

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
Departamento de Estatística

## Operação Lava Jato II

CE095 - Teorias de Avaliação

Andryas Waurzenczak, GRR: 20149125  
Gabriel Sartori Klostermann, GRR: 20124671

07/06/2018

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Materiais e Métodos</b>	<b>2</b>
2.1	Materiais . . . . .	2
2.2	Métodos . . . . .	2
2.3	Recursos Computacionais . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Resultados</b>	<b>4</b>
3.1	Pré-Processamento . . . . .	4
3.2	Análise Descritiva . . . . .	4
3.2.1	Fatores Associados . . . . .	4
3.2.2	Frequência de Acertos . . . . .	5
3.3	Teoria Clássica dos Testes . . . . .	6
3.3.1	Alpha de Cronbach . . . . .	6
3.3.2	Dificuldade . . . . .	6
3.3.3	Coefficiente Ponto Bisserial . . . . .	7
3.4	Modelo de três Parâmetros . . . . .	8
3.4.1	Estimativas do Modelo . . . . .	8
3.4.2	Informação dos itens . . . . .	9
3.4.3	Informação do teste . . . . .	9
3.4.4	Traço Latente ( $\theta$ ) . . . . .	10
3.4.5	Interpretação da Escala . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Dimensionalidade</b>	<b>12</b>
4.1	Análise dos Fatores Associados . . . . .	12
4.1.1	Diagnóstico do Modelo . . . . .	13
4.1.2	Interpretações do Modelo . . . . .	14
<b>5</b>	<b>Considerações Finais</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Anexo</b>	<b>15</b>

# 1 Introdução

A Política é um tema bastante debatido nos mais diversos lugares, seja nas universidades, bares, televisão, etc ... isto porque ela interessa a todos nós. Dito isso, o presente trabalho é uma tentativa de quantificar o quanto nossos amigos, amigos de nossos amigos, familiares e pessoas ao nosso redor estão atualizados/informados sobre a política atual do Brasil.

Para tal quantificação selecionamos um tema recente e que tem tido muita repercussão. O assunto é a **Operação Lava Jato**, que é um conjunto de investigações ainda em andamento pela Polícia Federal do Brasil, que começou em 17 de março de 2014.

## 2 Materiais e Métodos

Os materiais e scripts estão disponíveis em Andryas/CE095

### 2.1 Materiais

O conjunto de dados é um produto dos esforços da turma de Teorias de Avaliação, 1º semestre de 2018, com uma pequena contribuição da turma passada. A forma de coleta se deu através de um formulário online que ficou disponível na plataforma do Google por 21 dias.

O desenvolvimento do questionário foi feito em 5 etapas.

1. Elaboração dos itens
2. Validação dos itens
3. Seleção dos itens
4. Elaboração de Fatores Associados
5. Disponibilização do formulário

Para a execução da 1ª e 2ª etapa utilizou-se como embasamento o guia de elaboração de revisão de itens da INEP - 2012. Cada aluno desenvolveu 3 questões que foram depois distribuídas de forma aleatória para um dos colegas avaliar se o item estava de acordo ou não. A ideia básica para a criação e validação dos itens era possuir **TEXTO-BASE**, **ENUNCIADO**, **ALTERNATIVAS** e **GABARITO**. Dos itens que passaram dessas 2 primeiras etapas, 20 foram selecionados e foram complementados com mais 6 itens de um instrumento de medida anterior ao nosso que apresentaram boa calibração. Ao todo tivemos 26 itens no nosso instrumento de medida.

Após isso foi elaborado candidato a fatores associados dos quais foi escolhido três e então o questionário foi disponibilizado no dia 10 de Maio de 2018.

O conjunto de dados teve ao todo 568 respondentes. Para informações sobre o questionário, perguntas e alternativas, consulte o Anexo

### 2.2 Métodos

#### Teoria Clássica dos Testes

Dificuldade

$$D_i = \frac{C_i}{N_i}$$

sendo que:

C<sub>i</sub>: número de indivíduos que responderam corretamente o item

N<sub>i</sub>: número de indivíduos submetidos ao item

### **Coeficiente de Alpha de Cronbach**

Para avaliar a consistência do questionário utilizou-se o Coeficiente de Alpha que é expresso da seguinte maneira:

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left( 1 - \frac{\sum_i^n S_i^2}{S_T^2} \right)$$

onde:

n: número de itens

$\sum_i^n S_i^2$ : Soma da variância dos n itens

$S_T$ : variância global do teste

### **Coeficiente de correlação ponto-bisserial**

É a correlação de Pearson entre uma variável dicotômica e o escore do teste, é definido por:

$$\rho_{pb} = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_T}{S_T} \sqrt{\frac{p}{1-p}}$$

sendo que:

$\bar{X}_A$ : é a média dos escores dos respondentes que acertaram o item

$\bar{X}_T$ : é a média global dos escores do teste

$S_T$ : é o desvio padrão dos escores obtidos pelos respondentes no teste

p: é a proporção de respondentes que acertaram o item

### **Modelo de 3 Parâmetros**

Para o ajuste do modelo foi considerado o modelo logístico de três parâmetros de Andrade et al. (2000). Assim, a probabilidade de um avaliado j, com proficiência  $\theta_j$ , acertar o item i é dada por:

$$p_{ij} = c_i + (1 - c_i) \frac{1}{1 + e^{-a_j(\theta_j - b_j)}}$$

sendo que os parâmetros a, b e c referem-se ao item e o parâmetro  $\theta$  ao avaliado.

$a_i$ : discriminação do item i

$b_i$ : dificuldade do item i

$c_i$ : probabilidade de acerto casual do item i

$\theta_j$ : traço latente do avaliado j

### **Traço Latente**

Para determinar se um item é âncora a seguinte definição foi usada:

Sejam dois itens âncora consecutivos Y e Z com  $Y < Z$ . Diz que um item é âncora para o nível Z se e somente se as 3 condições abaixo forem satisfeitas simultaneamente:

- $P(U = i \mid \theta = Z) \geq 0.65$
- $P(U = i \mid \theta = Y) < 0.5$
- $P(U = i \mid \theta = Z) - P(U = i \mid \theta = Y) \geq 0.3$

## Regressão Linear Múltipla

E por último, para verificar os efeitos dos traços latentes estimados fez-se uso do modelo de regressão linear múltipla para a análise dos fatores associados, que é expresso da seguinte maneira:

$$\theta_i = \beta_0 + \beta_{f1}x_{i1} + \beta_{f2}x_{i2} + \beta_{f3}x_{i3}$$

sendo que f1, f2 e f3 representam um dos fatores associados medidos.

