



PRO2514 - Pesquisa Quantitativa em Gestão de Operações

Modelagem de Equações Estruturais – Modelo Formativo

Prof. Dr. Renato de Oliveira Moraes



Objetivo da aula

- Capacitar os estudantes no uso de técnicas e softwares de modelagem de equações estruturais (variance-based)



Avaliação do modelo Reflexivo

Métricas do modelo de mensuração

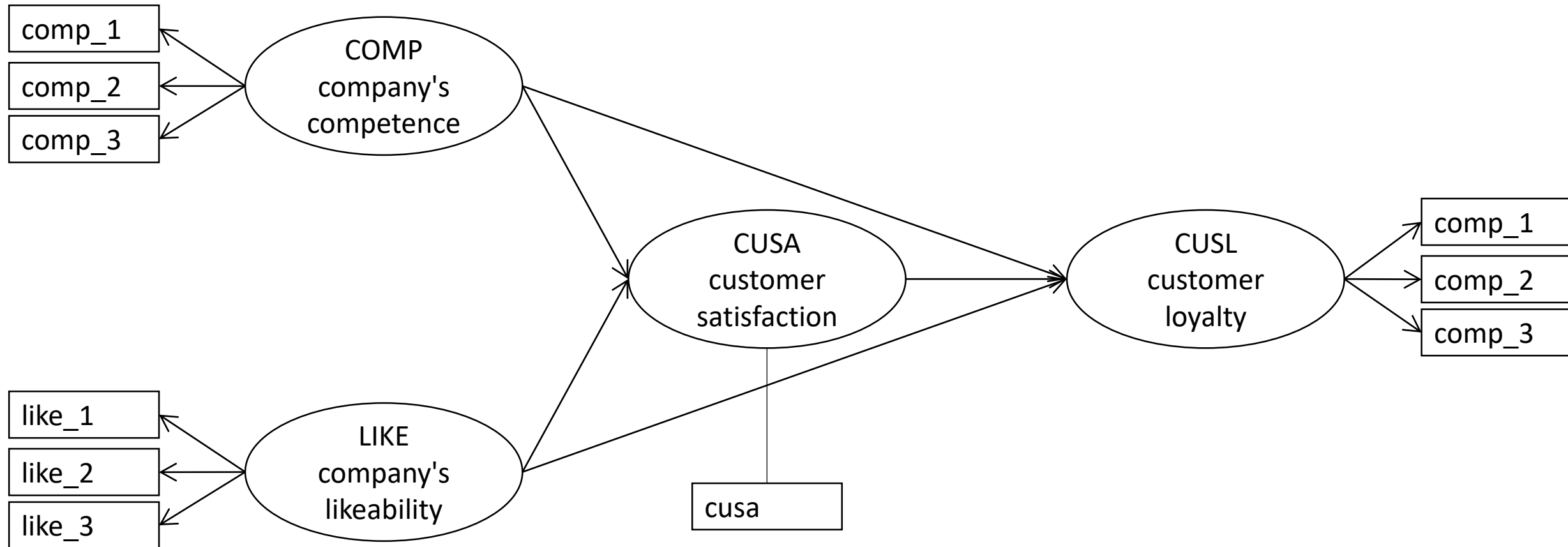
- Confiabilidade
- Validade convergente
- Validade discriminante

Métricas do modelo estrutural

- R^2 – variação explicada
- Significância e relevância dos outer weights
- f^2 poder de explicação dos constructos exógenos
- Q^2 relevância preditiva
- q^2 poder de predição dos constructos exógenos

