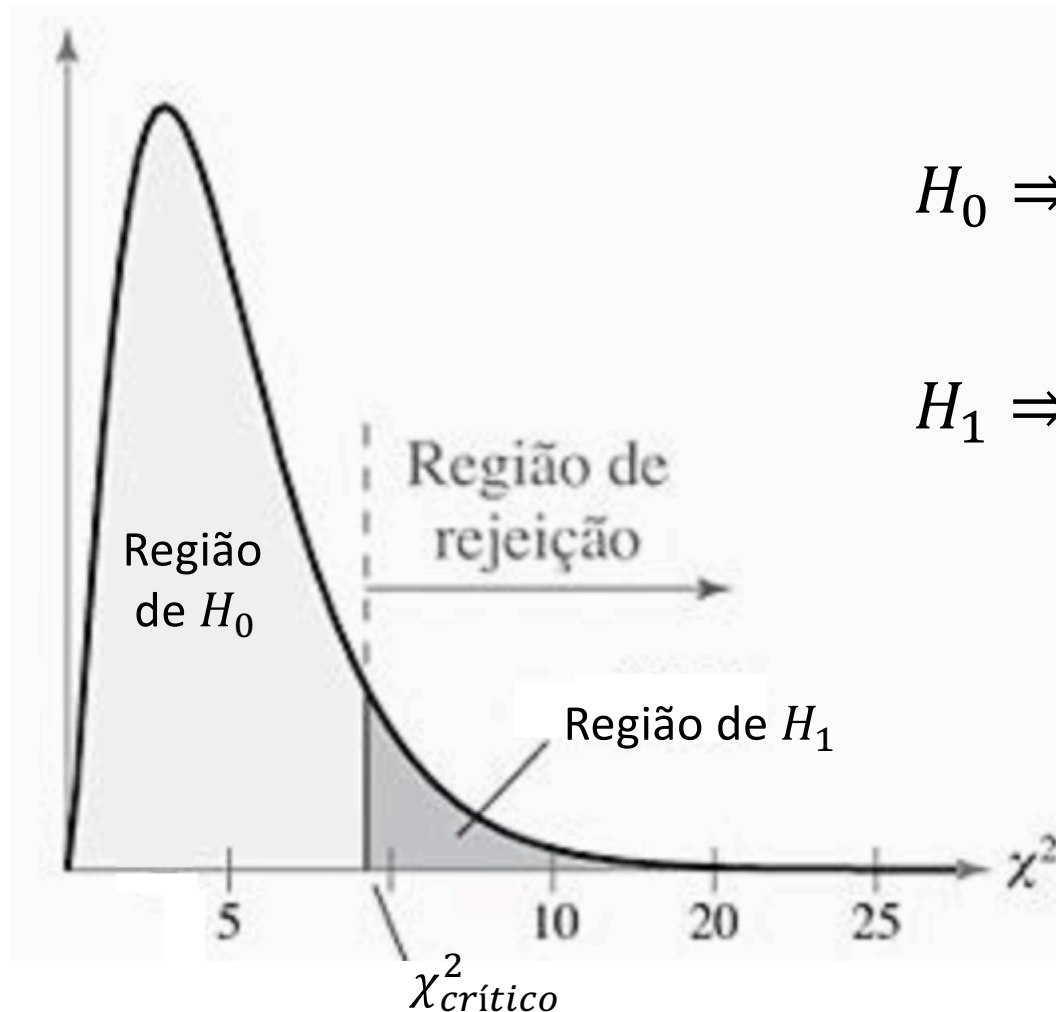
Tipo de música	% de ouvintes	Frequência esperada	Frequência observada
Clássica	4%	$500(0,04) = 20$	8
Country	36%	$500(0,36) = 180$	210
Gospel	11%	$500(0,11) = 55$	72
Antiga	2%	$500(0,02) = 10$	10
Pop	18%	$500(0,18) = 90$	75
Rock	29%	$500(0,29) = 145$	125