## 2.3 Recursos Computacionais

Para as análises o software utilizado foi R Core Team (2018) e os pacotes utilizados foram: `knitr`, `kableExtra`, `dplyr`, `ggplot2`, `lrm` e `irtos`.

# 3 Resultados

## 3.1 Pré-Processamento

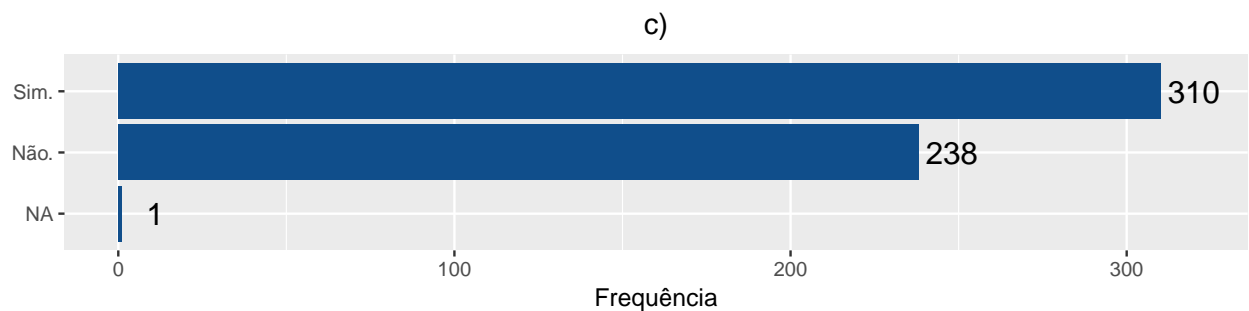
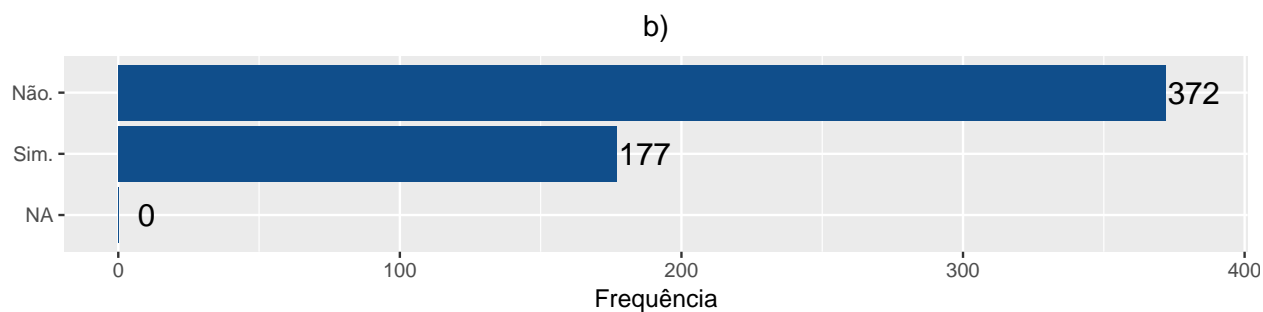
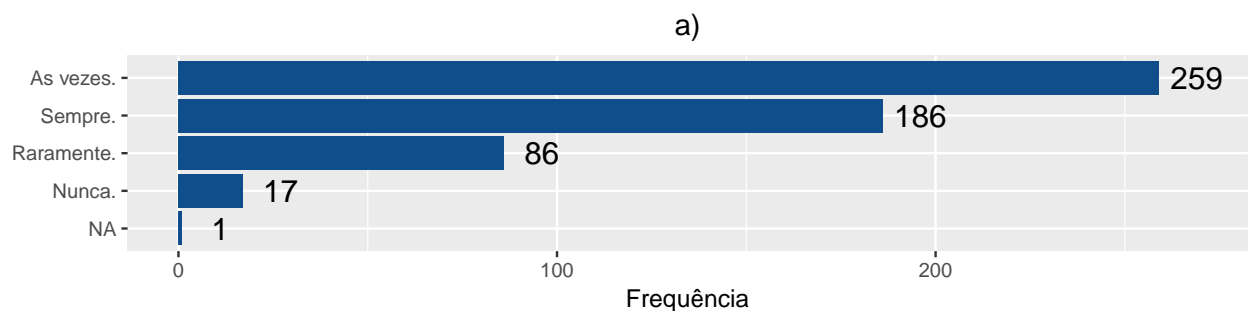
Antes de prosseguir para análise descritiva dos dados, houve um pré-processamento para a limpeza do conjunto de dados. Observou-se que alguns respondentes deixaram o questionário em branco, por isso para este estudo indivíduos que deixaram mais de 3 itens sem resposta foram desconsiderados. Assim o conjunto de dados passou a ter 549 respondentes que deixaram no máximo 3 questões sem resposta. E esses indivíduos que não responderam foi considerado a ausência de resposta como errado.

## 3.2 Análise Descritiva

### 3.2.1 Fatores Associados

Para dar início a análise descritiva iniciamos explorando a frequência dos fatores associados.

- a) Você procura se informar sobre os principais acontecimentos políticos no país?
- b) Você participou de alguma manifestação de apoio a Operação Lava Jato? Por exemplo: participou de alguma passeata ou protesto, mandou mensagens por redes sociais na internet etc.
- c) Você mora em Curitiba?



Nota-se pelos gráficos acima que não existe nenhuma concentração de frequências, pode-se dizer que os fatores associados tem boa variabilidade.

### 3.2.2 Frequência de Acertos

Pelo gráfico abaixo pode-se observar a frequência de indivíduos que acertaram um número determinado de itens. Tem-se que a concentração da quantidade de acertos está entre 10 e 17.