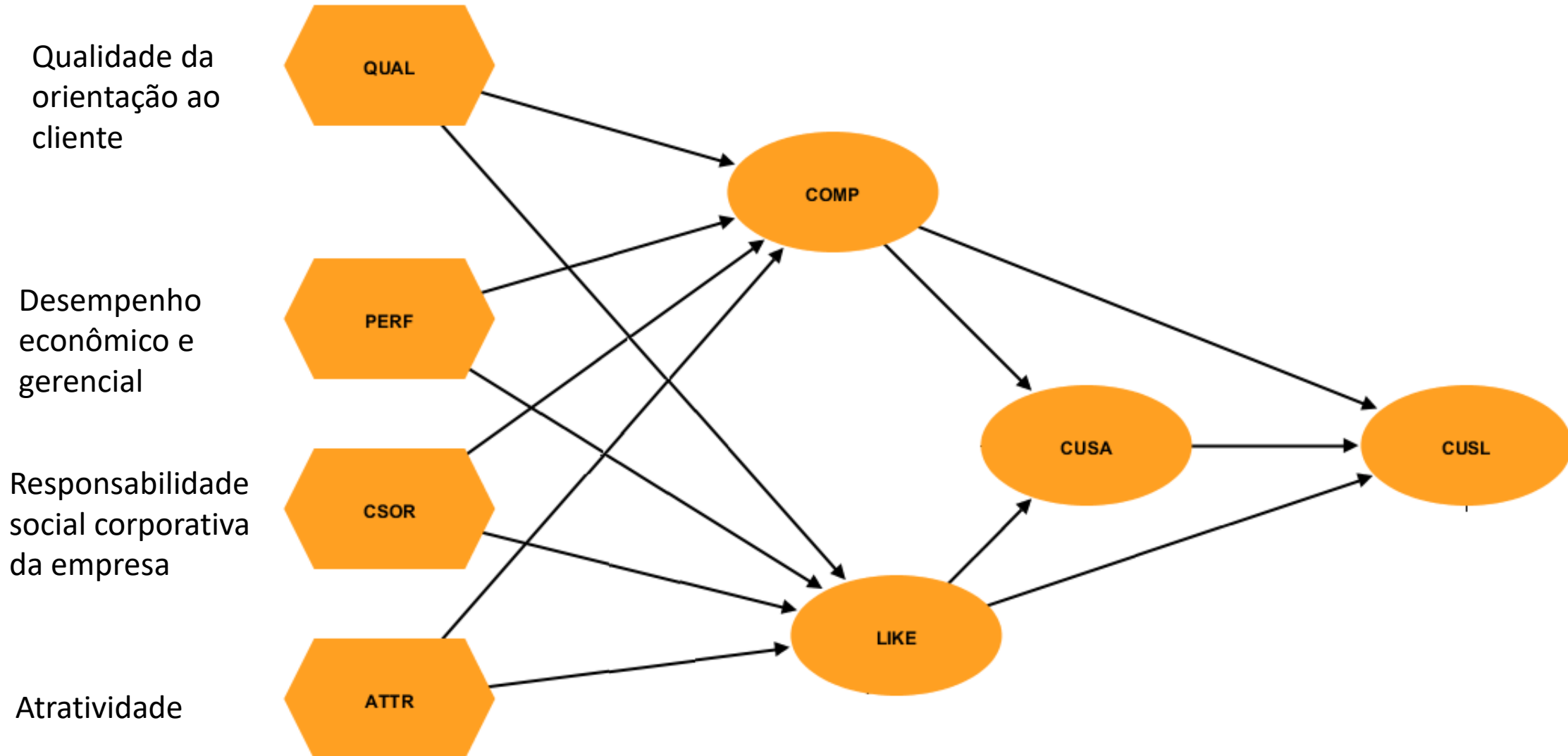


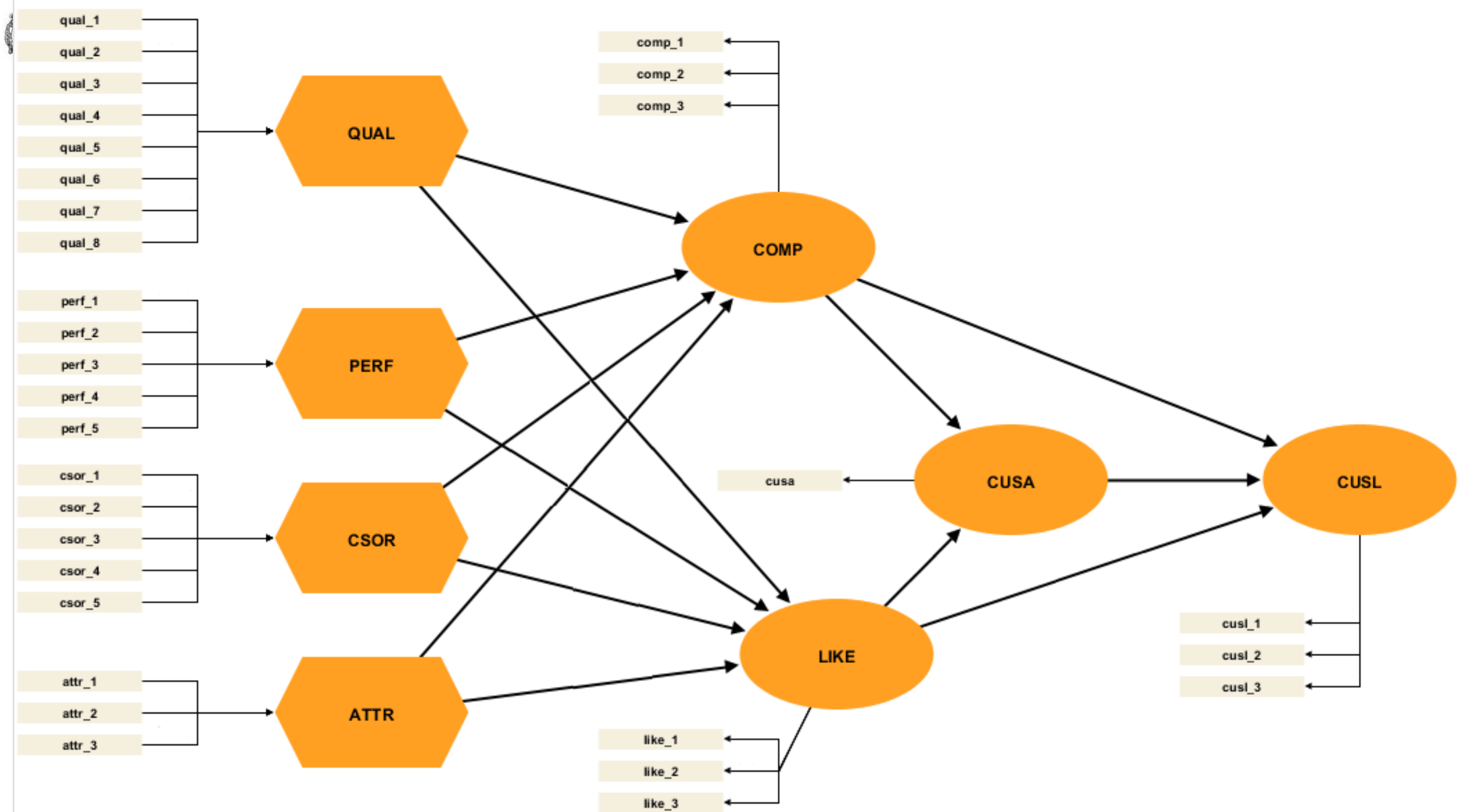
Reputação Organizacional





Novo Modelo







Descrição dos indicadores dos novos constructos formativos do modelo

Quality (QUAL)	
qual_1	The products/services offered by [the company] are high quality.
qual_2	[The company] is an innovator, rather than an imitator with respect to [industry].
qual_3	[The company]'s products/services offer good value for money.
qual_4	The services [the company] offered are good.
qual_5	Customer concerns are held in high regard at [the company].
qual_6	[The company] is a reliable partner for customers.
qual_7	[The company] is a trustworthy company.
qual_8	I have a lot of respect for [the company].
Attractiveness (ATTR)	
aatr_1	[The company] is successful in attracting high-quality employees.
aatr_2	I could see myself working at [the company]
aatr_3	I like the physical appearance of the [the company] (company, buildings, shops, etc.).



Descrição dos indicadores dos novos constructos formativos do modelo

Performance (PERF)	
perf_1	[The company] is a very well management company.
perf_2	[The company] is an economically stable company.
perf_3	The business risk for [the company] is modest compared to its competitors.
perf_4	[The company] has growth potential.
perf_5	[The company] has a clear vision about the future of the company.
Corporate Social Responsibility (CSOR)	
csor_1	[The company] behaves in a socially conscious way.
csor_2	[The company] is forthright in giving information to the public.
csor_3	[The company] has a fair attitude toward competitors.
csor_4	[The company] is concerned about the preservation of the environment.
csor_5	[The company] is not only concerned about profits.



Avaliação do modelo Formativo

Métricas do modelo de mensuração

- Validade de Conteúdo
- Validade Convergente
- Colinearidade entre indicadores
- Significância e relevância dos outer weights

Métricas do modelo estrutural

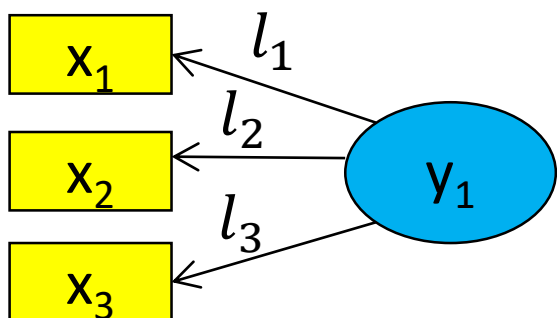
- R^2 – variação explicada
- Coeficientes do modelo estrutural
- f^2 poder de explicação dos constructos exógenos
- Q^2 relevância preditiva
- q^2 poder de predição dos constructos exógenos



Análise do modelo de mensuração com constructos formativos

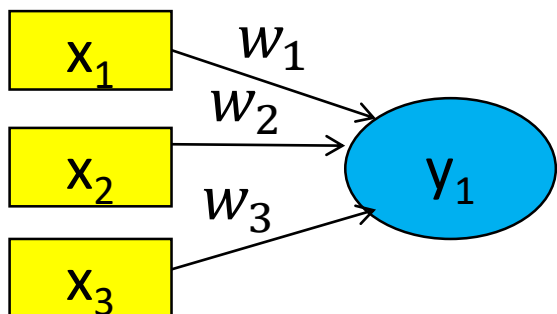
- Validade de Conteúdo
- Validade Convergente
- Colinearidade entre indicadores
- Significância e relevância dos outer weights
- Para constructos formativos não se fala em confiabilidade interna
 - Alpha de Cronbach
 - Confiabilidade composta
- Observe que o termo outer loading é usado para constructos reflexivos e outer weight para constructos formativos

Constructo Reflexivo



l_i : outer loading. Estimativa da relação entre o indicador e constructo reflexivo. É também contribuição do indicador para o seu constructo.

Constructo Formativo



w_i : outer weight. Coeficiente estimado do indicador na regressão dos constructos

Estimativa do Score Fatorial

$$y_1 = w_1 \times x_1 + w_2 \times x_2 + w_3 \times x_3$$

Importante: l_i e w_i são calculados para todos os constructos, não importando se são reflexivos ou formativos



Validade de Conteúdo

- É uma avaliação sistemática de quão bem o conteúdo do domínio de uma construção é capturado por seus indicadores
- Revisão da literatura
- Revisão por especialistas



Métricas do modelo de mensuração com constructos formativos

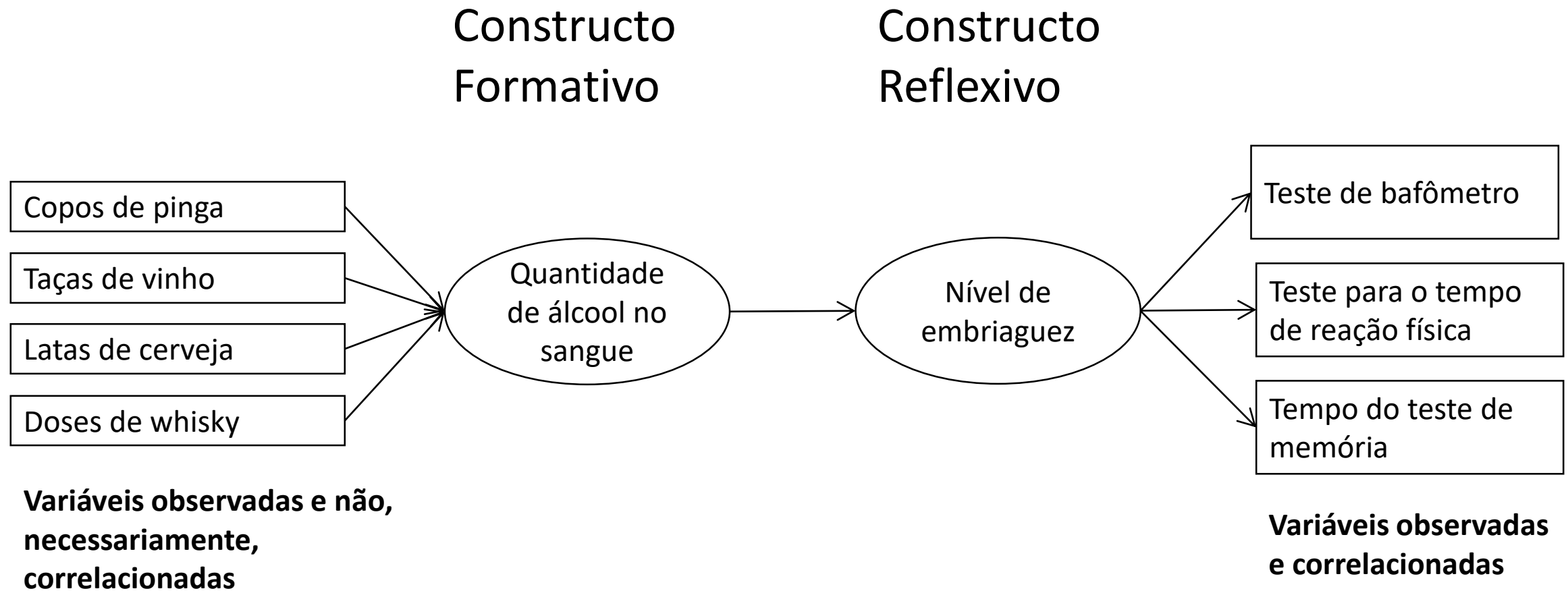
- Validade de Conteúdo
- **Validade Convergente**
- Colinearidade entre indicadores
- Significância e relevância dos outer weights