Procedimento

1. Estabelecer as hipóteses

H_0 : As distribuições de frequências não diferem entre si

H_1 : A distribuição de frequências observada difere da esperada



$$H_0 \Rightarrow \chi^2_{teste} < \chi^2_{crítico}$$

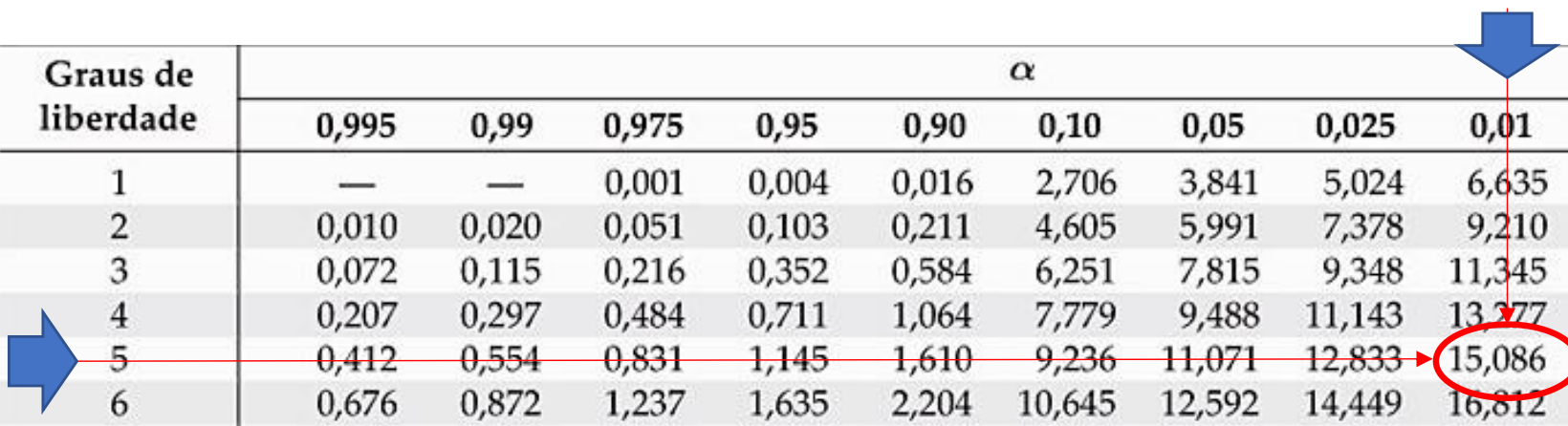
$$H_1 \Rightarrow \chi^2_{teste} > \chi^2_{crítico}$$

Procedimento

- Determinar o valor crítico (sempre unicaudal à direita para o teste qui-quadrado)

$$Gl = k - 1 = 6 - 1 = 5; \quad \alpha = 0,01$$

$$\chi^2_{crítico} = 15,086$$



Graus de liberdade	α									
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,90	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
1	—	—	0,001	0,004	0,016	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	0,211	4,605	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	0,584	6,251	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	1,064	7,779	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	1,610	9,236	11,071	12,833	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	2,204	10,645	12,592	14,449	16,812	18,548

Procedimento

3. Determinar o valor teste

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

$$\chi^2_{teste} = \frac{(8 - 20)^2}{20} + \frac{(210 - 180)^2}{180} +$$

$$\frac{(72 - 55)^2}{55} + \frac{(10 - 10)^2}{10} + \frac{(75 - 90)^2}{90} + \frac{(125 - 145)^2}{145}$$

$$\chi^2_{teste} = 22,713$$

Tipo de música	Frequência observada	Frequência Esperada
Clássica	8	20
Country	210	180
Gospel	72	55
Antiga	10	10
Pop	75	90
Rock	125	145

Procedimento

4. Conclusão: o valor de teste está na região de rejeição da hipótese nula. O gerente deve concluir que houve sim mudança nas preferências musicais dos ouvintes



Exercício

- Por exemplo, o fabricante de um confeito acredita que o número de unidades de cores diferentes é distribuído uniformemente nas embalagens. Uma seleção de 500 embalagens aleatórias mostra a seguinte distribuição:

Cor	Frequência, f
Marrom	80
Amarelo	95
Vermelho	88
Azul	83
Laranja	76
Verde	78

Com uma significância de 5%, é possível afirmar que a distribuição é diferente, ou a diferença é casual?



