

PRO2514 – Pesquisa Quantitativa

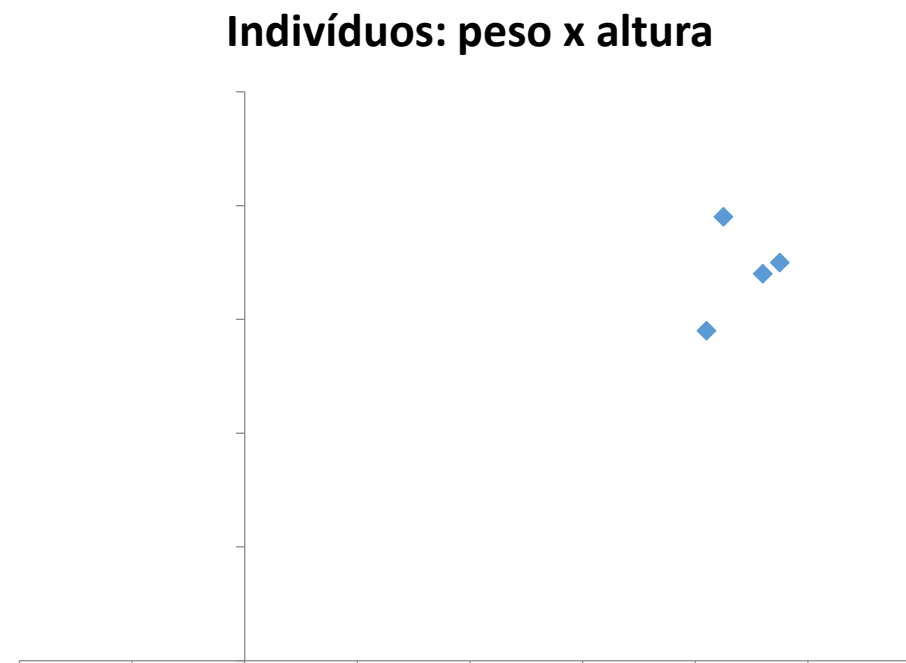
Aula 03 –

Prof. Dr. Renato de Oliveira Moraes

Análise Fatorial – Sumário

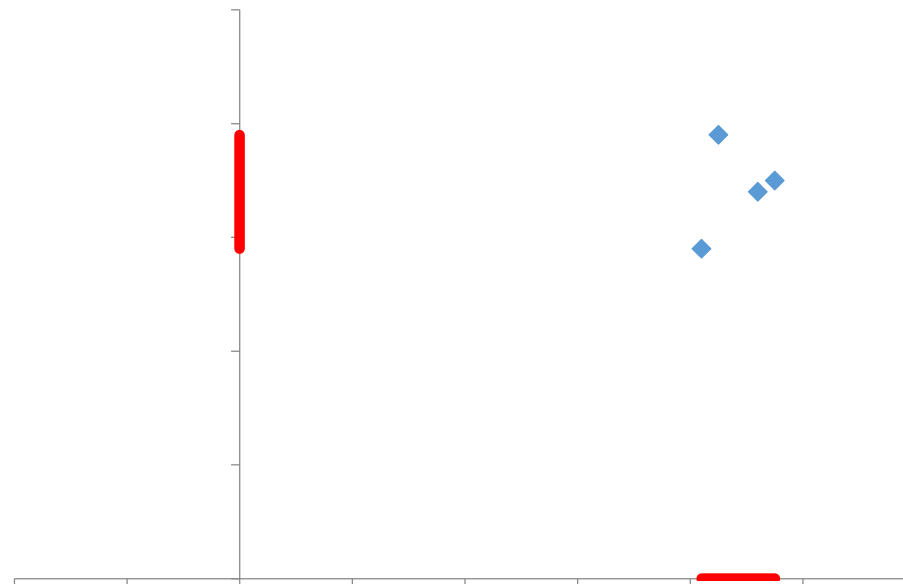
- Conceito geral
- Correlações
- Tamanho da amostra
- Teste de esfericidade de Bartlett
- KMO – Kayser Meyer Olkmim
- Auto valor – eigen value
- Comunalidades extraídas
- Comportamento explicado
- Número de fatores extraídos
- Rotação ortogonal e não ortogonal
- Cargas fatoriais significativas
- Interpretação
- Validação
- Confiabilidade interna – Alpha de Cronbach
- Significado prático