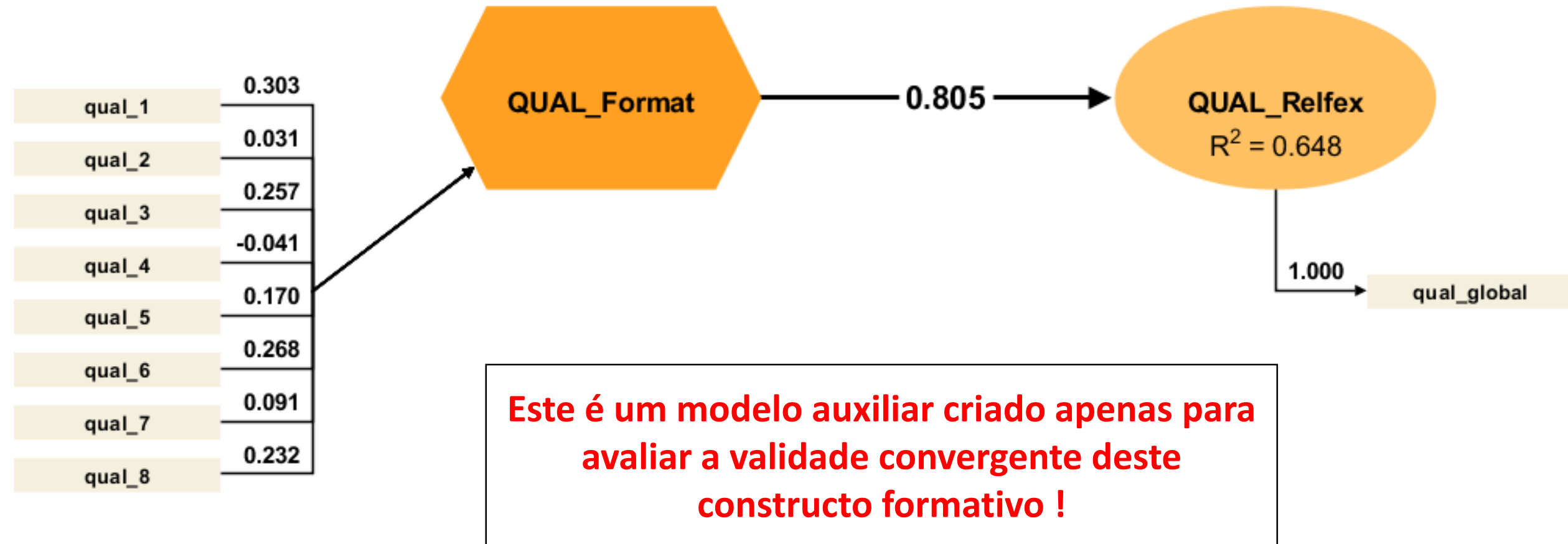
Validade Convergente

- Análise de redundância para cada constructo formativo
- Coeficiente de caminho deve ser superior à 0,7 ($R^2 \geq 50\%$)

Validade Convergente

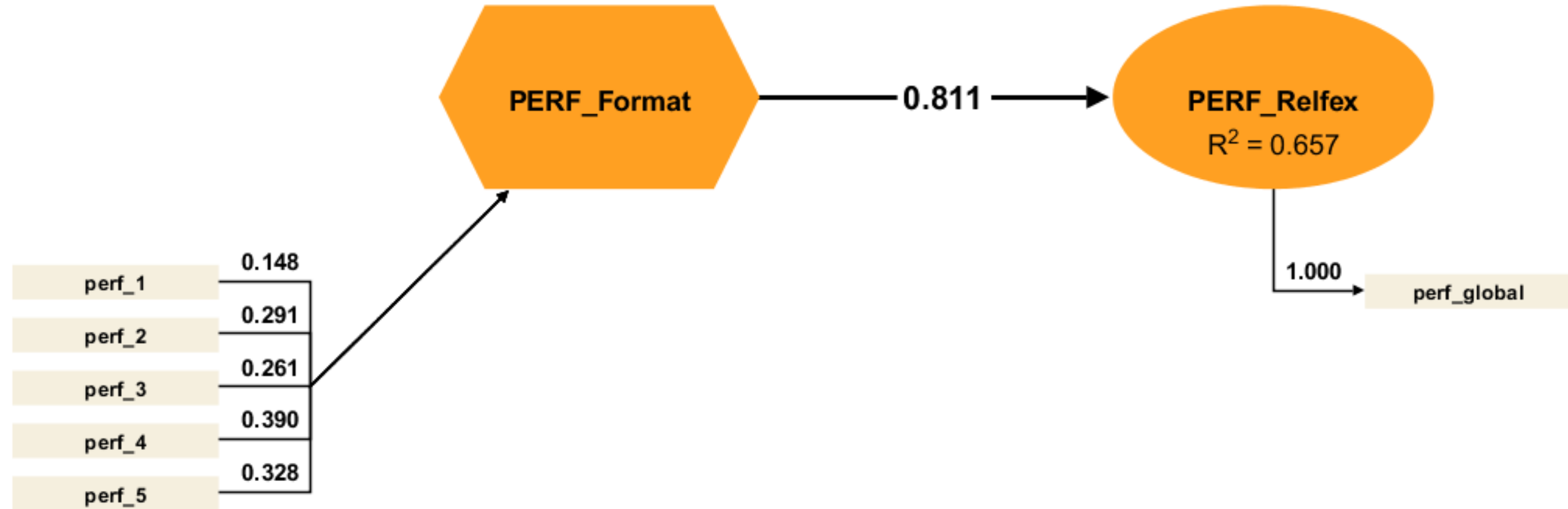


QUAL - Qualidade da orientação ao cliente



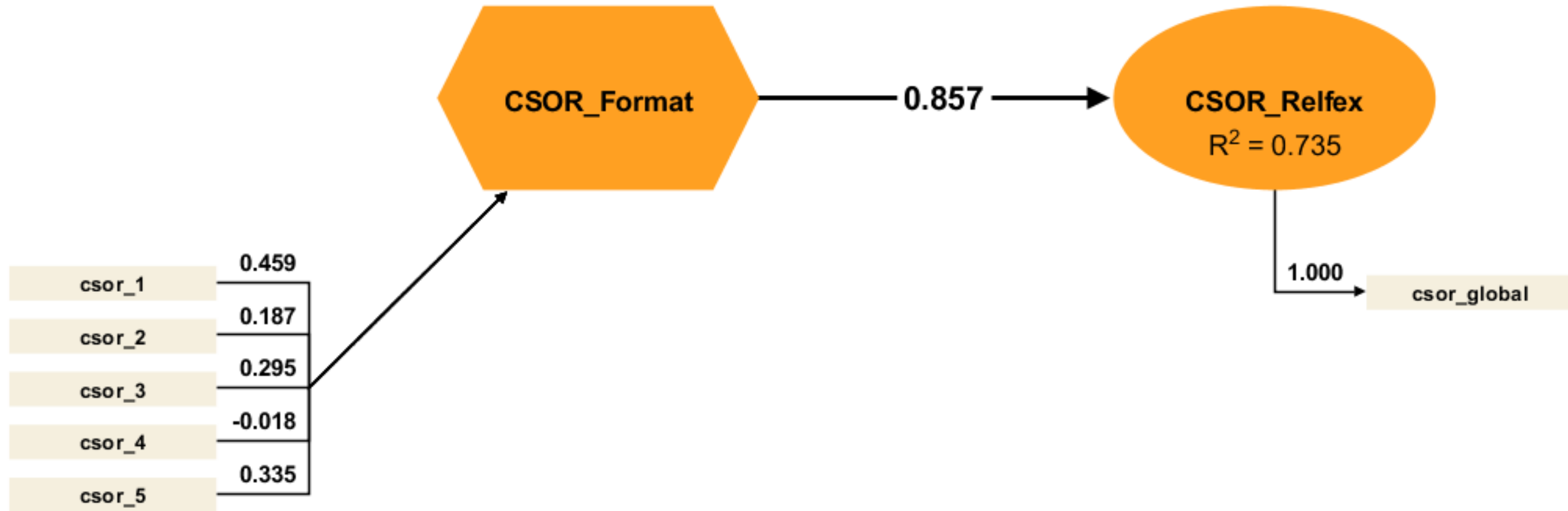


PERF - Desempenho econômico e gerencial



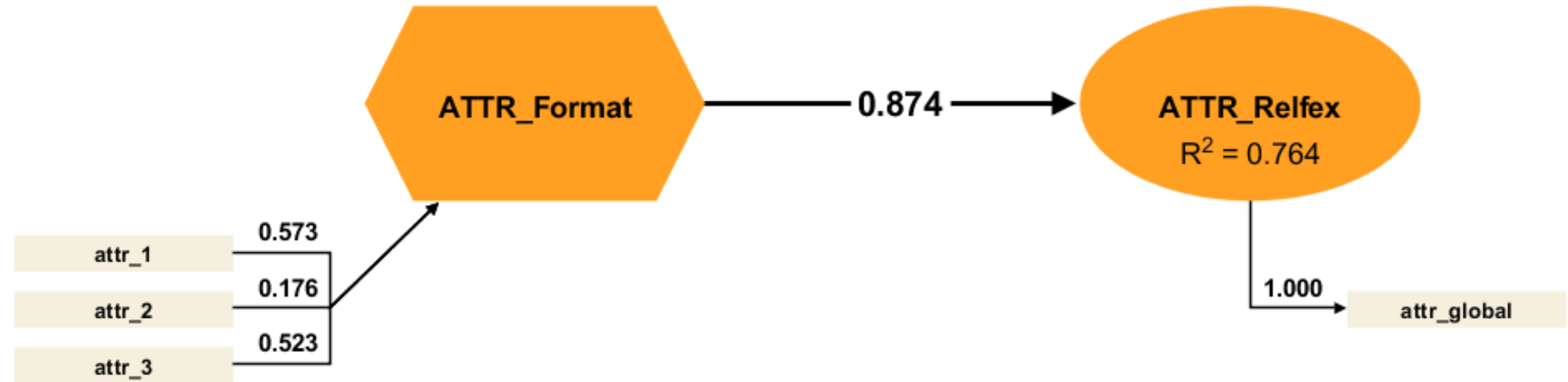


CSOR - Responsabilidade social corporativa da empresa





ATTR - Atratividade





Validade Convergente

- Análise de redundância para cada constructo formativo
- Coeficiente de caminho deve ser superior à 0,7