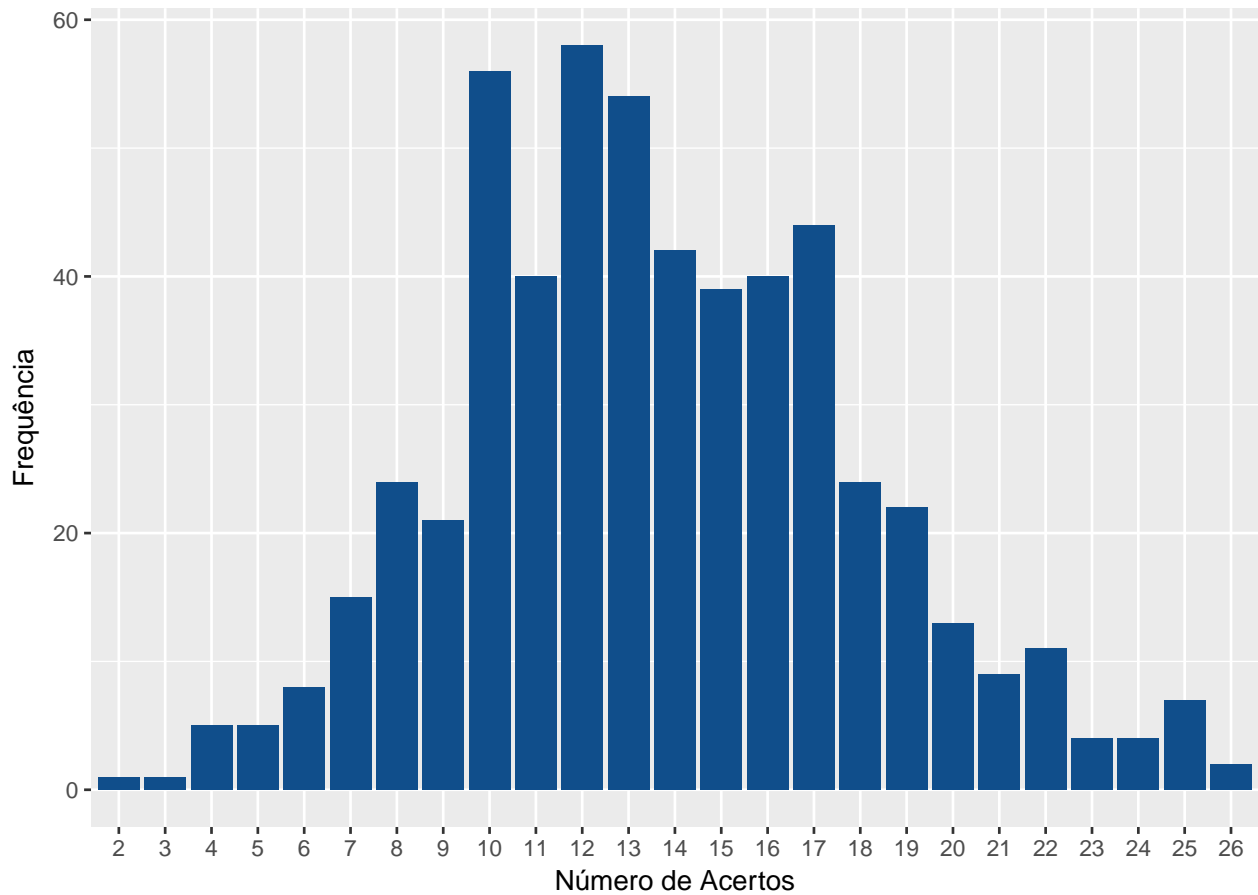


Figura 1: Frequência da quantidade de acertos

### 3.3 Teoria Clássica dos Testes

#### 3.3.1 Alpha de Cronbach

Para verificar a consistência interna do instrumento foi calculado o *Alpha de Cronbach*.

$$\alpha = 0.7461222$$

Utilizando como referência Landis and Koch (1977), tem-se que o Alpha de Cronbach apresentou um valor substancial de consistência interna do instrumento.

#### 3.3.2 Dificuldade

Abaixo temos a tabela com a Dificuldade do item e a proporção de respondentes por distrator.

Tabela 1: Tabela de dificuldade com a proporção por distrator

	Dificuldade	A	B	C	D	E
i1	0.8251366	0.0895795	0.0571956	0.0091075	0.0163934	0.8281536
i2	0.4936248	0.1238616	0.4936248	0.0784672	0.0748175	0.2171533
i3	0.7340619	0.0694698	0.0291439	0.0583942	0.7354015	0.1092896
i4	0.7231330	0.0877514	0.7244526	0.1043956	0.0837887	0.0018282
i5	0.2076503	0.0218978	0.0928962	0.2076503	0.0549451	0.6215722
i6	0.8907104	0.0811808	0.8939671	0.0073801	0.0109290	0.0109290
i7	0.4936248	0.0475320	0.3369763	0.4936248	0.0729927	0.0492701
i8	0.2568306	0.1186131	0.0402194	0.1457195	0.4379562	0.2572993
i9	0.5519126	0.1511840	0.1334552	0.0529197	0.1098901	0.5519126
i10	0.2167577	0.5155393	0.0547445	0.1821494	0.0309654	0.2179487
i11	0.5519126	0.0457038	0.5590406	0.1170018	0.1900369	0.0947177
i12	0.3533698	0.0728597	0.1078611	0.0564663	0.3533698	0.4105839
i13	0.5373406	0.2262774	0.0346715	0.0786106	0.5373406	0.1222628
i14	0.8014572	0.0474453	0.0255009	0.0731261	0.8029197	0.0512821
i15	0.6120219	0.1420765	0.0804388	0.0401460	0.1256831	0.6120219
i16	0.4007286	0.0439560	0.2413163	0.1162362	0.1974406	0.4059041
i17	0.4699454	0.3460838	0.0710383	0.4716636	0.0273224	0.0837887
i18	0.1438980	0.2153285	0.4635036	0.0675182	0.1060329	0.1438980
i19	0.8888889	0.0255474	0.8905109	0.0200364	0.0164534	0.0492701
i20	0.4408015	0.1483516	0.4408015	0.2029250	0.1459854	0.0601093
i21	0.5227687	0.0182149	0.0128205	0.5246801	0.2361624	0.2120658
i22	0.5719490	0.0645756	0.0564663	0.5719490	0.2449726	0.0637523
i23	0.2877960	0.1183971	0.5164234	0.0675182	0.0109489	0.2888483
i24	0.3843352	0.0783242	0.1514599	0.3850365	0.1402550	0.2413163
i25	0.8561020	0.0346715	0.0329670	0.8561020	0.0402194	0.0328467
i26	0.4426230	0.1293260	0.0965392	0.4450549	0.2504570	0.0701107

### 3.3.3 Coeficiente Ponto Bisserial

Abaixo os valores calculados para cada item do coeficiente de correlação ponto-bisserial.