Conceito geral

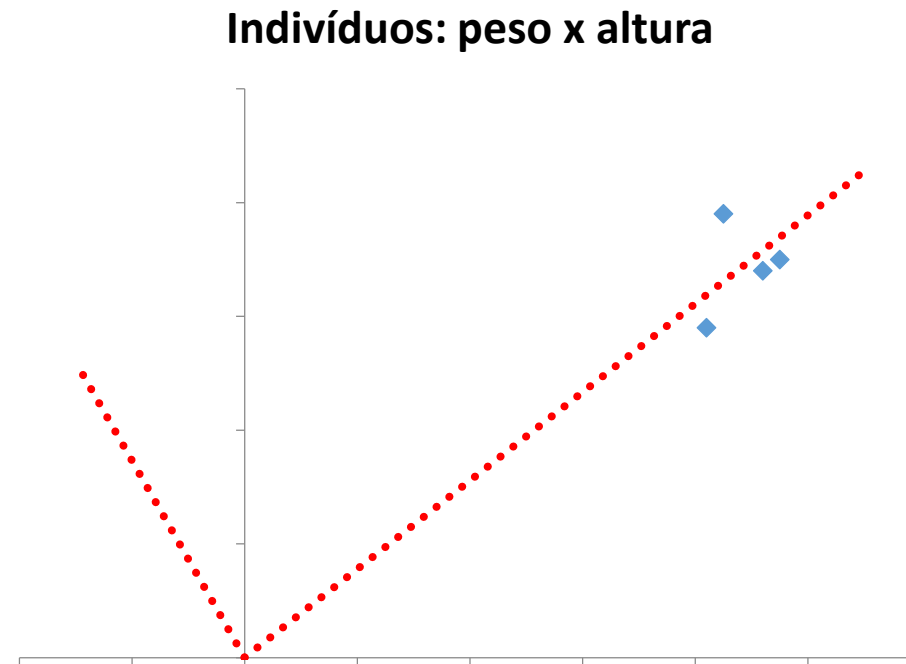


Conceito geral

Indivíduos: peso x altura

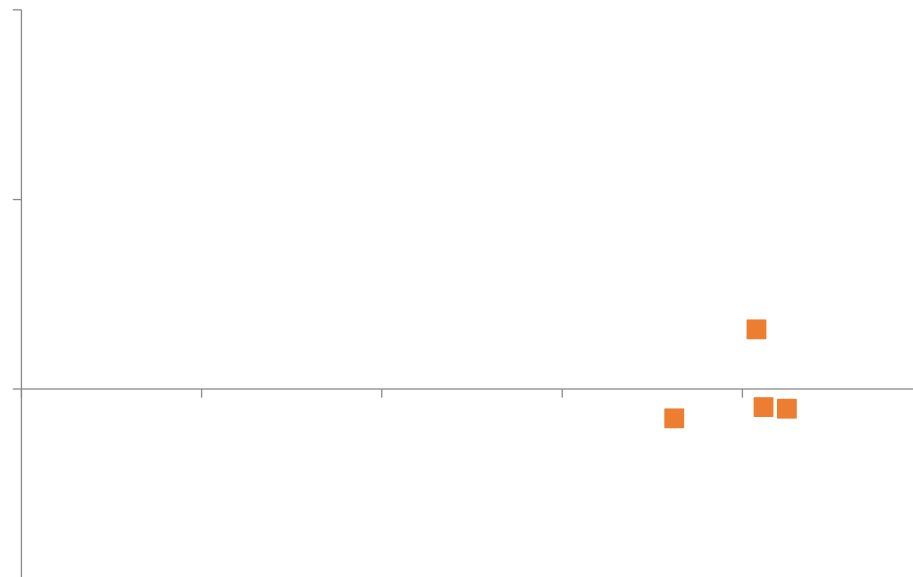


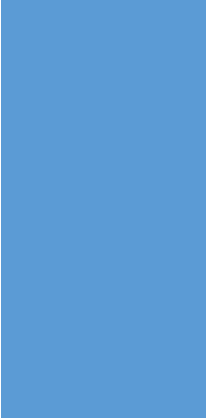
Conceito geral



Conceito geral

Indivíduos: tamanho





Samouels's Greek Cuisine

HAIR, J. F. *et al.* **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

O Problema

- A avaliação do restaurante (Samouel's), feita pelos os clientes, é melhor que o da concorrência ?

Coleta de Dados

- Questões de triagem
- Questionário
 - Percepção sobre restaurante
 - Fatores de seleção de restaurante
 - Relacionamento com o restaurante
 - Classificação dos respondente

Questões de triagem

- Questões
 - Você sempre vem aqui?
- US\$ 5,00
- Questionário

Percepção sobre restaurante

- X1 - Comida de excelente qualidade
- X2 - Um interior atraente
- X3 - Porções generosas
- X4 - Comida de sabor excelente
- X5 - Bom valor para o dinheiro
- X6 - Funcionários simpáticos
- X7 - Aparência limpa e organizada
- X8 - Um ambiente divertido
- X9 - Grande variedade de pratos
- X10 - Preços razoáveis
- X11 - Funcionário gentis
- X12 - Funcionários competentes

Fatores de seleção de restaurante

- X13 - Qualidade da comida
- X14 - Ambiente
- X15 - Preços
- X16 - Funcionários

Relacionamento com o restaurante

- X17 - Satisfação
- x18 - Probabilidade voltar no futuro
- x19 - Recomendação a um amigo
- X20 - Frequência
 - 3: Muita (4 vezes ou mais por semana)
 - 2: Regular (1 ou 3 vezes por semana)
 - 1: Ocasional (menos de 1 vez por semana)
- x21 - Tempo como cliente
 - 3: mais de 3 anos
 - 2: de 1 a 3 anos
 - 1: menos de 1 ano

Classificação dos respondente

- X22 - Sexo (0=H; 1=M)
- X23 - Idade (por faixas - var. ordinal)
- X24 - Renda (por faixas - var. ordinal)
- X25 - Concorrência
 - 0: Samoeul's Greek Cusine
 - 1: Gino's Italian Ristorante

Correlações

	Excellent Food Q	Attractive Inter	Generous Portion	Excellent Food T	Good Value for M	Friendly Employee	Appears Clean an	Fun Place to Go	Wide Variety of	Reasonable Price	Courteous Employ
Attractive Inter	0,055 0,438										
Generous Portion	0,159 0,025	-0,009 0,899									
Excellent Food T	0,758 0,000	0,045 0,531	0,148 0,037								
Good Value for M	0,291 0,000	0,133 0,060	0,664 0,000	0,271 0,000							
Friendly Employee	0,181 0,010	-0,104 0,142	0,141 0,047	0,157 0,027	0,147 0,038						
Appears Clean an	0,063 0,373	0,444 0,000	0,136 0,054	0,094 0,186	0,127 0,074	-0,094 0,186					
Fun Place to Go	0,043 0,545	0,658 0,000	-0,034 0,635	0,050 0,479	-0,041 0,567	-0,209 0,003	0,491 0,000				
Wide Variety of	0,699 0,000	-0,026 0,713	0,125 0,079	0,753 0,000	0,180 0,011	0,006 0,931	0,057 0,424	-0,037 0,604			
Reasonable Price	0,035 0,619	-0,045 0,525	0,533 0,000	-0,013 0,855	0,316 0,000	0,021 0,772	0,040 0,572	-0,085 0,229	0,047 0,511		
Courteous Employ	0,094 0,187	-0,081 0,251	0,056 0,428	0,099 0,161	0,012 0,869	0,654 0,000	-0,004 0,951	-0,059 0,409	0,003 0,965	0,066 0,356	
Competent Employ	0,283 0,000	-0,137 0,051	0,290 0,000	0,290 0,000	0,359 0,000	0,651 0,000	-0,112 0,115	-0,136 0,055	0,128 0,071	0,011 0,878	0,517 0,000

Tamanho da amostra

- Evitar amostras com menos de 50 observações. Preferivelmente acima de 100.
- O número ideal da amostra varia na proporção de 5 a 20 casos para cada variável. Alguns autores afirmam que isso não tem fundamento, é empírico.

KMO

- O coeficiente KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) é uma medida da adequação dos dados da amostra para a análise fatorial.
- Em geral, quando os dados apresentam baixa correlação o problema é identificado aqui, e não no teste de Bartlett.