Constructo	Coeficiente de caminho	R ²
QUAL	0,805	0,648
PERF	0,811	0,657
CSOR	0,857	0,735
ATTR	0,874	0,764



Métricas do modelo de mensuração com constructos formativos

- Validade de Conteúdo
- Validade Convergente
- Colinearidade entre indicadores
- Significância e relevância dos outer weights



Colinearidade entre indicadores

- VIF – Fator de inflação da variação

$VIF > 5 \rightarrow$ problemas de colinearidade entre indicadores

- $x_1 \cong f(x_2; x_3; x_4 \cdots x_k)$ (regressão linear)
- R^2 (Coeficiente de determinação da regressão)
- $TOL = 1 - R^2$ (Tolerância)
- $VIF = \frac{1}{TOL}$

Composite Modeling

- 
- Project Information
 - Graphical representation of the model
 - Overall Model
 - Outer Model
 - Structural Model
 - Diagnostics
 - Scores
 - Data

Indicator Multicollinearity

Indicator	CUSA	QUAL	PERF	CSOR	ATTR	CUSL	COMP	LIKE
comp_1							1.3975	
comp_2							1.7872	
comp_3							1.8883	
like_1								1.9449
like_2								1.9995
like_3								1.8111
cusl_1						1.8017		
cusl_2						2.5639		
cusl_3						1.9332		
cusa	1.0000							
csor_1				1.5604				
csor_2				1.4875				
csor_3				1.7349				
csor_4				1.5560				
csor_5				1.7121				
attr_1					1.2749			



Métricas do modelo de mensuração com constructos formativos

- Validade de Conteúdo
- Validade Convergente
- Colinearidade entre indicadores
- **Significância e relevância dos outer weights
(realizar bootstraing)**

Construct characteristics

Name: ATTR_Relfex

Reliability: 1.0

Type of construct: Latent variable

Weighting scheme: Mode A

Dominant indicator: not defined

Indicators

Dados espelho da Adanco.xlsx (2022-01-10 1

✓ like_2

✓ like_3

✓ cusi_1

✓ cusi_2

✓ cusi_3

✓ cusa

✓ csor_1

✓ csor_2

✓ csor_3

✓ csor_4

✓ csor_5

✗ csor_global

✓ attr_1

✓ attr_2

✓ attr_3

✗ attr_global

✓ perf_1

✓ perf_2

✓ perf_3

Run

Calculation profile: Default Edit profiles

Models

☐ Model 1

☐ Aula 2

☒ Aula 4

☐ Copy of Aula 2

☐ Qual - Val Converg

☐ Perf - Val Converg

☐ Csor - Val Converg

☐ Attr - Val Converg

Algorithm Settings

Stop Criterion: 1.0E-6

Maximum number of iterations: 200

Inner weighting scheme: Factor

Missing Value Treatment

☐ Casewise deletion

☒ Mean imputation

☐ Median imputation

☐ Constant value 0

☐ Random imputation Seed: 0 Generate

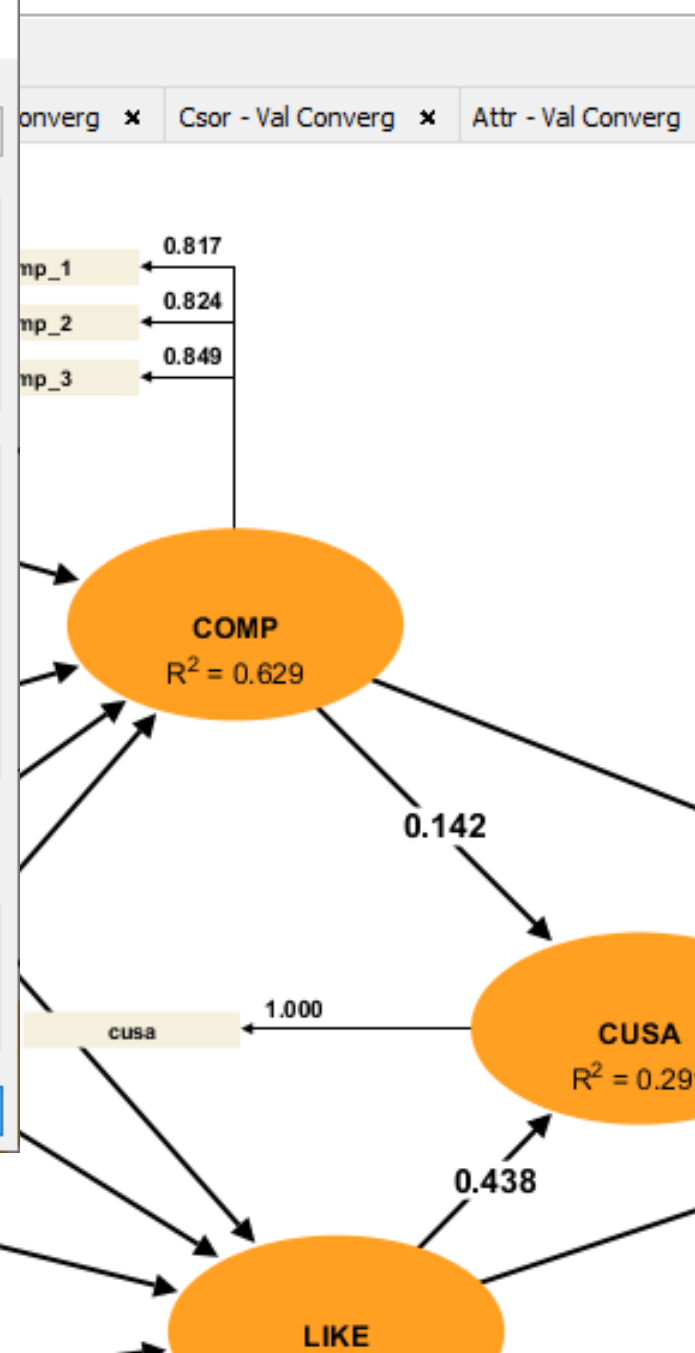
☒ Use bootstrapping ☒ Assess model fit

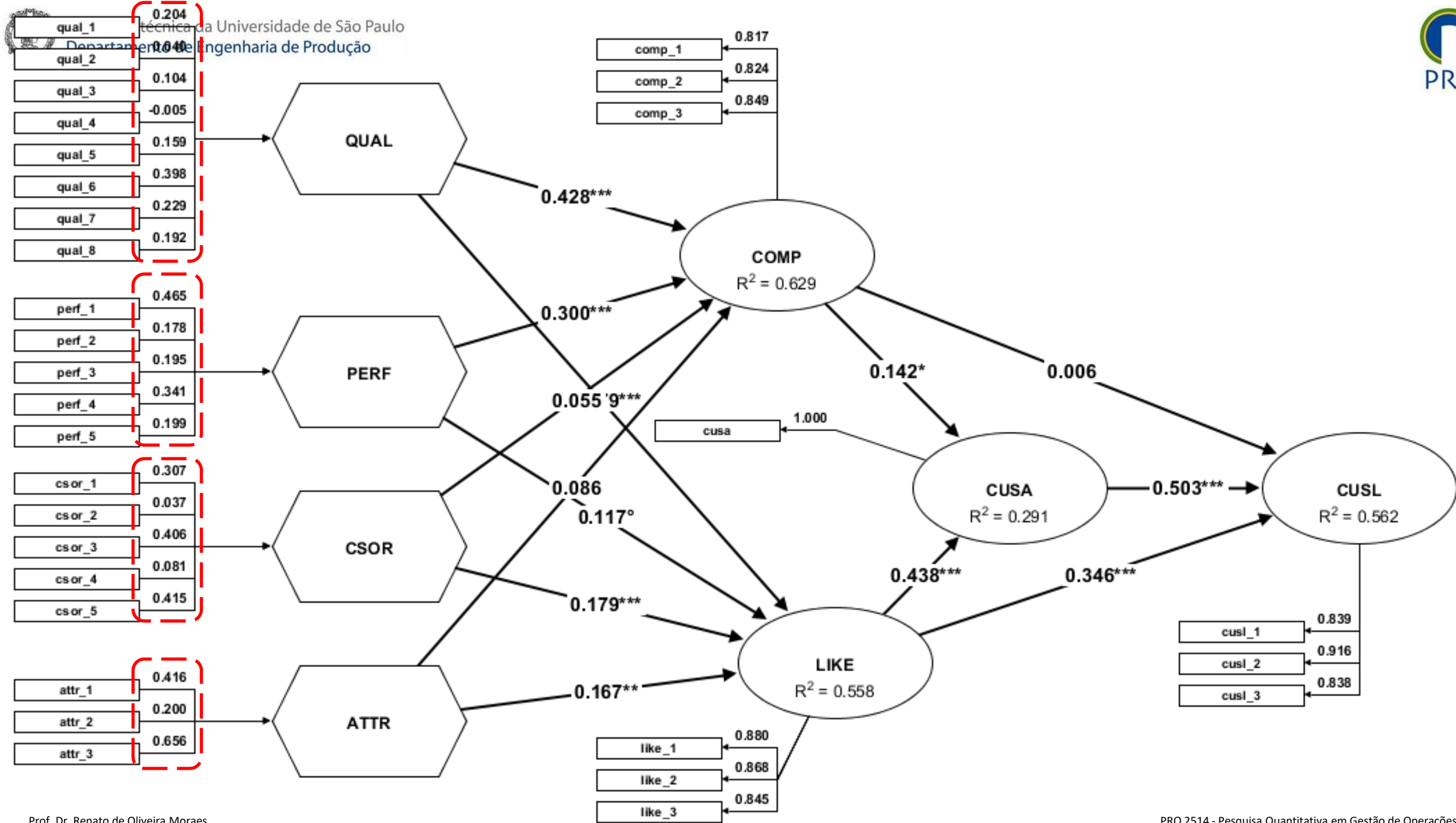
Bootstrapping

Seed: 0 Generate

Bootstrap samples: 999

Cancel Default Settings Save Settings Save and Run





Composite Modeling

- 
- Project Information
 - Graphical representation of the model
 - Overall Model
 - Outer Model
 - Structural Model
 - Diagnostics
 - Scores
 - Data
 - Bootstrap