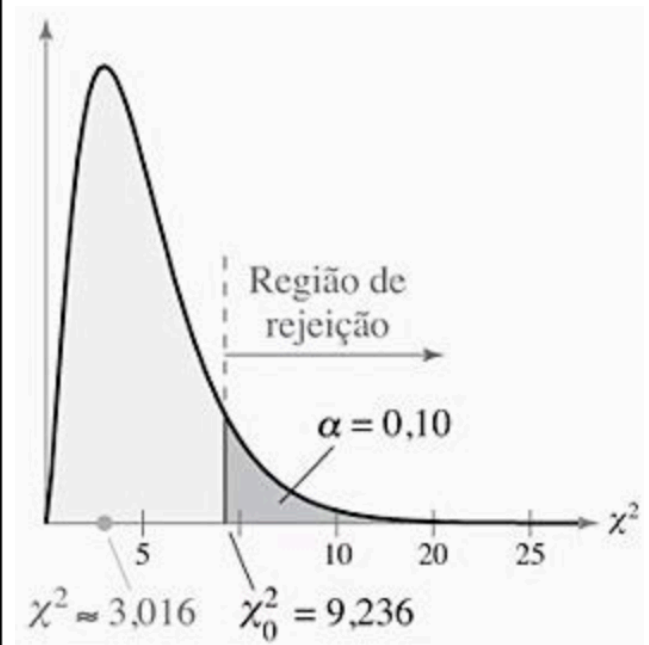
Exemplo

- Hipóteses

H_0 : As distribuições de frequências não diferem

H_1 : A distribuição de frequência observada difere da esperada

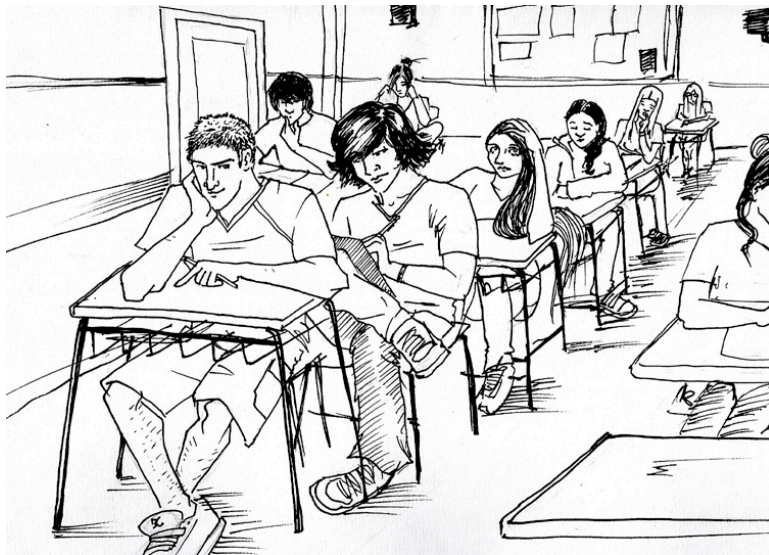
Cores	Valores Esperados		Valores Observados	
	%	Unidades		
Marrom	17%	83	80	
Amarelo	17%	83	95	
Vermelho	17%	83	88	
Azul	17%	83	83	
Laranja	17%	83	76	
Verde	17%	83	78	
Amostra	500		p	0,697519
			Valor teste	3,016
			Valor crítico	9,236



- Conclusão: Aceitar H_0 : as distribuições não diferem

III - Comparando duas variâncias

- Muitas vezes a comparação da variância de duas populações pode ser o que desejamos saber.
- Exemplo: uma amostra aleatória de 12 notas da turma matutina de um curso apresentou um desvio padrão de 36,8 pontos, ao passo que numa amostra de 14 notas da turma vespertina o desvio padrão foi de 32,5 pontos. É possível afirmar que há diferença do desvio padrão entre as turmas?



Comparando duas variâncias

- Para realizar essa comparação, utilizamos o teste estatístico F, definido por:

$$F_{teste} = \frac{s_1^2}{s_2^2} \quad \text{com } s_1^2 > s_2^2$$

onde s_1^2 e s_2^2 representam as variâncias amostrais

- O valor de F sempre será $F \geq 1$.
- Todos os testes são unicaudais à direita, e, para os bicaudais, só precisamos encontrar o valor crítico caudal à direita

Comparando duas variâncias

- As condições para a validade da comparação das variâncias são:
 - As amostras devem ser aleatórias
 - As amostras devem ser independentes
 - Cada população deve ter uma distribuição normal
- O procedimento para a comparação da variância é similar aos demais testes estatísticos
 - Estabelecer as hipóteses nula e alternativa
 - Estabelecer o valor crítico, F crítico
 - Calcular o valor de teste, F teste
 - Estabelecer a conclusão

Comparando duas variâncias - Procedimento

1. Estabelecer as hipóteses

- Esse passo pode ser feito de modo similar à comparação de médias e proporções populacionais

$$\begin{cases} H_0: \sigma_1 = \sigma_2 \\ H_1: \sigma_1 \neq \sigma_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} H_0: \sigma_1 = \sigma_2 \\ H_1: \sigma_1 < \sigma_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} H_0: \mu_1 = \mu_2 \\ H_1: \sigma_1 > \sigma_2 \end{cases}$$