Tabela 2: Coeficiente de Correlação Ponto-Bisserial

i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	i10	i11	i12	i13
0.44	0.27	0.37	0.5	0.44	0.23	0.27	0.45	0.53	0.24	0.46	0.43	0.26

Tabela 3: Coeficiente de Correlação Ponto-Bisserial

i14	i15	i16	i17	i18	i19	i20	i21	i22	i23	i24	i25	i26
0.33	0.22	0.44	0.52	0.21	0.27	0.42	0.36	0.55	0.32	0.28	0.37	0.4

Adotando como ponto de corte itens que apresentem um coeficiente de correlação ponto de bisserial acima de 0.3, os itens que ficam são:



i1, i3, i4, i5, i8, i9, i11, i12, i14, i16, i17, i20, i21, i22, i23, i25, i26

### 3.4 Modelo de três Parâmetros

O modelo de três parâmetro foi ajustado considerando todos os itens, e foi feito ajustes sequenciais, removendo itens que apresentaram problemas de estimativas. Por fim foi comparado todos os itens removidos nesse processo com os itens removidos pelo coeficiente de correlação ponto bisserial.

Para este trabalho foi considerado o modelo de três parâmetros e foi excluído itens que tiveram estimativas dos parâmetros de dificuldade e discriminação que não estivessem nos seguintes intervalos:

$$-3 \leq \text{Dificuldade} \leq 3$$

$$0.8 \leq \text{Discriminacao} \leq 3.5$$

estes foram determinados com base no que é mais comumente usado na literatura, exeto pelo valor superior de Discriminação que, em geral, é usado um valor de 2.5 mas aqui estamos adotando um valor de 3.5

Assim, foram removidos os seguintes itens pela tri:

i2, i3, i4, i6, i7, i10, i14, i15, i18, i21, i22, i23, i24, i26

Os itens em comum removidos pelo coeficiente de correlação ponto bisserial e pela tri:

i2, i6, i7, i10, i15, i18, i24

Observa-se que os itens que não foram removidos pela tri que teriam sido removidos pela ponto-bisserial seriam: *i13*, *i19* e *i24*. Os itens restantes foram concordantes.

#### 3.4.1 Estimativas do Modelo

Abaixo, na Tabela 4, tem-se estão as estimativas dos parâmetros de **Discriminação**, **Dificuldade** e **Acerto Casual**.

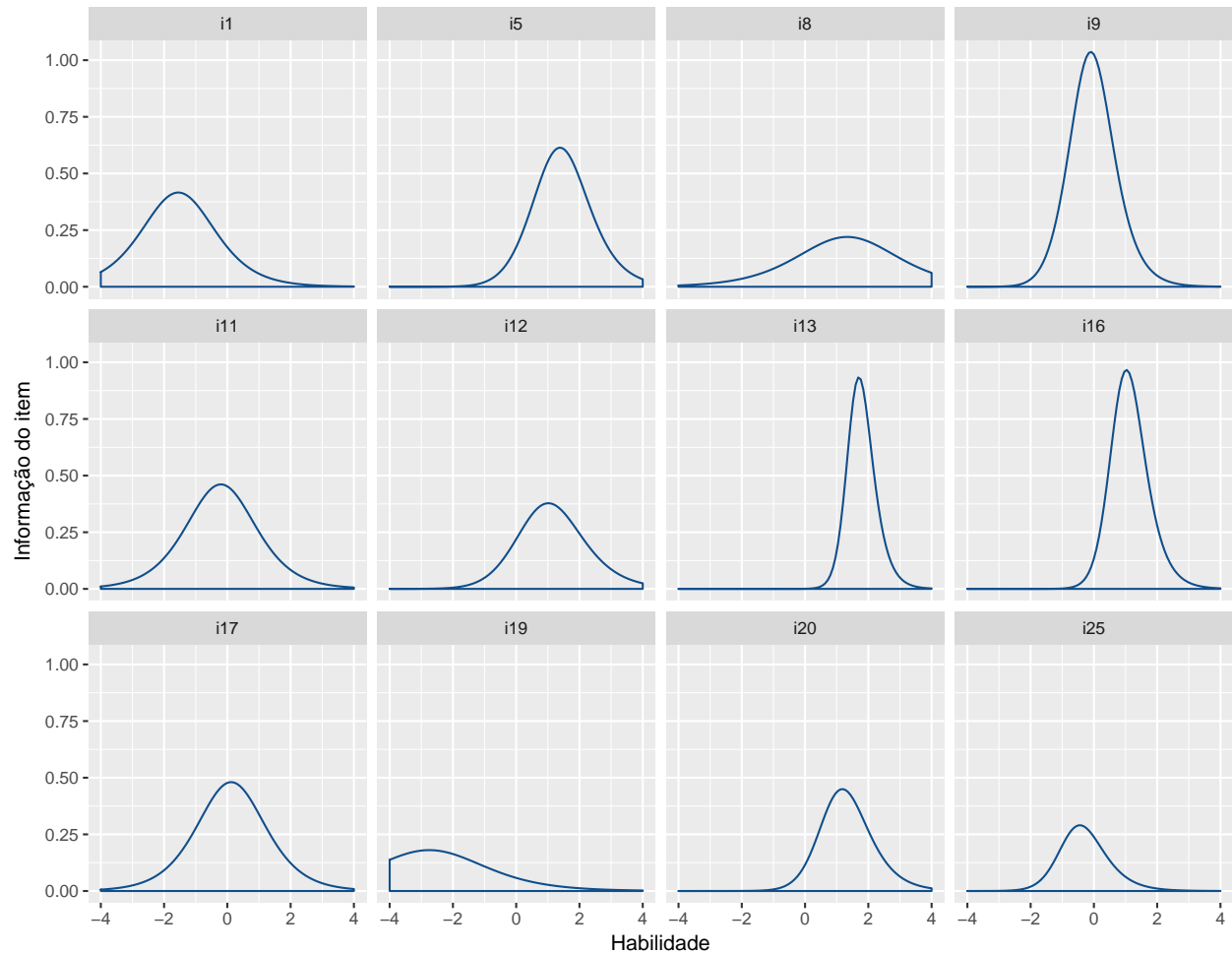
Tabela 4: Estimativas dos parâmetros do modelo