Weights T-Values

Indicator	CUSA	QUAL	PERF	CSOR	ATTR	CUSL	COMP	LIKE
comp_1							24.9318	
comp_2							25.1372	
comp_3							29.5061	
like_1								30.6335
like_2								29.4382
like_3								29.8509
cusl_1						22.8776		
cusl_2						30.2655		
cusl_3						21.2957		
cusa								
csor_1				3.7786				
csor_2				0.5685				
csor_3				4.9393				
csor_4				1.0533				
csor_5				4.7266				
attr_1					5.9681			

Composite Modeling

- ADANCO
- Project Information
- Graphical representation of the model
- Overall Model
- Outer Model
- Structural Model
- Diagnostics
- Scores
- Data
- Bootstrap

Weights

Indicator	CUSA	LIKE	CUSL	COMP	QUAL	PERF	CSOR	ATTR
comp_1				0.4547				
comp_2				0.3681				
comp_3				0.3830				
like_1		0.4198						
like_2		0.3717						
like_3		0.3646						
cusl_1			0.3821					
cusl_2			0.4146					
cusl_3			0.3576					
cusa	1.0000							
csor_1							0.3074	
csor_2							0.0375	
csor_3							0.4059	
csor_4							0.0806	
csor_5							0.4146	



Indicador	Outer weight	t-value	p-sig (bicaudal)
comp_1	0,4547	24,9318	0,000
comp_2	0,3681	25,1372	0,000
comp_3	0,3830	29,5061	0,000
like_1	0,4198	30,6335	0,000
like_2	0,3717	29,4382	0,000
like_3	0,3646	29,8509	0,000
cusl_1	0,3821	22,8776	0,000
cusl_2	0,4146	30,2655	0,000
cusl_3	0,3576	21,2957	0,000

Indicador	Outer weight	t-value	p-sig (bicaudal)
csor_1	0,3074	3,7786	0,000
csor_2	0,0375	0,5685	0,570
csor_3	0,4059	4,9393	0,000
csor_4	0,0806	1,0533	0,292
csor_5	0,4146	4,7266	0,000
attr_1	0,4165	5,8681	0,000
attr_2	0,1999	2,9856	0,003
attr_3	0,6563	10,2992	0,000
perf_1	0,4654	6,6805	0,000
perf_2	0,1780	2,5610	0,011
perf_3	0,1954	3,5492	0,000
perf_4	0,3411	4,7962	0,000
perf_5	0,1988	2,9076	0,004
qual_1	0,2038	3,3477	0,001
qual_2	0,0399	0,7642	0,445
qual_3	0,1040	1,5763	0,115
qual_4	-0,0054	-0,1005	0,920
qual_5	0,1594	2,8544	0,004
qual_6	0,3984	6,0955	0,000
qual_7	0,2293	4,0315	0,000
qual_8	0,1918	3,1630	0,002



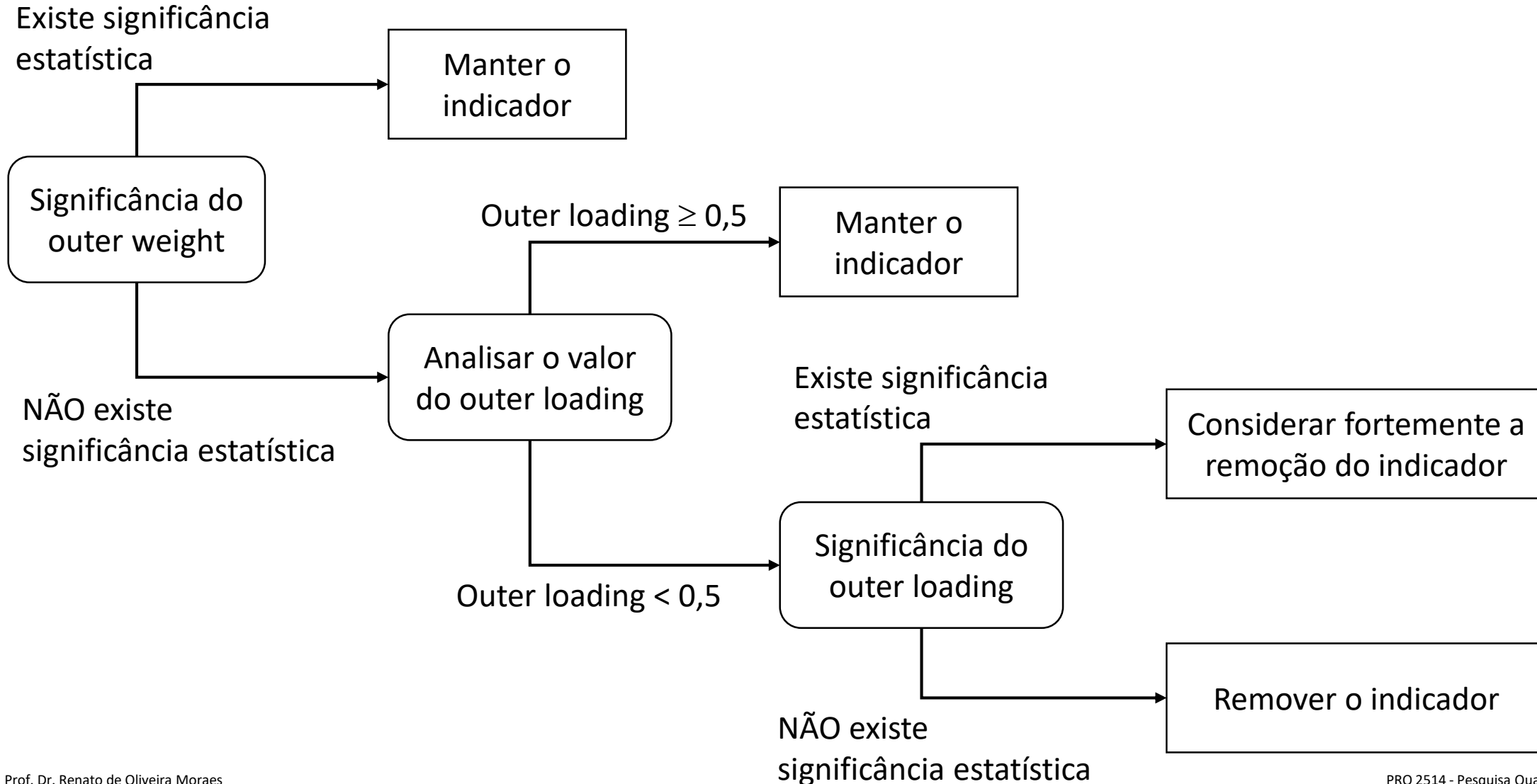


Constructo	Indicador	t-value	p-value (bicaudal)	p-value (mono-caudal)
CSOR	csor_1	3,779	0,000	0,000
	csor_2 ←	0,568	0,570	0,285 ←
	csor_3	4,939	0,000	0,000
	csor_4 ←	1,053	0,292	0,146 ←
	csor_5	4,727	0,000	0,000
ATTR	attr_1	5,868	0,000	0,000
	attr_2	2,986	0,003	0,001
	attr_3	10,299	0,000	0,000
PERF	perf_1	6,681	0,000	0,000
	perf_2	2,561	0,011	0,005
	perf_3	3,549	0,000	0,000
	perf_4	4,796	0,000	0,000
	perf_5	2,908	0,004	0,002
QUAL	qual_1	3,348	0,001	0,000
	qual_2 ←	0,764	0,445	0,222 ←
	qual_3 ←	1,576	0,115	0,058 ←
	qual_4 ←	-0,101	0,920	0,460 ←
	qual_5	2,854	0,004	0,002
	qual_6	6,096	0,000	0,000
	qual_7	4,031	0,000	0,000
	qual_8	3,163	0,002	0,001

Outer weights sem significância estatística

Constructo	Indicador	Outer weight	t-value	p-value (bicaudal)	p-value (mono-caudal)
CSOR	csor_2	0,037	0,568	0,570	0,285
	csor_4	0,081	1,053	0,292	0,146
QUAL	qual_2	0,040	0,764	0,445	0,222
	qual_3	0,104	1,576	0,115	0,058
	qual_4	-0,005	-0,101	0,920	0,460