Valores do KMO

- Acima de 0,8: excelente
- Entre 0,7 e 0,8: bom
- Entre 0,6 e 0,7: regular
- Entre 0,5 e 0,6: fraco
- Abaixo de 0,5: inaceitável

Cálculo do KMO

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} R_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} R_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} Q_{ij}^2}$$

Onde

R_{ij}^2 : Correlação amostral entre as variáveis i e j .

Q_{ij}^2 : Correlação parcial entre as variáveis i e j .

Cálculo correlação parcial

No Excel

1. Construa a matriz de correlação R_{ij} .
2. Inverta a matriz de correlações $P=R^{-1}$. (P_{ij})
3. Calcule as correlações parciais através da expressão

$$\rho_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sqrt{P_{ii}P_{jj}}}$$

4. Neste caso, KMO = 0,672 (regular)

Matriz de correlações (R)

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12
x1	1,000	0,055	0,159	0,758	0,291	0,181	0,063	0,043	0,699	0,035	0,094	0,283
x2	0,055	1,000	-0,009	0,045	0,133	-0,104	0,444	0,658	-0,026	-0,045	-0,081	-0,137
x3	0,159	-0,009	1,000	0,148	0,664	0,141	0,136	-0,034	0,125	0,533	0,056	0,290
x4	0,758	0,045	0,148	1,000	0,271	0,157	0,094	0,050	0,753	-0,013	0,099	0,290
x5	0,291	0,133	0,664	0,271	1,000	0,147	0,127	-0,041	0,180	0,316	0,012	0,359
x6	0,181	-0,104	0,141	0,157	0,147	1,000	-0,094	-0,209	0,006	0,021	0,654	0,651
x7	0,063	0,444	0,136	0,094	0,127	-0,094	1,000	0,491	0,057	0,040	-0,004	-0,112
x8	0,043	0,658	-0,034	0,050	-0,041	-0,209	0,491	1,000	-0,037	-0,085	-0,059	-0,136
x9	0,699	-0,026	0,125	0,753	0,180	0,006	0,057	-0,037	1,000	0,047	0,003	0,128
x10	0,035	-0,045	0,533	-0,013	0,316	0,021	0,040	-0,085	0,047	1,000	0,066	0,011
x11	0,094	-0,081	0,056	0,099	0,012	0,654	-0,004	-0,059	0,003	0,066	1,000	0,517
x12	0,283	-0,137	0,290	0,290	0,359	0,651	-0,112	-0,136	0,128	0,011	0,517	1,000

Matriz inversa das Correlações (P)

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12
x1	2,747	-0,022	0,163	-1,237	-0,311	-0,318	0,086	-0,207	-0,947	-0,080	0,118	-0,108
x2	-0,022	2,043	0,352	0,048	-0,610	-0,337	-0,263	-1,247	0,025	-0,002	0,119	0,344
x3	0,163	0,352	2,414	0,067	-1,269	-0,120	-0,224	-0,239	-0,145	-0,883	0,162	-0,297
x4	-1,237	0,048	0,067	3,269	-0,232	-0,110	-0,091	-0,210	-1,534	0,189	0,002	-0,303
x5	-0,311	-0,610	-1,269	-0,232	2,272	0,190	-0,114	0,510	0,229	-0,040	0,271	-0,612
x6	-0,318	-0,337	-0,120	-0,110	0,190	2,499	-0,032	0,603	0,414	0,061	-1,064	-1,009
x7	0,086	-0,263	-0,224	-0,091	-0,114	-0,032	1,455	-0,531	-0,089	0,047	-0,155	0,275
x8	-0,207	-1,247	-0,239	-0,210	0,510	0,603	-0,531	2,215	0,345	0,112	-0,194	-0,261
x9	-0,947	0,025	-0,145	-1,534	0,229	0,414	-0,089	0,345	2,797	-0,084	-0,069	0,123
x10	-0,080	-0,002	-0,883	0,189	-0,040	0,061	0,047	0,112	-0,084	1,513	-0,278	0,357
x11	0,118	0,119	0,162	0,002	0,271	-1,064	-0,155	-0,194	-0,069	-0,278	1,953	-0,512
x12	-0,108	0,344	-0,297	-0,303	-0,612	-1,009	0,275	-0,261	0,123	0,357	-0,512	2,369

Matriz de correlações parciais

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8		x10	x11	x12
x1	-1,000	0,009	-0,063	0,413	0,124	0,121	-0,043	0,084	0,342	0,039	-0,051	0,042
x2	0,009	-1,000	-0,159	-0,019	0,283	0,149	0,152	0,586	-0,010	0,001	-0,060	-0,157
x3	-0,063	-0,159	-1,000	-0,024	0,542	0,049	0,120	0,103	0,056	0,462	-0,074	0,124
x4	0,413	-0,019	-0,024	-1,000	0,085	0,038	0,042	0,078	0,507	-0,085	-0,001	0,109
x5	0,124	0,283	0,542	0,085	-1,000	-0,080	0,063	-0,227	-0,091	0,022	-0,129	0,264
x6	0,121	0,149	0,049	0,038	-0,080	-1,000	0,017	-0,256	-0,157	-0,032	0,482	0,415
x7	-0,043	0,152	0,120	0,042	0,063	0,017	-1,000	0,296	0,044	-0,032	0,092	-0,148
x8	0,084	0,586	0,103	0,078	-0,227	-0,256	0,296	-1,000	-0,139	-0,061	0,093	0,114
x9	0,342	-0,010	0,056	0,507	-0,091	-0,157	0,044	-0,139	-1,000	0,041	0,029	-0,048
x10	0,039	0,001	0,462	-0,085	0,022	-0,032	-0,032	-0,061	0,041	-1,000	0,162	-0,189
x11	-0,051	-0,060	-0,074	-0,001	-0,129	0,482	0,092	0,093	0,029	0,162	-1,000	0,238
x12	0,042	-0,157	0,124	0,109	0,264	0,415	-0,148	0,114	-0,048	-0,189	0,238	-1,000