	Discriminação	Dificuldade	Acerto Casual
i1	1.2898969	-1.5511121	0.0000643
i5	1.6240183	1.3444486	0.0361793
i8	0.9378541	1.3326247	0.0000044
i9	2.0933731	-0.1223924	0.0279468
i11	1.3582996	-0.2046479	0.0000000
i12	1.3472654	0.9050504	0.0940087
i13	3.1941104	1.5533776	0.4935042
i16	2.4345482	0.9112418	0.2228592
i17	1.3865126	0.1207480	0.0000014
i19	0.8505339	-2.7523370	0.0011822
i20	1.7282946	0.9915989	0.2636599
i25	1.8423209	-0.7108750	0.5209906

Observa-se que as estimativas dos parâmetros estão todas contidas nos intervalos especificados. Tem-se que os itens mais difíceis são os itens i5 e i13 e os itens mais fáceis foram i19 e i1. Já os itens que tiveram a maior discriminação foram os itens i13 e i16.

### 3.4.2 Informação dos itens

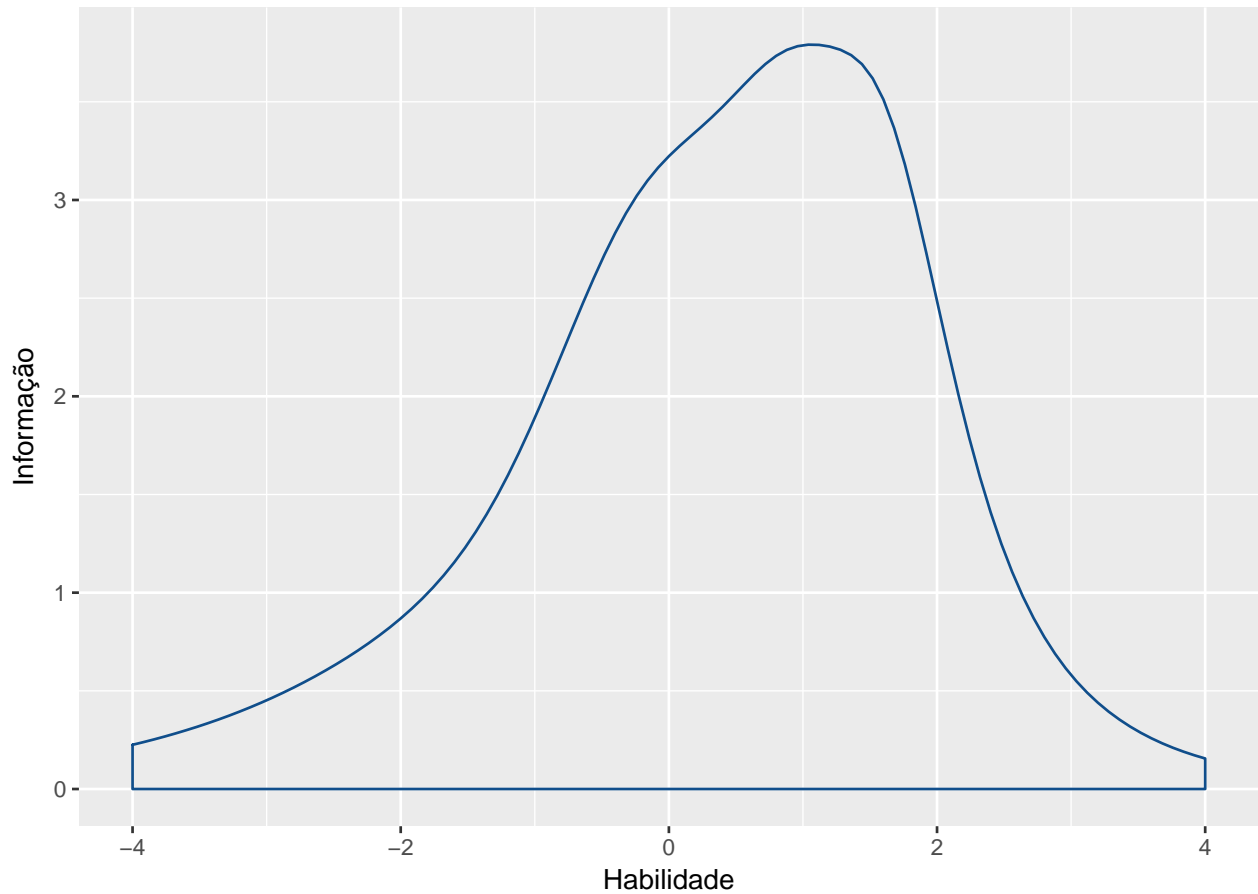
Pelo gráfico abaixo pode-se observar o quão informativo é o item para uma determinada Habilidade ( $\theta$ ).



Assim, observa-se que o item i1, por exemplo, é mais informativo para indivíduos com um traço latente menor e que o item i16 que é mais informativo para indivíduos com um traço latente maior. Segue a mesma interpretação para os demais itens.