Significância e relevância dos outer weights



Composite Modeling



Project Information

Graphical representation of the model

Overall Model

Outer Model

Structural Model

Diagnostics

Scores

Data

Bootstrap

Loadings

Indicator	CUSA	LIKE	CUSL	COMP	QUAL	PERF	CSOR	ATTR
comp_1				0.8166				
comp_2				0.8241				
comp_3				0.8493				
like_1		0.8797						
like_2		0.8680						
like_3		0.8450						
cusl_1			0.8389					
cusl_2			0.9156					
cusl_3			0.8384					
cusa	1.0000							
csor_1							0.7719	
csor_2							0.5708	
csor_3							0.8384	
csor_4							0.6171	
csor_5							0.8475	

Outer weights sem significância estatística

Constructo	Indicador	Outer weight	t-value	p-value (bicaudal)	p-value (mono-caudal)
CSOR	csor_2	0,037	0,568	0,570	0,285
	csor_4	0,081	1,053	0,292	0,146
QUAL	qual_2	0,040	0,764	0,445	0,222
	qual_3	0,104	1,576	0,115	0,058
	qual_4	-0,005	-0,101	0,920	0,460

Análise do outer loadings

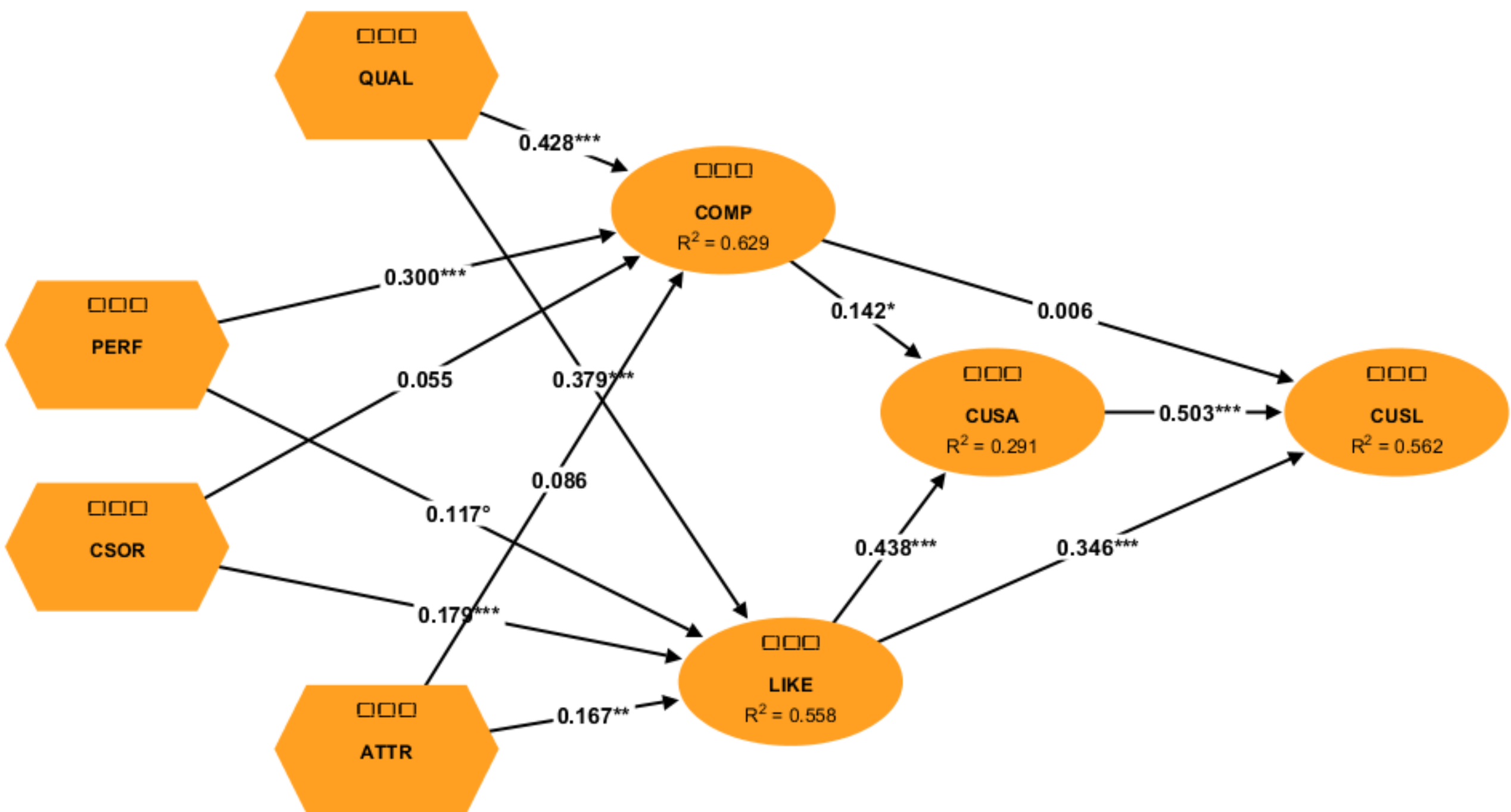
Constructo	Indicador	Outer Loading	t-value	p-value (bicaudal)	p-value (mono-caudal)
CSOR	csor_2	0,571	9,669	0,000	0,000
	csor_4	0,617	10,546	0,000	0,000
QUAL	qual_2	0,569	10,581	0,000	0,000
	qual_3	0,748	19,062	0,000	0,000
	qual_4	0,663	14,820	0,000	0,000

Valor acima de 0,5 → Manter o indicador



Análise do Modelo Estrutural

- Coeficientes do modelo estrutural
- R^2 explicação dos constructos endógenos
- f^2 poder de explicação dos constructos exógenos
- Q^2 relevância preditiva
- q^2 poder de predição dos constructos exógenos