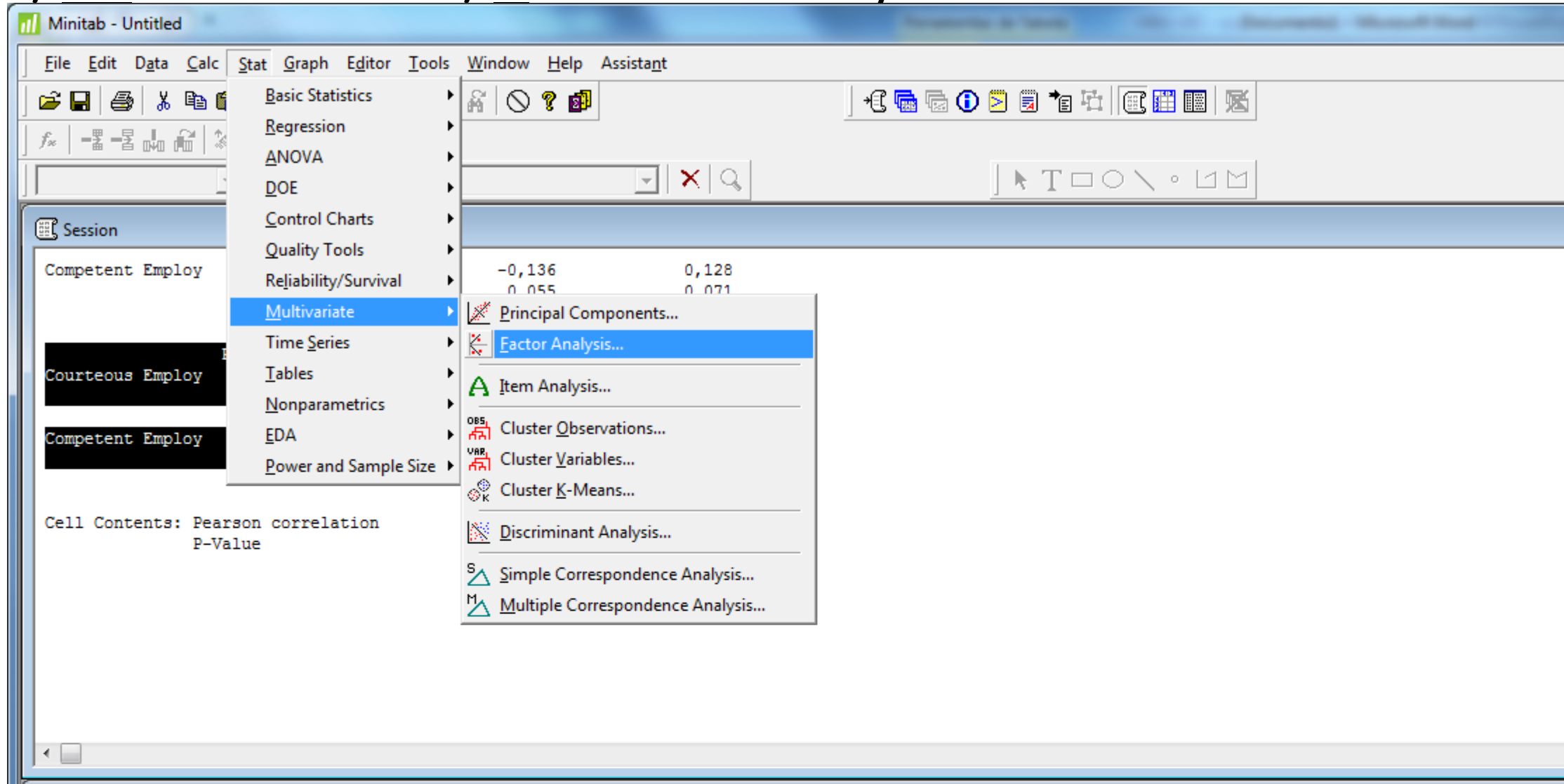
Cálculo do KMO

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} R_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} R_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} Q_{ij}^2} = \frac{5,435}{5,435 + 2,651}$$

$$KMO = 0,672$$

Análise Fatorial no Minitab

Stat/Multivariate/Factor Analysis..



Factor Analysis

Variables:
'Excellent Food Quality'-'Competent Employees'

Number of factors to extract:

Method of Extraction
☒ Principal components ☐ Maximum likelihood

Type of Rotation
☐ None ☐ Equimax ☒ Varimax
☐ Quartimax ☐ Orthomax with gamma:

Select Options... Graphs... Storage...
Help Results... OK Cancel

C1 id
C2 Excellent Food Quality
C3 Attractive Interior
C4 Generous Portion
C5 Excellent Food
C6 Good Value for Money
C7 Friendly Employees
C8 Appears Clean
C9 Fun Place to Visit
C10 Wide Variety of Food
C11 Reasonable Prices
C12 Courteous Employees
C13 Competent Employees
C14 Food Quality
C15 Atmosphere
C16 Prices Ranked

Factor Analysis - Graphs

☒ Scree plot
☐ Score plot for first 2 factors
☐ Loading plot for first 2 factors
☐ Biplot for first 2 factors

Help OK Cancel

Factor Analysis - Results

Display of Results
☐ Do not display
☐ Loadings only
☒ Loadings and factor score coefficients
☐ All and MLE iterations

☒ Sort loadings
☐ Zero loadings less than:

Help OK Cancel

Variable	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Factor6	Factor7	Factor8	Factor9	Factor10	Factor11	Factor12	Com ty
Excellent Food Quality	0,737	0,303	-0,417	0,048	0,026	-0,094	-0,049	0,155	-0,148	0,305	-0,185	0,063	
Attractive Interior	-0,058	0,708	0,254	-0,404	-0,132	-0,334	-0,299	-0,039	0,078	-0,129	-0,075	0,140	
Generous Portions	0,535	0,075	0,622	0,380	-0,062	0,073	0,180	-0,054	0,312	0,116	-0,060	0,131	
Excellent Food Taste	0,736	0,321	-0,458	0,032	0,025	0,001	0,033	-0,009	0,018	-0,051	0,344	0,143	
Good Value for Money	0,602	0,163	0,471	0,283	-0,424	0,041	-0,155	-0,178	-0,194	0,037	0,074	-0,166	
Friendly Employees	0,542	-0,495	0,139	-0,505	0,025	-0,014	-0,226	0,225	0,213	0,076	0,084	-0,163	
Appears Clean and Neat	0,045	0,644	0,295	-0,287	0,209	0,590	-0,080	0,096	-0,065	-0,040	-0,022	0,019	
Fun Place to Go	-0,123	0,726	0,180	-0,445	0,023	-0,205	0,373	0,027	0,006	0,093	0,065	-0,176	
Wide Variety of Menu Items	0,628	0,323	-0,524	0,215	0,172	0,026	-0,005	-0,142	0,158	-0,215	-0,156	-0,184	
Reasonable Prices	0,270	0,003	0,549	0,456	0,548	-0,250	-0,037	0,149	-0,136	-0,103	0,040	-0,024	
Courteous Employees	0,425	-0,415	0,148	-0,592	0,350	-0,016	0,022	-0,368	-0,083	0,079	-0,024	0,056	
Competent Employees	0,680	-0,377	0,139	-0,340	-0,267	0,000	0,247	0,160	-0,131	-0,261	-0,106	0,075	
Variance	3,159	2,335	1,813	1,647	0,771	0,581	0,409	0,324	0,280	0,274	0,217	0,190	1
% Var	0,263	0,195	0,151	0,137	0,064	0,048	0,034	0,027	0,023	0,023	0,018	0,016	