Comparando duas variâncias - Procedimento

2. Estabelecer o(s) valor(es) crítico(s)

- Os valores críticos de F são obtidos com a distribuição F, composta por uma família de curvas que dependem:
 - Do grau de liberdade das amostras

$$Gl_1 = n_1 - 1$$

$$Gl_2 = n_2 - 1$$

- Da significância desejada
 - Para testes unicaudais, usaremos α na tabela F
 - Para testes bicaudais, usaremos $\frac{\alpha}{2}$ na tabela F

Tabela F – exemplo, unicaudal

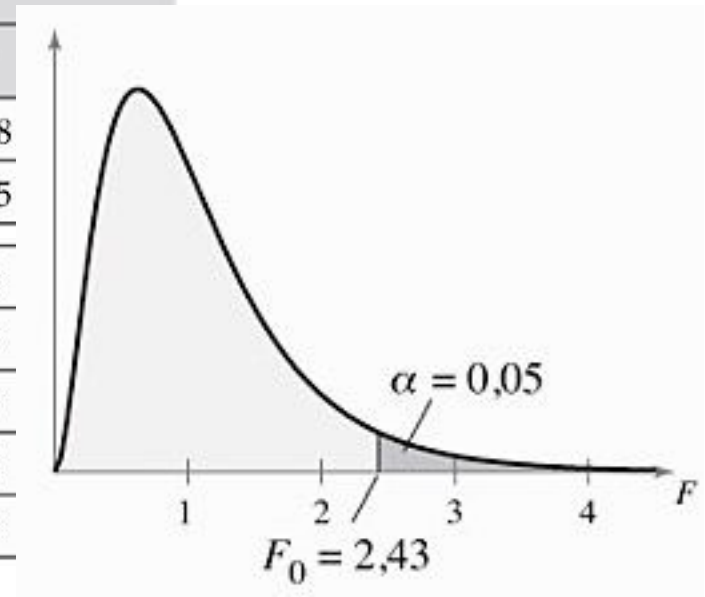
- Encontrar o valor crítico de F para um teste unicaudal à direita quando $\alpha = 5\%$, $n_1 = 7$ e $n_2 = 30$, sabendo-se que $s_1^2 > s_2^2$

$$Gl_1 = 7 - 1 = 6$$

$$Gl_2 = 30 - 1 = 29$$

$$\alpha = 0,05 \text{ (unicaudal)}$$

g.l. _D : Graus de liberdade, denominador	$\alpha = 0,05$						
	g.l. _N : Graus de liberdade, numerador						
	1	2	3	4	5	6	7
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33



Teste F – exemplo, bicaudal

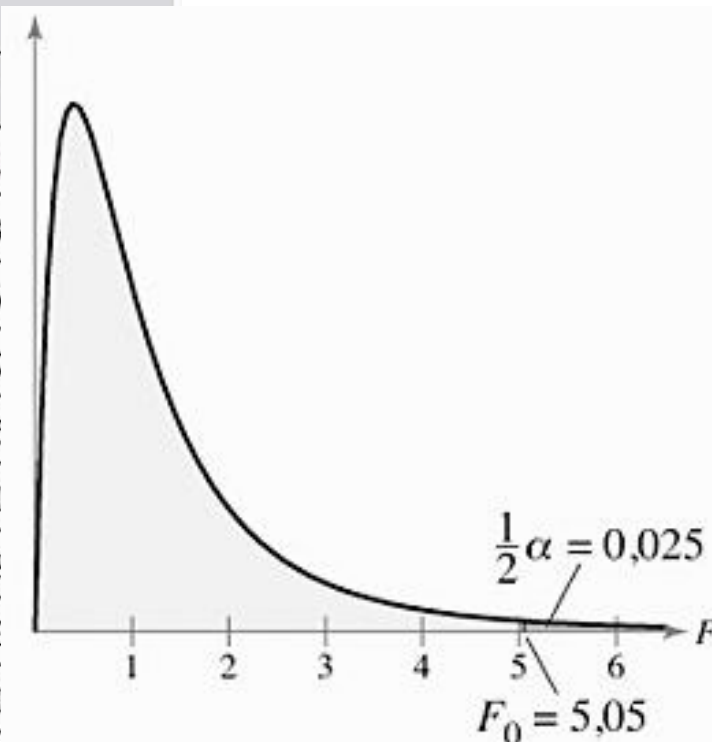
- Encontrar o valor crítico de F para um teste bicaudal quando $\alpha = 5\%$, com $n_1 = 5$ e $n_2 = 9$, sabendo-se que $s_1^2 > s_2^2$