Construct characteristics

Name: ATTR_Relfex

Reliability: 1.0

Type of construct: Latent variable

Weighting scheme: Mode A

Dominant indicator: not defined

Indicators

Dados espelho da Adanco.xlsx (2022-01-10 1

✓ like_2

✓ like_3

✓ cusi_1

✓ cusi_2

✓ cusi_3

✓ cusa

✓ csor_1

✓ csor_2

✓ csor_3

✓ csor_4

✓ csor_5

✗ csor_global

✓ attr_1

✓ attr_2

✓ attr_3

✗ attr_global

✓ perf_1

✓ perf_2

✓ perf_3

Run

Calculation profile: Default Edit profiles

Models

☐ Model 1

☐ Aula 2

☒ Aula 4

☐ Copy of Aula 2

☐ Qual - Val Converg

☐ Perf - Val Converg

☐ Csor - Val Converg

☐ Attr - Val Converg

Algorithm Settings

Stop Criterion: 1.0E-6

Maximum number of iterations: 200

Inner weighting scheme: Factor

Missing Value Treatment

☐ Casewise deletion

☒ Mean imputation

☐ Median imputation

☐ Constant value 0

☐ Random imputation Seed: 0 Generate

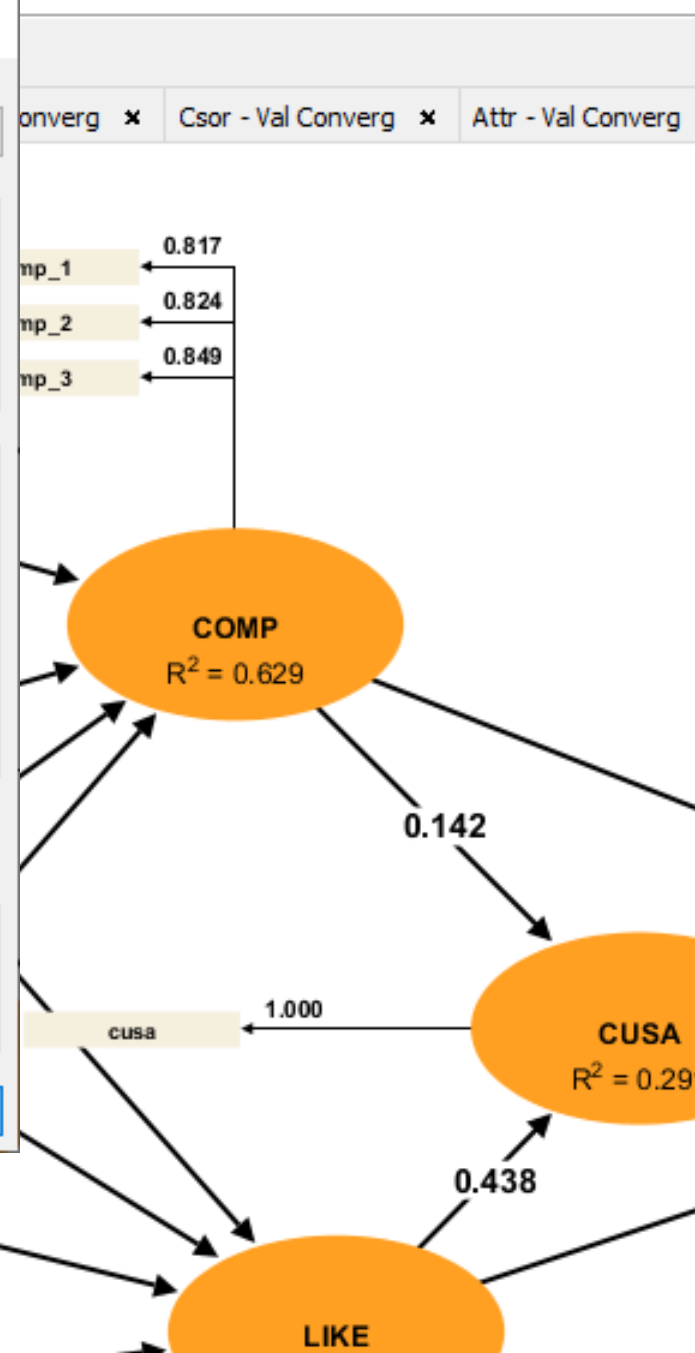
☒ Use bootstrapping ☒ Assess model fit

Bootstrapping

Seed: 0 Generate

Bootstrap samples: 999

Cancel Default Settings Save Settings Save and Run



Graphical representation of the model

Outer Model

Structural Model

Diagnostics

Scores

Data

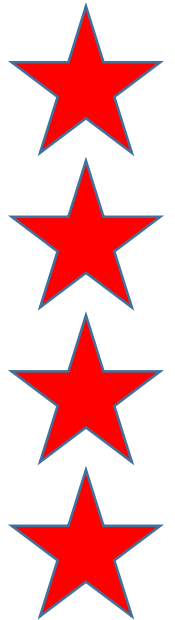
Bootstrap

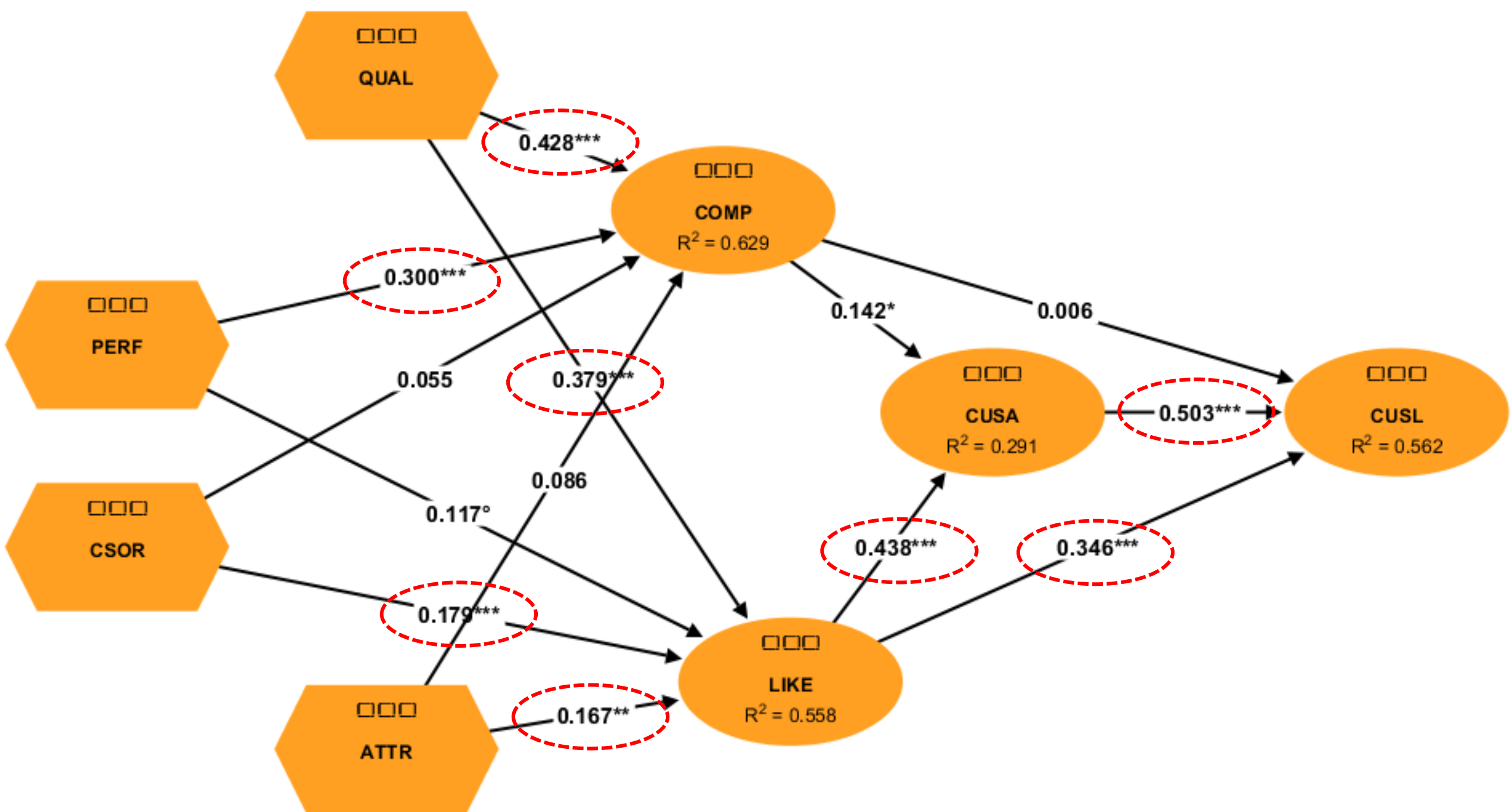
Direct Effects Inference

Effect	Original coefficient	Standard bootstrap results					Percentile bootstrap quantiles			
		Mean value	Standard error	t-value	p-value (2-sided)	p-value (1-sided)	0.5%	2.5%	97.5%	99.5%
CUSA -> CUSL	0.5033	0.5020	0.0406	12.4070	0.0000	0.0000	0.3921	0.4205	0.5757	0.5994
LIKE -> CUSA	0.4384	0.4375	0.0577	7.5971	0.0000	0.0000	0.2703	0.3195	0.5480	0.5900
LIKE -> CUSL	0.3457	0.3431	0.0551	6.2710	0.0000	0.0000	0.1912	0.2347	0.4526	0.4928
COMP -> CUSA	0.1417	0.1431	0.0673	2.1049	0.0356	0.0178	-0.0274	0.0180	0.2739	0.3187
COMP -> CUSL	0.0059	0.0099	0.0550	0.1081	0.9139	0.4570	-0.1341	-0.0966	0.1187	0.1594
QUAL -> LIKE	0.3793	0.3893	0.0654	5.8023	0.0000	0.0000	0.2180	0.2573	0.5173	0.5517
QUAL -> COMP	0.4275	0.4302	0.0663	6.4442	0.0000	0.0000	0.2565	0.2933	0.5566	0.5858
PERF -> LIKE	0.1171	0.1194	0.0710	1.6501	0.0992	0.0496	-0.0609	-0.0254	0.2584	0.2940
PERF -> COMP	0.2995	0.3039	0.0662	4.5235	0.0000	0.0000	0.1323	0.1745	0.4361	0.4701
CSOR -> LIKE	0.1792	0.1778	0.0541	3.3137	0.0010	0.0005	0.0419	0.0692	0.2768	0.3065
CSOR -> COMP	0.0552	0.0547	0.0542	1.0188	0.3085	0.1543	-0.0782	-0.0547	0.1632	0.1946
ATTR -> LIKE	0.1668	0.1621	0.0641	2.6000	0.0095	0.0047	0.0027	0.0409	0.2824	0.3236
ATTR -> COMP	0.0864	0.0851	0.0542	1.5924	0.1116	0.0558	-0.0450	-0.0155	0.1922	0.2313

Coeficientes do modelo estrutural

Effect	Original coeficiente	Standard bootstrap results					Percentile bootstrap quantiles			
		Mean value	Standard error	t-value	p-value (2-sided)	p-value (1-sided)	0.5%	2.5%	97.5%	99.5%
CUSA -> CUSL	0,503	0,502	0,041	12,407	0,000	0,000	0,392	0,420	0,576	0,599
QUAL -> COMP	0,428	0,430	0,066	6,444	0,000	0,000	0,256	0,293	0,557	0,586
QUAL -> LIKE	0,379	0,389	0,065	5,802	0,000	0,000	0,218	0,257	0,517	0,552
PERF -> COMP	0,300	0,304	0,066	4,524	0,000	0,000	0,132	0,175	0,436	0,470
PERF -> LIKE	0,117	0,119	0,071	1,650	0,099	→ 0,050	-0,061	-0,025	0,258	0,294
CSOR -> COMP	0,055	0,055	0,054	1,019	0,309	→ 0,154	-0,078	-0,055	0,163	0,195
CSOR -> LIKE	0,179	0,178	0,054	3,314	0,001	0,000	0,042	0,069	0,277	0,306
ATTR -> COMP	0,086	0,085	0,054	1,592	0,112	→ 0,056	-0,045	-0,015	0,192	0,231
ATTR -> LIKE	0,167	0,162	0,064	2,600	0,009	0,005	0,003	0,041	0,282	0,324
COMP -> CUSA	0,142	0,143	0,067	2,105	0,036	→ 0,018	-0,027	0,018	0,274	0,319
COMP -> CUSL	0,006	0,010	0,055	0,108	0,914	→ 0,457	-0,134	-0,097	0,119	0,159
LIKE -> CUSA	0,438	0,437	0,058	7,597	0,000	0,000	0,270	0,320	0,548	0,590
LIKE -> CUSL	0,346	0,343	0,055	6,271	0,000	0,000	0,191	0,235	0,453	0,493