Comunalidades extraídas e Auto Valor

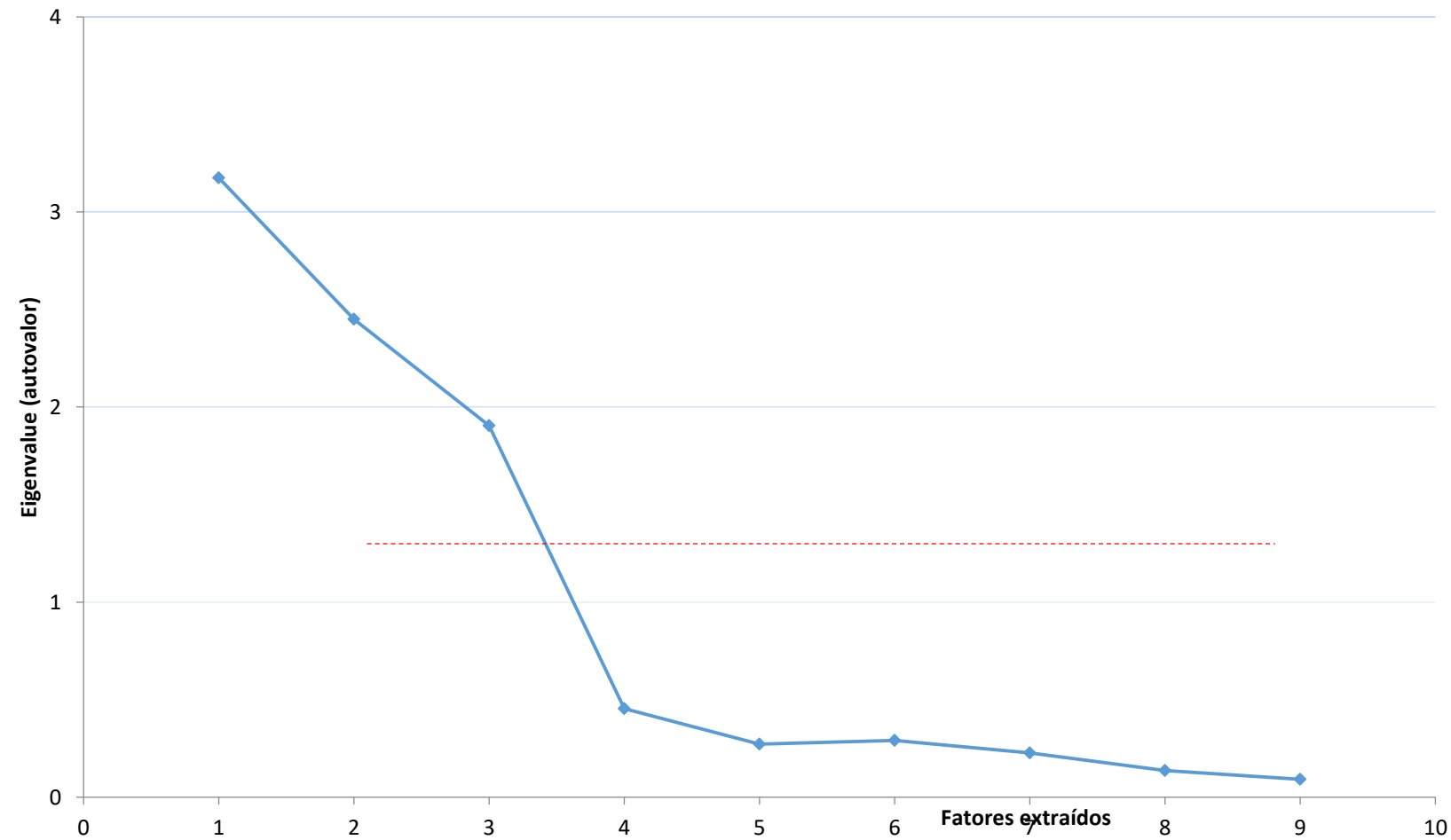
Comunalidade

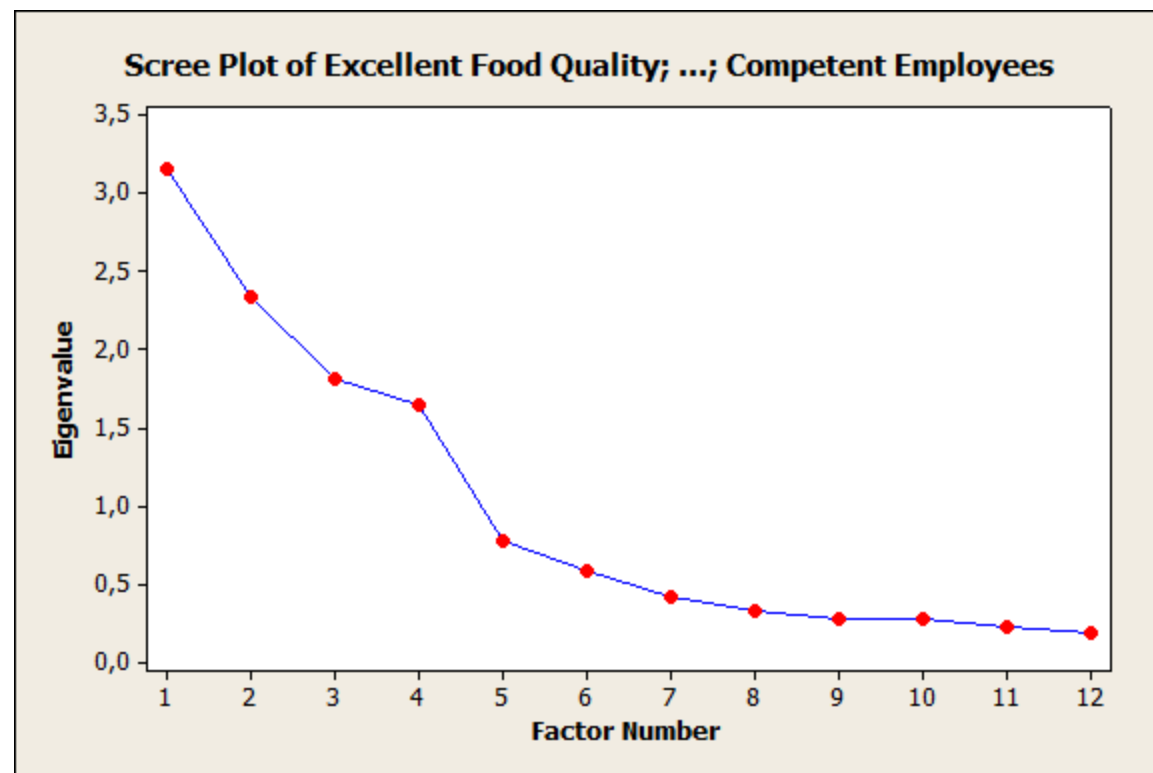
- É o quanto da variância de uma variável original pode explicar o total da variância de todas as outras variáveis incluídas na análise.
- Ou ainda, que os fatores extraídos em conjunto explicam em % a comunalidade indicada de cada variável.

Auto valor – eigen value

- Representa a quantidade do comportamento explicado por um fator