$$Gl_1 = 5 - 1 = 4$$

$$Gl_2 = 9 - 1 = 8$$

$$\frac{\alpha}{2} = 0,025 \text{ (bicaudal)}$$

g.l. _D : Graus de liberdade, denominador	$\alpha = 0,025$						
	g.l. _N : Graus de liberdade, numerador						
	1	2	3	4	5	6	7
1	647,8	799,5	864,2	899,6	921,8	937,1	948,0
2	38,51	39,00	39,17	39,25	39,30	39,33	39,36
3	17,44	16,04	15,44	15,10	14,88	14,73	14,60
4	12,22	10,65	9,98	9,60	9,36	9,20	9,07
5	10,01	8,43	7,76	7,39	7,15	6,98	6,85
6	8,81	7,26	6,60	6,23	5,99	5,82	5,70
7	8,07	6,54	5,89	5,52	5,29	5,12	4,99
8	7,57	6,06	5,42	5,05	4,82	4,65	4,52
9	7,21	5,71	5,08	4,72	4,48	4,32	4,20



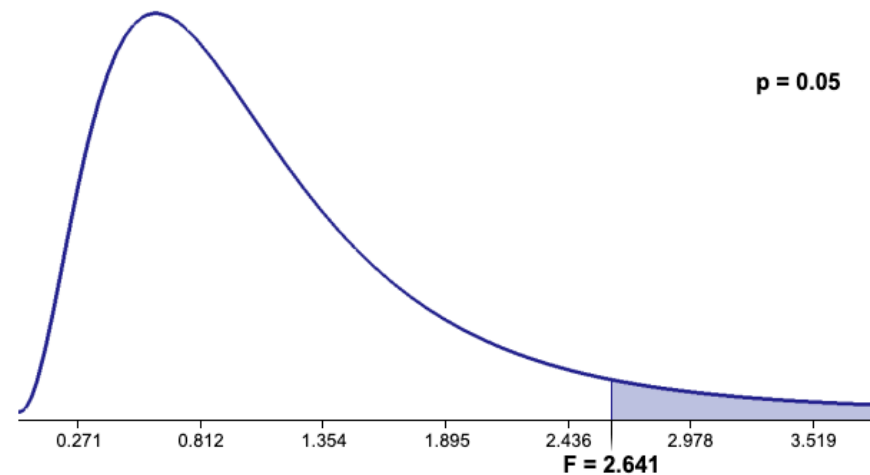
Exemplo

- Encontrar o valor crítico de F para um teste unicaudal à direita quando $\alpha = 5\%$, $n_1 = 9$ e $n_2 = 16$, sabendo-se que $s_1^2 > s_2^2$
- Encontrar o valor crítico de F para um teste bicaudal quando $\alpha = 5\%$, com $n_1 = 9$ e $n_2 = 16$, sabendo-se que $s_1^2 > s_2^2$

Exemplo

- Encontrar o valor crítico de F para um teste unicaudal à direita quando $\alpha = 5\%$, $n_1 = 9$ e $n_2 = 16$, sabendo-se que $s_1^2 > s_2^2$

- Resposta: $F_{crítico} = 2,64$



- Encontrar o valor crítico de F para um teste bicaudal quando $\alpha = 5\%$, com $n_1 = 9$ e $n_2 = 16$, sabendo-se que $s_1^2 > s_2^2$

- Resposta: $F_{crítico} = 3,20$

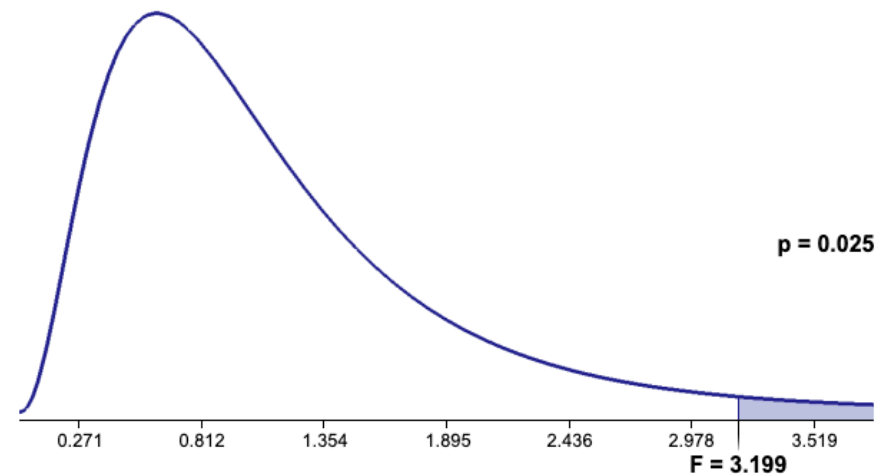
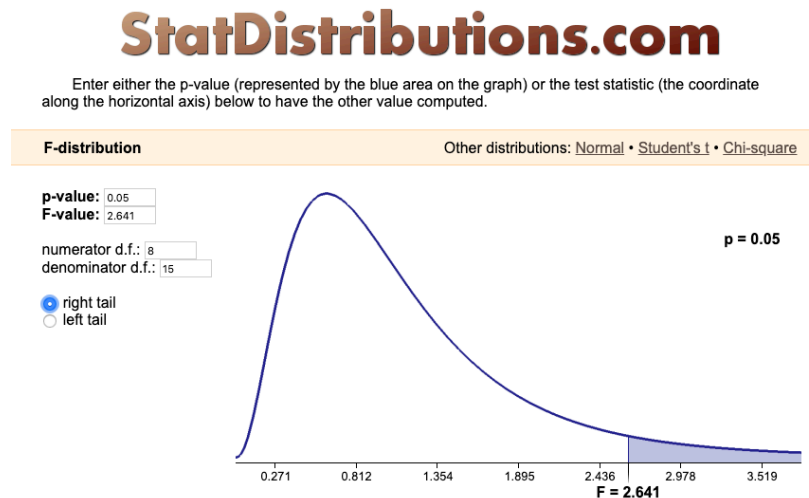