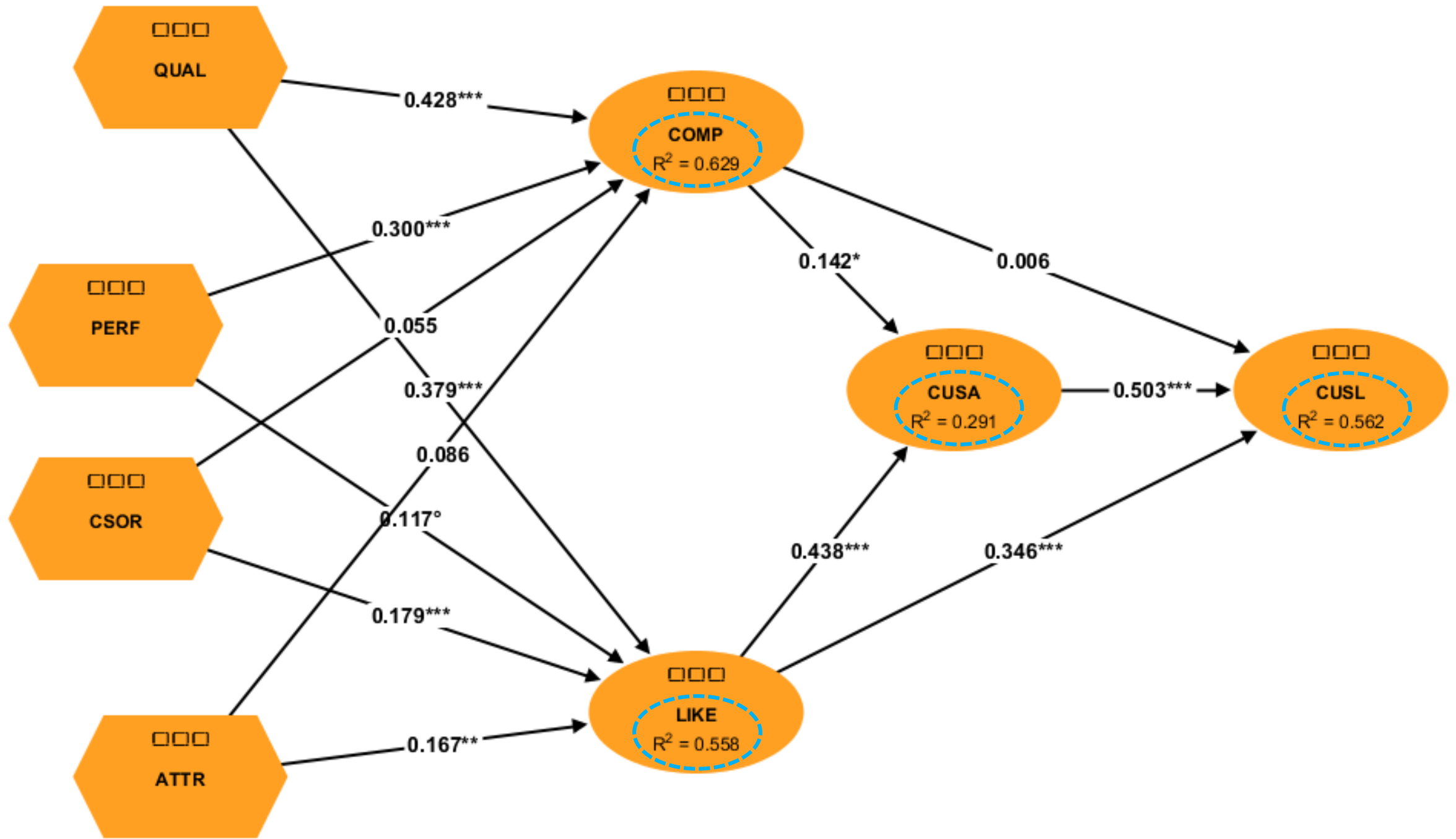






Análise do Modelo Estrutural

- Coeficientes do modelo estrutural
- R^2 explicação dos constructos endógenos
- f^2 poder de explicação dos constructos exógenos



Composite Modeling



Project Information

Graphical representation of the model

Overall Model

Outer Model

Structural Model

Diagnostics

Scores

Data

Bootstrap

Structural Model

R-Squared

Construct	Coefficient of determination (R^2)	Adjusted R^2
CUSA	0.2913	0.2871
LIKE	0.5575	0.5523
CUSL	0.5618	0.5580
COMP	0.6294	0.6250

Path Coefficients

Independent variable	Dependent variable			
	CUSA	LIKE	CUSL	COMP
CUSA			0.5033	
LIKE	0.4384		0.3457	
COMP	0.1417		0.0059	
QUAL		0.3793		0.4275



R^2 – explicação dos constructos endógenos

	R Square
COMP	0,631
CUSA	0,292
CUSL	0,562
LIKE	0,558

Valores no modelo anterior

	R Square
CUSA	0,295
CUSL	0,562

Valores	R^2 (*)	R^2 (**)
Substancial	0,67	0,75
Moderado	0,33	0,50
Fraco	0,19	0,25

(*) Chin, 1998

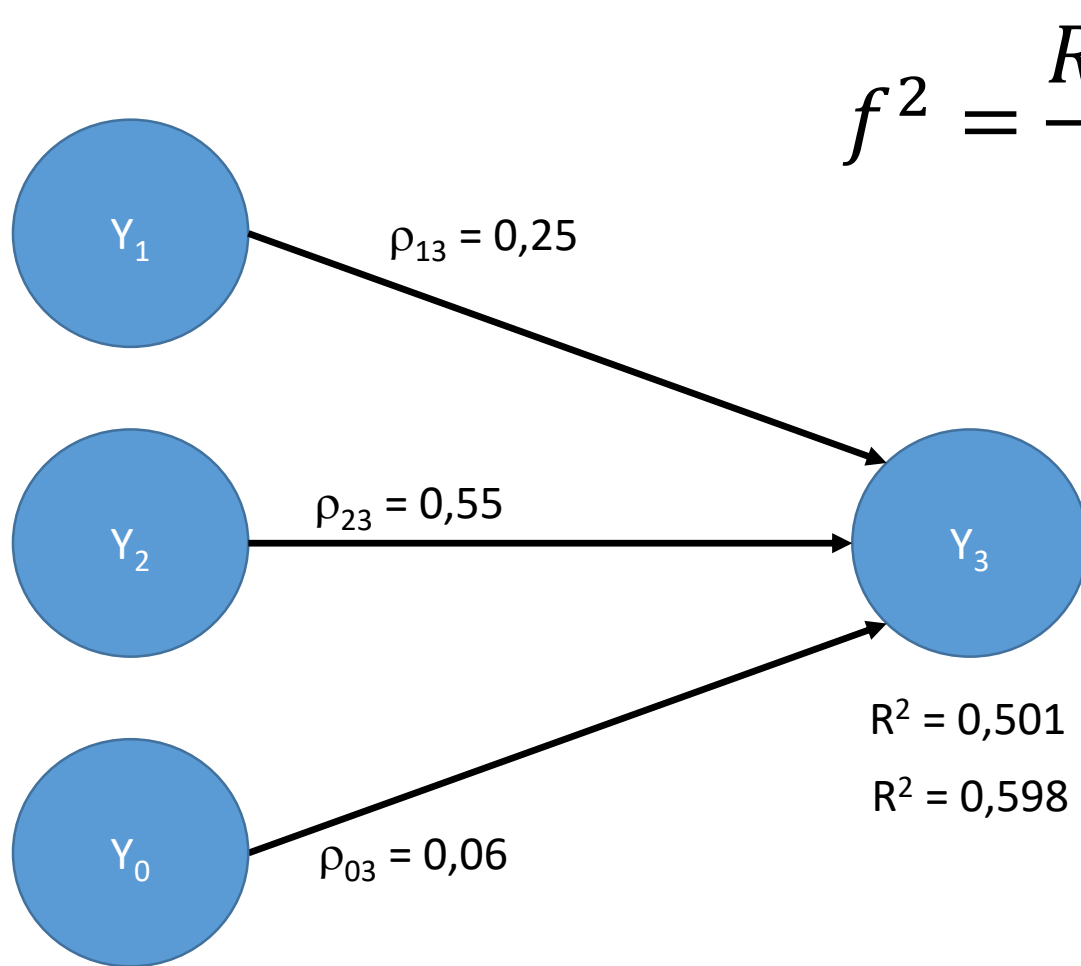
(**) Hair et al, 2017



Análise do Modelo Estrutural

- Coeficientes do modelo estrutural
- R^2 explicação dos constructos endógenos
- f^2 poder de explicação dos constructos exógenos
- Q^2 relevância preditiva
- q^2 poder de predição dos constructos exógenos

f^2 poder de explicação dos constructos exógenos



$$f^2 = \frac{R_{Included}^2 - R_{Excluded}^2}{1 - R_{Included}^2}$$

f^2	Intensidade do efeito
0,02	Pequeno
0,15	Médio
0,35	Grande

$$f^2 = \frac{0,598 - 0,501}{1 - 0,598} = 0,241$$

 Digite aqui para pesquisar

f^2 comparação dos modelos

Anterior – Apenas
constructos reflexivos

f^2	CUSL	CUSA
COMP	0,000	0,022
LIKE	0,136	0,149
CUSA	0,410	

Pequeno

Alto

Médio

Com constructos
formativos também

f^2	CUSL	CUSA
COMP	0,000	0,017
LIKE	0,140	0,161
CUSA	0,410	

Pequeno

Alto

Médio

Coeficientes de determinação (R^2)

f ²	COMP	LIKE
ATTR	0,009	0,030
CSOR	0,004	0,035
PERF	0,084	0,011
QUAL	0,142	0,093

Pequeno

Médio