Scree Plot

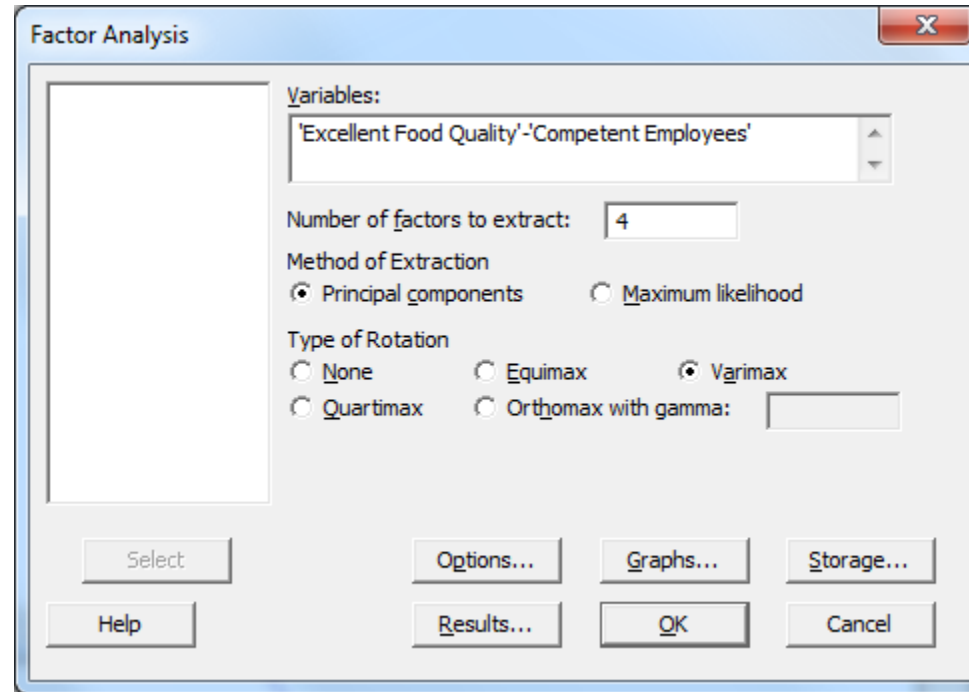




Número de fatores extraídos

- Uma condição de contorno: um estudo, trabalho ou modelo anterior cujos resultados serão comparados
- Eigenvalue (auto vetor) maior do que 1: o poder de explicação do fator extraído é superior ao de uma variável original.
- Scree plot

Extrair apenas 4 fatores



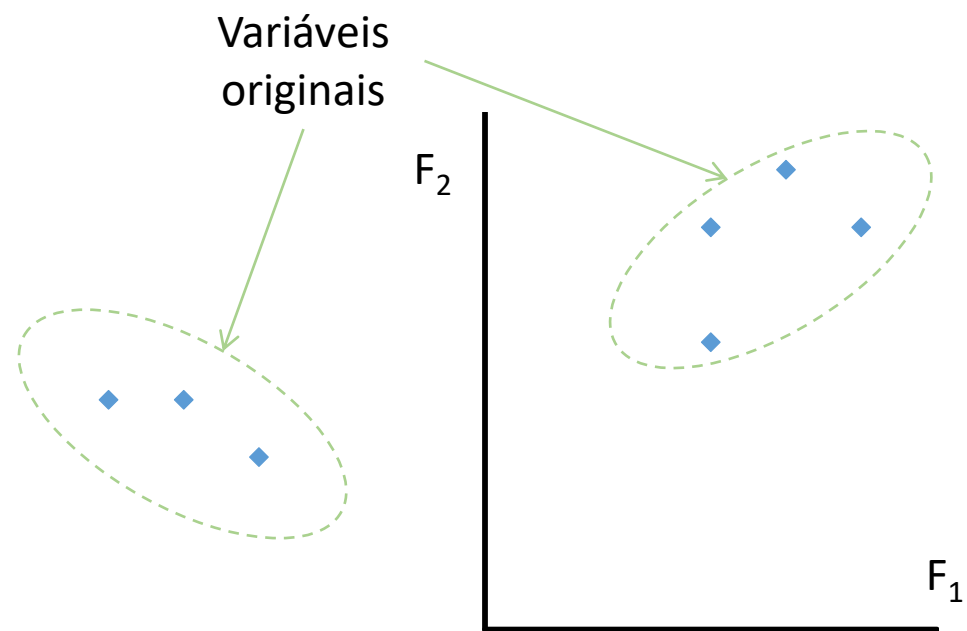
Unrotated Factor Loadings and Communalities