Tabela F – exemplo, unicaudal

- O uso de sites ou de planilhas pode ser conveniente para a determinação de valores de F

- Exemplo de site



<http://www.statdistributions.com/f?p=0.05&df1=8&df2=15>

- Exemplo no Excel

	B	C
34	Prob=>	0,05
35	Gl1=>	8
36	Gl2=>	15
37	F	=INV.F.CD(C34;C35;C36)

Comando

	B	C
34	Prob=>	0,05
35	Gl1=>	8
36	Gl2=>	15
37	F	2,641

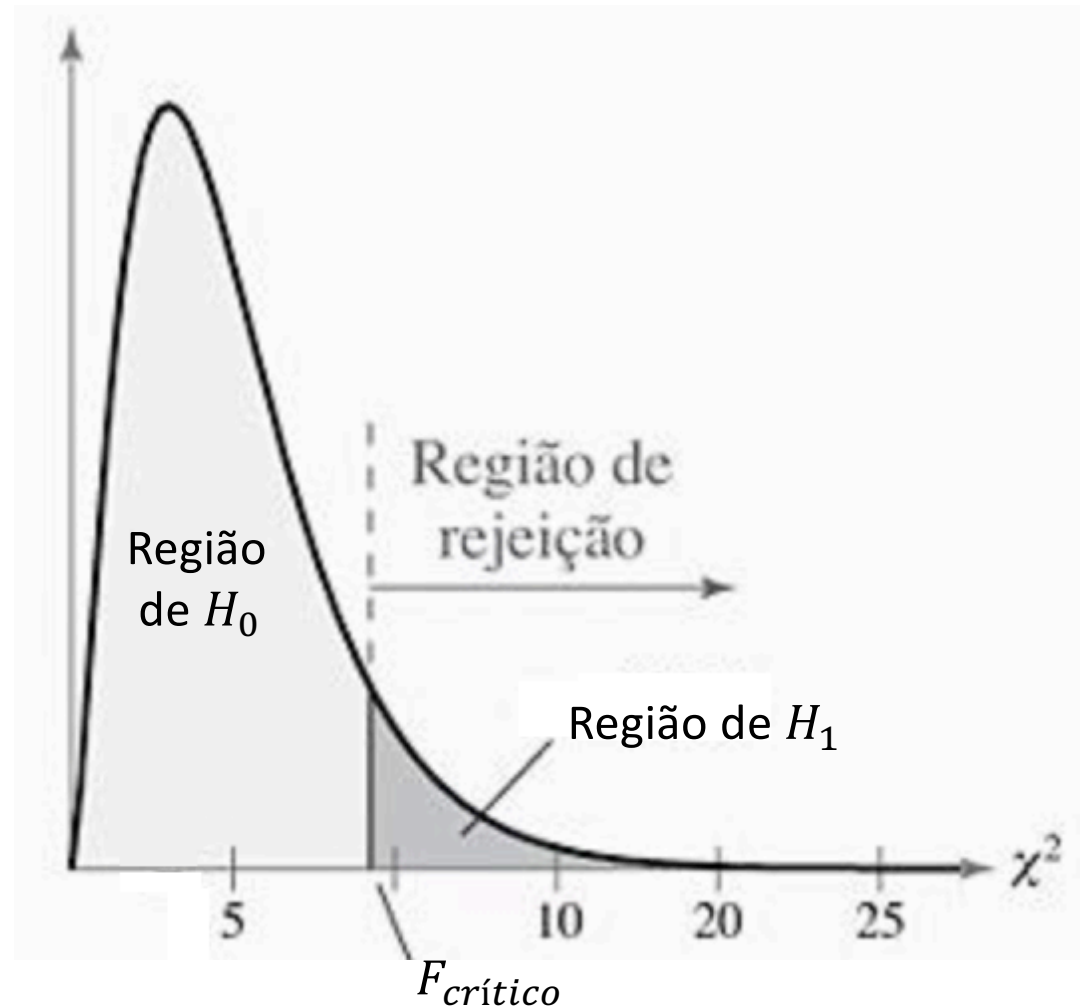
Resultado

Comparando duas variâncias - Procedimento

3. Calcular o valor teste

$$F_{teste} = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

4. Comparar o F_{teste} com o $F_{crítico}$



Exemplo

- Um gerente está avaliando um sistema de atendimento que diminui a variância no tempo de espera com hora marcada dos clientes. Com o sistema atual, uma avaliação de 10 clientes mostrou um desvio padrão de 20 min. Um teste piloto com 21 clientes utilizando um novo sistema resultou em um desvio padrão de 16 min. Com uma significância de 10%, há evidência suficiente para a adoção do novo sistema?