### 3.4.3 Informação do teste

Para a informação do teste, observa-se pelo gráfico abaixo que nosso instrumento de medidade foi mais informativo para indivíduos com um traço latente um pouco maior que a média. Ou seja, para melhorar o instrumento seria necessário adicionar itens com uma dificuldade baixa e moderada.



### 3.4.4 Traço Latente ( $\theta$ )

Pela Tabela 5, observa-se que existe diferença na colocação do indivíduo quando comparamos pela quantidade de Acertos com  $\theta$  (Traço Latente) estimado.

Tabela 5: 6 Primeiras linhas

Ordenado por Acerto				Ordenado por Escore			
ID	Escore	Posição	Acertos	ID	Escore	Posição	Acertos
25	-1.877268	549.0	0	25	-1.877268	549.0	0
38	-1.877062	547.5	1	38	-1.877062	547.5	1
112	-1.687389	543.0	1	144	-1.877062	547.5	1
121	-1.687389	543.0	1	418	-1.865352	546.0	2
144	-1.877062	547.5	1	432	-1.749427	545.0	1
165	-1.555072	535.5	1	112	-1.687389	543.0	1

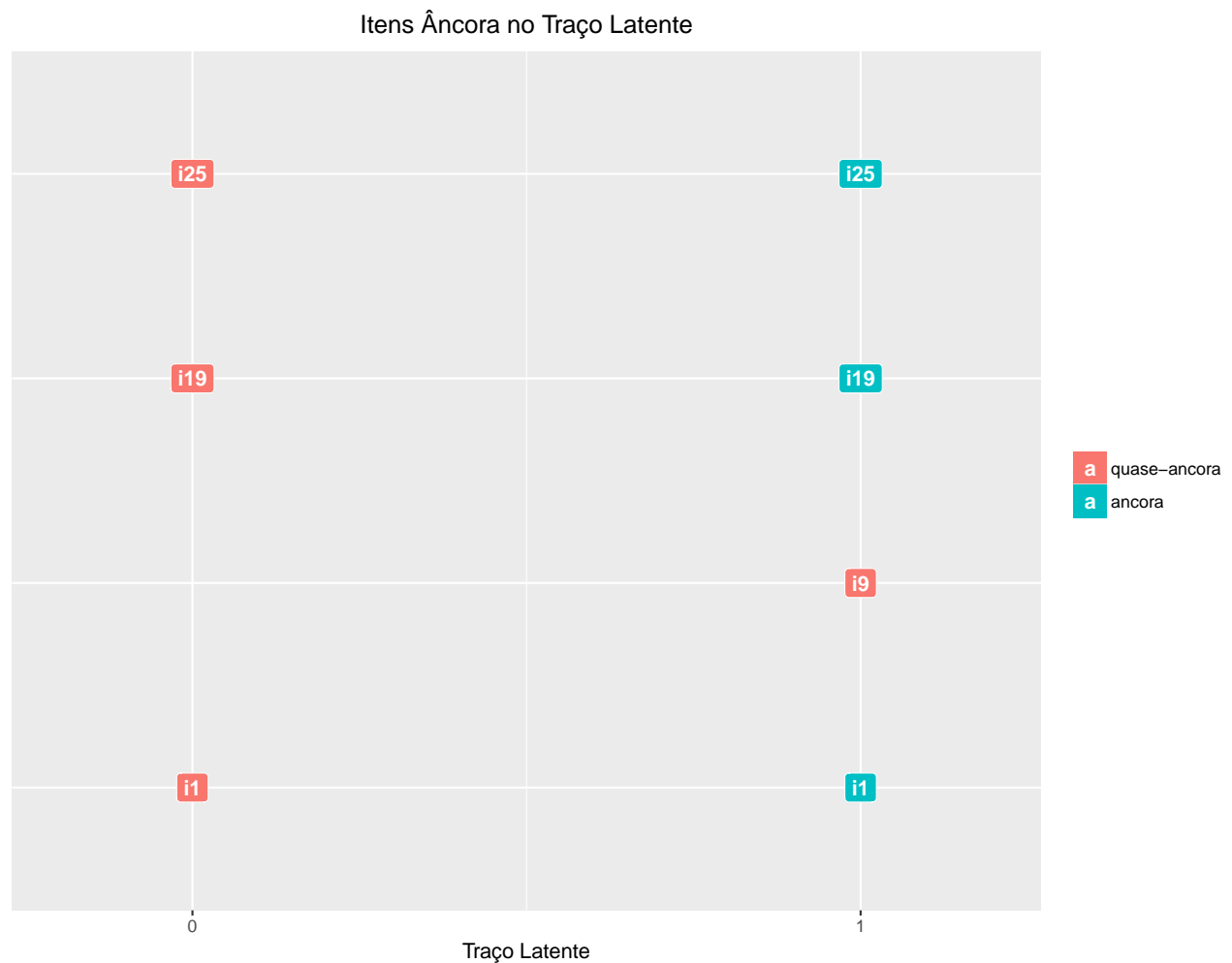
Observando os indivíduos 112 e 418, vemos que, por mais que o indivíduo 418 tenha acertado uma questão a mais que o indivíduo 112, este está mais bem posicionado. Isto se deve ao modelo usado que leva em consideração a coerência de resposta para o respectivo traço latente.