Variable	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Communality
Excellent Food Quality	0,737	0,303	-0,417	0,048	0,811
Attractive Interior	-0,058	0,708	0,254	-0,404	0,732
Generous Portions	0,535	0,075	0,622	0,380	0,824
Excellent Food Taste	0,736	0,321	-0,458	0,032	0,857
Good Value for Money	0,602	0,163	0,471	0,283	0,690
Friendly Employees	0,542	-0,495	0,139	-0,505	0,813
Appears Clean and Neat	0,045	0,644	0,295	-0,287	0,586
Fun Place to Go	-0,123	0,726	0,180	-0,445	0,773
Wide Variety of Menu Items	0,628	0,323	-0,524	0,215	0,820
Reasonable Prices	0,270	0,003	0,549	0,456	0,582
Courteous Employees	0,425	-0,415	0,148	-0,592	0,725
Competent Employees	0,680	-0,377	0,139	-0,340	0,740
Variance	3,1590	2,3346	1,8131	1,6469	8,9537
% Var	0,263	0,195	0,151	0,137	0,746

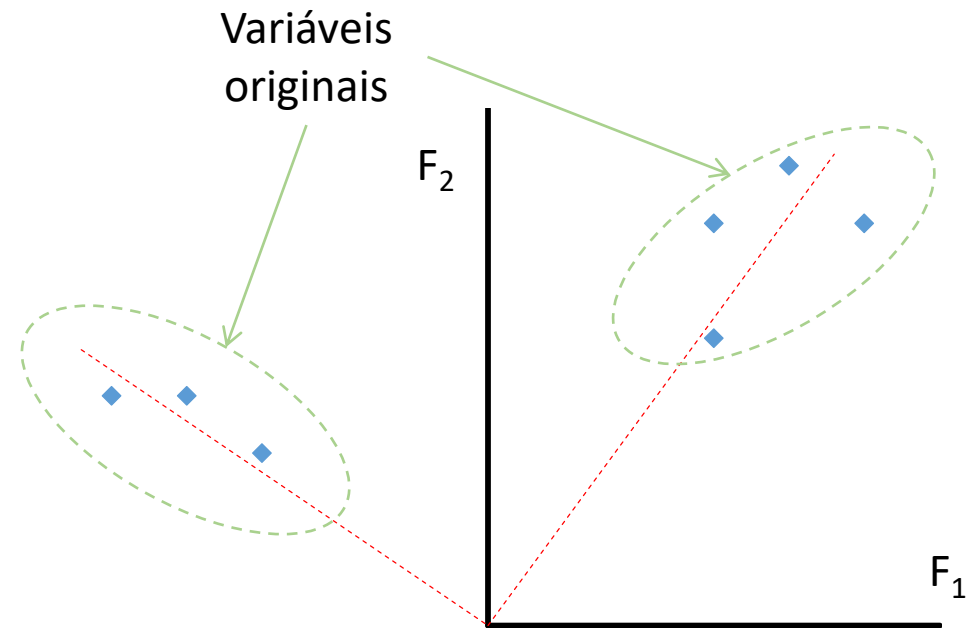
Rotação ortogonal e não ortogonal

- A rotação dos fatores permite interpretar mais facilmente o fatores extraídos
- Rotação ortogonal – conceitos independentes ou distintos
- Rotação não ortogonal – conceitos relacionados, como, por exemplo, dimensões de um conceito.