$$s_1 = 20 \text{ min. (atual)}$$

$$s_2 = 16 \text{ min. (proposto)}$$

Resolução

1. Hipóteses

- Lembrar que s_1 deve ser o maior; aqui, o sistema original

$H_0: \sigma_1 = \sigma_2$ (os desvios padrões são iguais)

$H_1: \sigma_1 > \sigma_2$ (o desvio padrão do sistema original é maior)

2. Valor crítico $\alpha = 0,10$

$Gl_1 = n_1 - 1 = 10 - 1 = 9$ (numerador) $F_{crítico} = 1,96$

$Gl_2 = n_2 - 1 = 21 - 1 = 20$ (denominador)

g.l.D: Graus de liberdade, denominador	$\alpha = 0,10$									
	g.l.N: Graus de liberdade									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	39,86	49,50	53,59	55,83	57,24	58,20	58,91	59,44	59,86	60,19
2	8,53	9,00	9,16	9,24	9,29	9,33	9,35	9,37	9,38	9,39
19	2,99	2,61	2,40	2,27	2,18	2,11	2,06	2,02	1,98	1,96
20	2,97	2,59	2,38	2,25	2,16	2,09	2,04	2,00	1,96	1,94
21	2,96	2,57	2,36	2,23	2,14	2,08	2,02	1,98	1,95	1,92

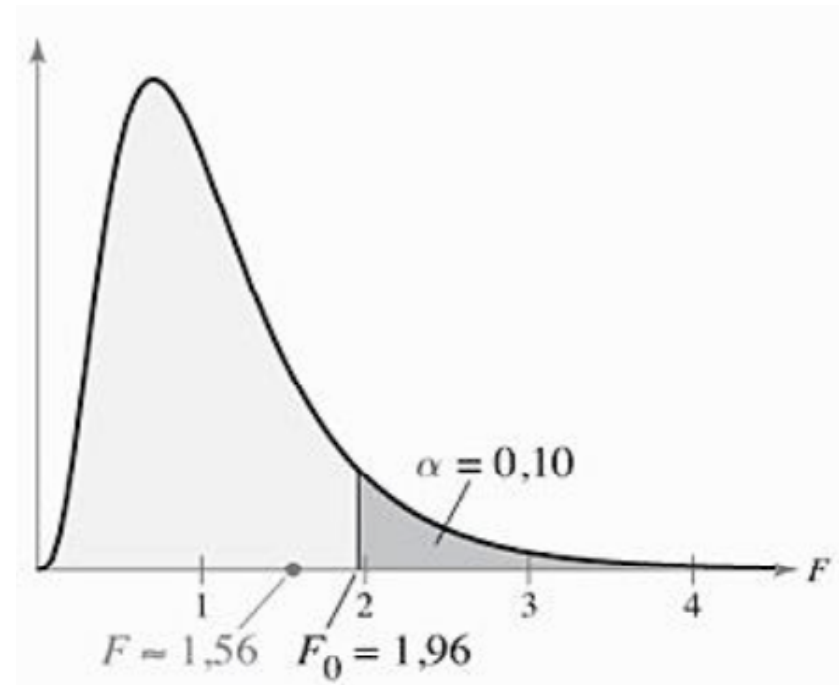
Resolução

3. Valor teste

$$F_{teste} = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{20^2}{16^2} = \frac{400}{256} = 1,56$$

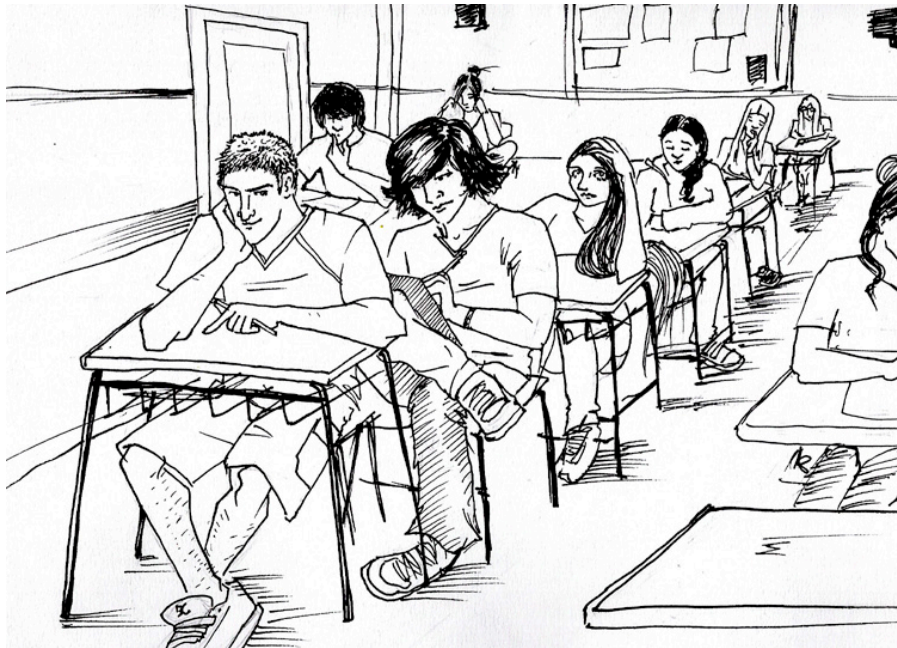
4. Conclusão

- O valor de teste está na região de aceitação de H_0 .
- Não há justificativa estatística para afirmar que o novo sistema apresenta menor desvio padrão.



Exercício

- Uma amostra aleatória de 12 notas da turma matutina de um curso apresentou um desvio padrão de 36,8 pontos, ao passo que numa amostra de 14 notas da turma vespertina o desvio padrão foi de 32,5 pontos. É possível afirmar, com uma significância de 10%, que há diferença do desvio padrão entre as turmas?



Lembrete: avaliar
sempre se a comparação
é unicaudal ou bicaudal

Resolução

1. Hipóteses

- Lembrar que s_1 deve ser o maior; aqui, a turma matutina

$H_0: \sigma_1 = \sigma_2$ (os desvios padrões são iguais).

$H_1: \sigma_1 \neq \sigma_2$ (o desvio padrão são diferentes)

2. Valor crítico $\frac{\alpha}{2} = \frac{0,10}{2} = 0,05$ (*bicaudal*)

$Gl_1 = n_1 - 1 = 12 - 1 = 11$ (numerador)

$Gl_2 = n_2 - 1 = 14 - 1 = 13$ (denomidador)

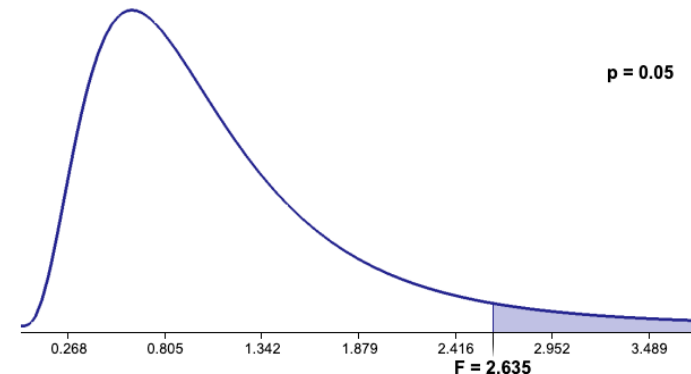
$F_{crítico} = 2,635$

3. Valor teste

$$F_{teste} = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{36,8^2}{32,5^2} = 1,282$$

4. Conclusão

- Aceitar H_0 : os desvios padrão são estatisticamente iguais



Conclusão

- Utilizamos as distribuições qui-quadrado e F para tratar de três situações comuns na estatística
 - I. Estimar qual o desvio padrão de uma população a partir do desvio padrão amostral
 - II. Comparar se as frequências observadas de uma variável correspondem às esperadas
 - III. Comparar o desvio padrão de duas populações