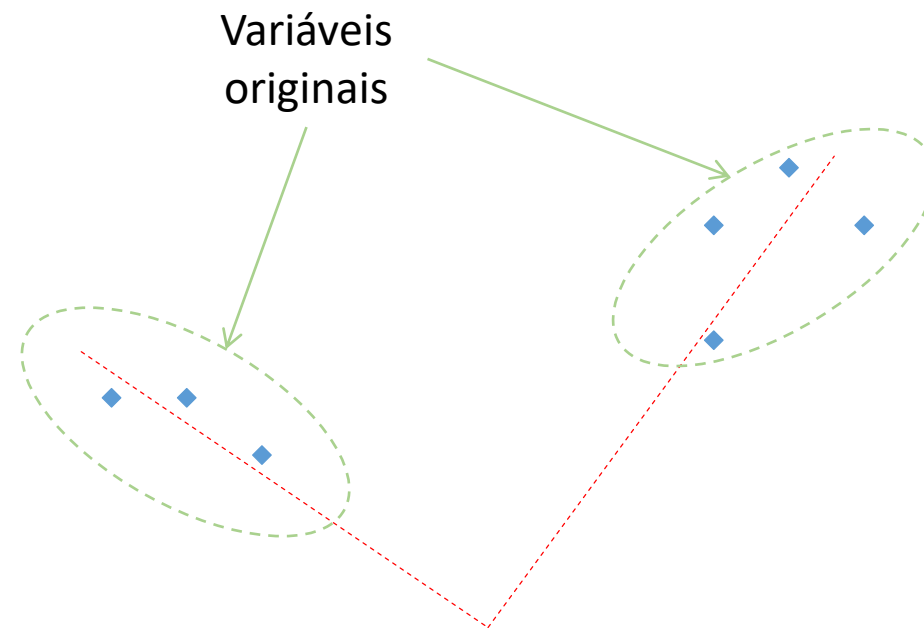
Fatores Extraídos



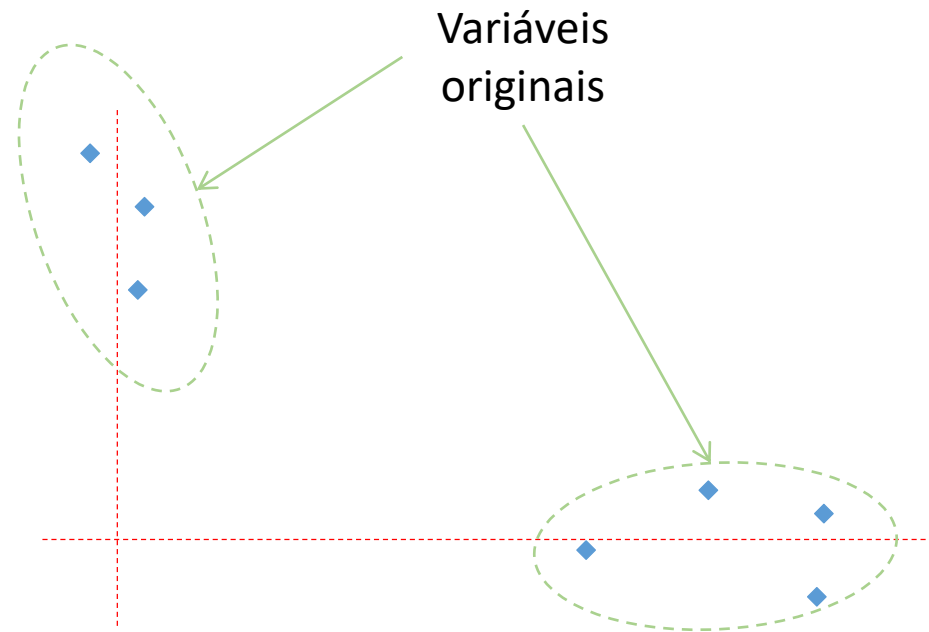
Fatores Extraídos e Fatores Rotacionados



Fatores Rotacionados



Fatores Rotacionados



Rotated Factor Loadings and Communalities

Varimax Rotation

Variable	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Communality
Excellent Food Quality	0,883	-0,141	0,056	0,093	0,811
Attractive Interior	0,008	0,056	0,854	0,001	0,732
Generous Portions	0,084	-0,117	0,037	0,896	0,824
Excellent Food Taste	0,912	-0,134	0,065	0,056	0,857
Good Value for Money	0,239	-0,146	0,107	0,775	0,690
Friendly Employees	0,049	-0,892	-0,109	0,048	0,813
Appears Clean and Neat	0,049	0,040	0,751	0,133	0,586
Fun Place to Go	0,007	0,086	0,869	-0,102	0,773
Wide Variety of Menu Items	0,901	0,059	-0,045	0,055	0,820
Reasonable Prices	-0,074	0,056	-0,072	0,754	0,582
Courteous Employees	-0,022	-0,850	0,007	-0,038	0,725
Competent Employees	0,212	-0,800	-0,107	0,208	0,740
Variance	2,5426	2,2510	2,0997	2,0604	8,9537
% Var	0,212	0,188	0,175	0,172	0,746

Interpretação

- Análise das cargas fatoriais das variáveis
- Considerar na interpretação dos fatores aquelas variáveis cujo valor da carga fatorial seja significativo

Tamanho da amostra	Carga Fatorial
350	0,30
250	0,35
200	0,40
150	0,45
120	0,50
100	0,55
85	0,60
70	0,65
60	0,70
50	0,75

Cargas fatoriais significativas

Tamanho da amostra	Carga Fatorial
350	0,30
250	0,35
200	0,40
150	0,45
120	0,50
100	0,55
85	0,60
70	0,65
60	0,70
50	0,75

Factor Analysis - Results

Display of Results

☐ Do not display

☒ Loadings only

☐ Loadings and factor score coefficients

☐ All and MLE iterations

☒ Sort loadings

☒ Zero loadings less than: 0,55

Help OK Cancel

Sorted Rotated Factor Loadings and Communalities

Variable	Comida	Funcionários	Ambiente	Preço	Communality
	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	
Excellent Food Taste	0,912	0,000	0,000	0,000	0,857
Wide Variety of Menu Items	0,901	0,000	0,000	0,000	0,820
Excellent Food Quality	0,883	0,000	0,000	0,000	0,811
Friendly Employees	0,000	-0,892	0,000	0,000	0,813
Courteous Employees	0,000	-0,850	0,000	0,000	0,725
Competent Employees	0,000	-0,800	0,000	0,000	0,740
Fun Place to Go	0,000	0,000	0,869	0,000	0,773
Attractive Interior	0,000	0,000	0,854	0,000	0,732
Appears Clean and Neat	0,000	0,000	0,751	0,000	0,586
Generous Portions	0,000	0,000	0,000	0,896	0,824
Good Value for Money	0,000	0,000	0,000	0,775	0,690
Reasonable Prices	0,000	0,000	0,000	0,754	0,582
Variance	2,5426	2,2510	2,0997	2,0604	8,9537

Validação

- Divisão da amostra em dois grupos
- Repetição do procedimento
- Comparação qualitativa dos resultados observados
- Consistência teórica e conceitual do resultado observado

Confiabilidade interna – Alpha de Cronbach

- Coeficiente Alfa de Cronbach → análise da consistência interna das variáveis (confiabilidade) indica em que medida as questões foram respondidas de forma coerente.
- Segundo Nunnally, o ideal é que $\alpha \geq 0,60$.

(Nunnally, J. Psychometric theory. McGraw-Hill, New York. 1978)

George and Mallery (2003), pag 231

- > 0.9 – Excellent,
- > 0.8 – Good,
- > 0.7 – Acceptable,
- > 0.6 – Questionable,
- > 0.5 – Poor, and
- < 0.5 – Unacceptable

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k s_i^2}{s_{Soma}^2} \right)$$

Onde

α : Alpha de Cronbach

k : número itens na escala

s_i^2 : variância da variável i

s_{Soma}^2 : variância de todas as
variáveis da amostra

Exemplo do cálculo de α

ID	X1	X2	X3	X4	Soma
1	2	1	1	3	7
2	3	3	2	2	10
3	3	4	2	2	11
4	5	5	4	3	17
5	2	2	1	4	9
6	1	1	1	2	5
7	2	1	3	2	8

s^2	1,619	2,619	1,333	0,619	14,619
-------	-------	-------	-------	-------	--------

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k s_i^2}{s_{Soma}^2} \right) = \frac{4}{4-1} \left(1 - \frac{1,619 + 2,619 + 1,333 + 0,619}{14,619} \right)$$

$$\alpha = 0,769$$

Síntese da Análise Fatorial

Fator	Descrição	Alpha de Cronbach (α)	Eigen Value (λ)	%
1	Comida	0,893	2,543	21,2%
2	Funcionários	0,818	2,251	18,8%
3	Ambiente	0,756	2,100	17,5%
4	Preço	0,751	2,060	17,2%
			Total:	74,6%

Significado prático

- Os fatores extraídos devem ter significado e utilidade. O pesquisador, conhecendo a teoria subjacente ao tema e aos objetos estudados, deve ser capaz de identificar as implicações e aplicações dos fatores extraídos.