Tabela 6: 6 Últimas linhas

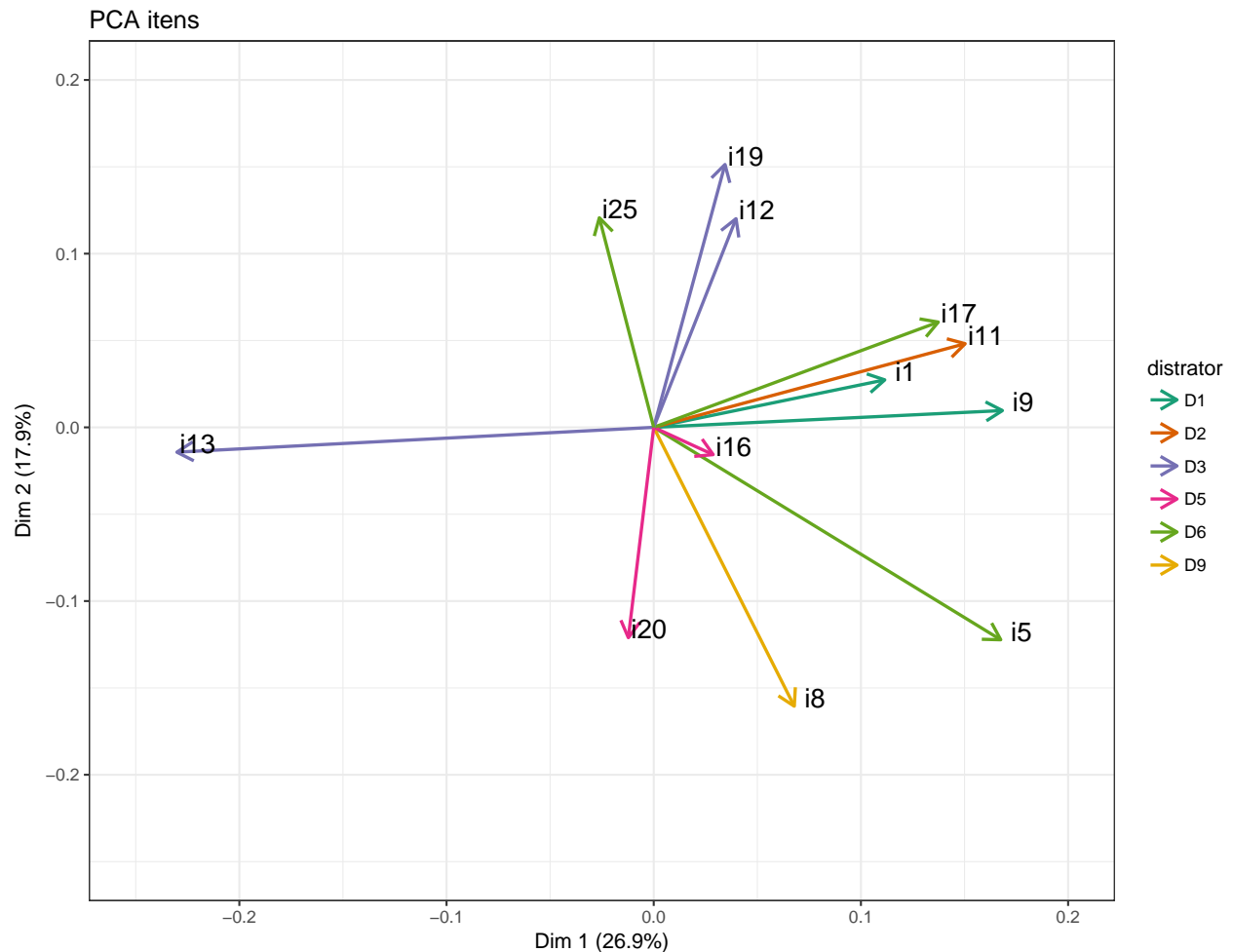
Ordenado por Acerto				Ordenado por Escore			
ID	Escore	Posição	Acertos	ID	Escore	Posição	Acertos
243	2.00286	7.5	12	243	2.00286	7.5	12
301	2.00286	7.5	12	301	2.00286	7.5	12
315	2.00286	7.5	12	315	2.00286	7.5	12
467	2.00286	7.5	12	467	2.00286	7.5	12
474	2.00286	7.5	12	474	2.00286	7.5	12
489	2.00286	7.5	12	489	2.00286	7.5	12

### 3.4.5 Interpretação da Escala

Devido a utilização de um modelo de probabilidade para a estimação do traço latente dos indivíduos, é possível posicionar os itens na escala do traço latente e fazer uma interpretação pedagógica da escala. Seguindo a definição de um item âncora e quase-âncora dado em Métodos os seguintes itens foram classificados como itens âncora e quase-âncora.



## 4 Dimensionalidade



Para a criação deste gráfico foi necessário construir a matrix tetracórica dos itens filtrados pelo critério da TRI. No gráfico é apresentado uma flecha respectiva da origem para as coordenadas do componente. A cor da flecha está atribuídas para os diferentes distratores. Os distratores em geral não estão totalmente agrupados pelos respectivos grupos. Outra consequência é que a baixa explicação dos componentes em duas dimensões. O item i3 é a que possui maior peso na dimensão x, ao mesmo, é a curva de informação do item mais estreita.

### 4.1 Análise dos Fatores Associados

Por último tem-se a análise de regressão linear múltipla para verificar quais fatores associados tem um maior ou menor efeito sobre o traço latente estimado pelo modelo de 3 parâmetros.

Lembrando que:

X1: Você procura se informar sobre os principais acontecimentos políticos no país ?

X2: Você participou de alguma manifestação de apoio a Operação Lava Jato Por exemplo participou de alguma passeata ou protesto mandou mensagens por redes sociais na internet etc ?

X3: Você mora em Curitiba ?

Para o primeiro modelo ajustado com todas as covariáveis o seguinte resultado é obtido.

Tabela 7: Modelo com todos fatores associados

term	estimate	std.error	statistic	p.value
(Intercept)	-0.1932867	0.0556235	-3.474913	0.0005520
X1Sempre.	0.6136383	0.0718022	8.546229	0.0000000
X1Raramente.	-0.5376076	0.0917802	-5.857552	0.0000000
X1Nunca.	-0.4659094	0.1836494	-2.536950	0.0114621
X2Sim.	0.1726493	0.0698378	2.472146	0.0137370
X3Não.	0.0706381	0.0633088	1.115771	0.2650156

Logo, o único fator associado que não foi significativo foi X3 (Você mora em Curitiba ?). Assim, esse fator associado foi removido e o modelo foi reajustado. O novo modelo ficou como segue-se:

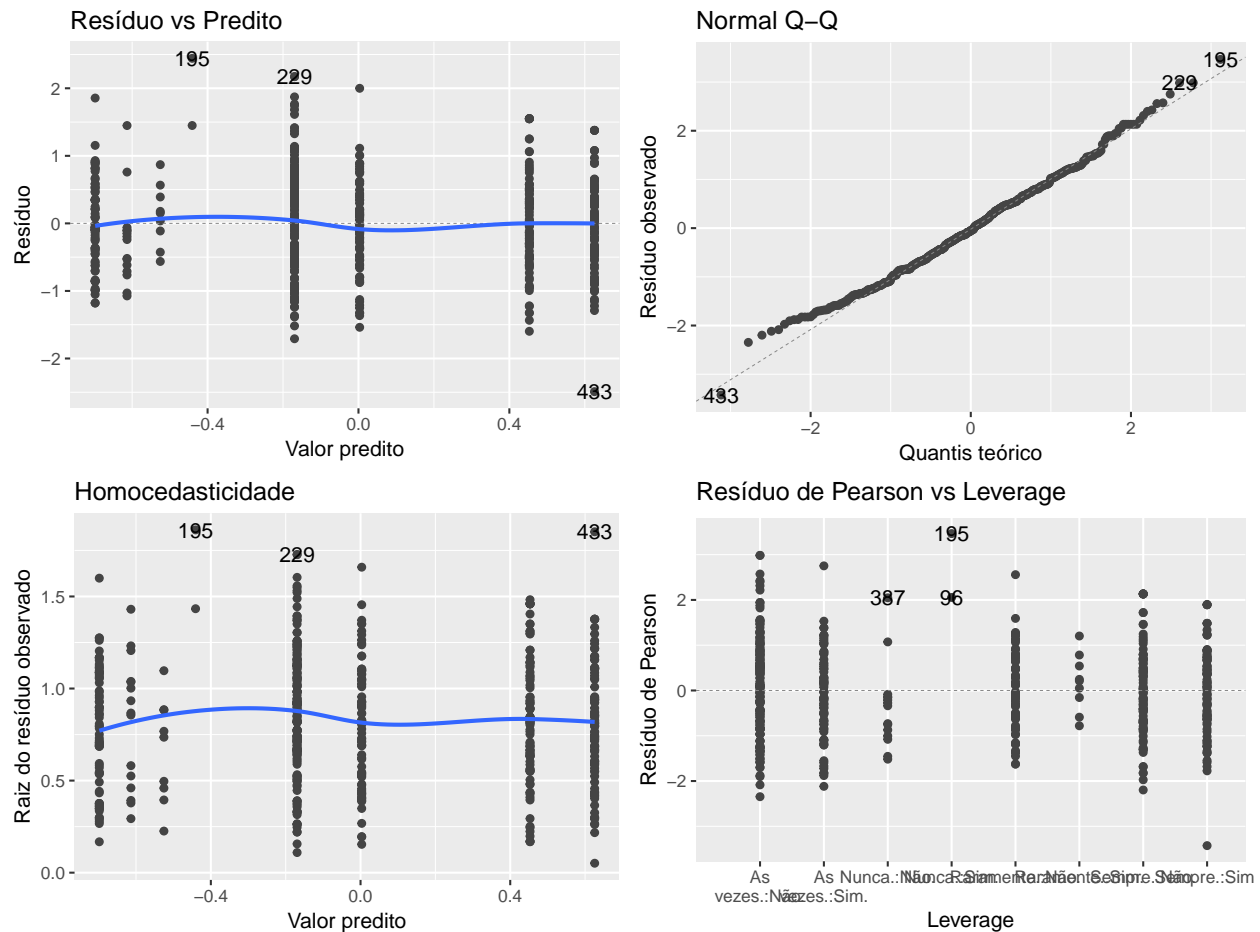
Tabela 8: Modelo com os fatores associados X1 e X2

term	estimate	std.error	statistic	p.value
(Intercept)	-0.1694781	0.0495348	-3.421393	0.0006699
X1Sempre.	0.6224795	0.0716297	8.690239	0.0000000
X1Raramente.	-0.5285636	0.0916854	-5.764970	0.0000000
X1Nunca.	-0.4440136	0.1830605	-2.425502	0.0156122
X2Sim.	0.1726713	0.0698328	2.472640	0.0137171

#### 4.1.1 Diagnóstico do Modelo

Abaixo tem-se o diagnóstico do Modelo.

#### Diagnóstico do modelo



O diagnóstico do modelo está satisfatório, não temos evidências de quebra de nenhum dos pressupostos. Quanto a esse agrupamento de dados, isto é natural dos dados pois as preditoras são duas variáveis categóricas.

#### 4.1.2 Interpretações do Modelo

Para as estimativas dos fatores associados tem-se que os indivíduos que responderam **Sempre** para a pergunta *Você procura se informar sobre os principais acontecimentos políticos no país ?* tem um aumento de 0.62 no valor de  $\theta$ , indivíduos que responderam **Raramente** tem um decréscimo de -0.53 no valor de  $\theta$  e indivíduos que responderam **Nunca** tem um decréscimo de -0.44 no valor de  $\theta$ .

Por último indivíduos que responderam **Sim** para *Você participou de alguma manifestação de apoio a Operação Lava Jato Por exemplo participou de alguma passeata ou protesto mandou mensagens por redes sociais na internet etc ?* tem um aumento de 0.17 no valor de  $\theta$ .

As categorias de referência para as estimativas acima foram **As vezes** da pergunta *Você procura se informar sobre os principais acontecimentos políticos no país ?* e **Não** da pergunta *Você participou de alguma manifestação de apoio a Operação Lava Jato Por exemplo participou de alguma passeata ou protesto mandou mensagens por redes sociais na internet etc ?*.

## 5 Considerações Finais

Dos 20 itens elaborados pela turma de 2018, 1º semestre, somente i1, i5, i8, i9, i11, i12, i13, i16, i17, i19, i20 foram utilizados, os outros 6 itens retirados de outra turma, somente i25 foi utilizado, pois este apresentaram estimativas coerentes com as especificadas. Ao todo foram utilizados 12 dos 26.

Dois resultados interessantes se deram com relação aos fatores associados que são que indivíduos que responderam **Sempre** para a pergunta Você procura se informar sobre os principais acontecimentos políticos no país ? tiveram um  $\theta$  em média maior, Ou seja esses fatores contribuíram para uma maior compreensão da **Operação Lava Jato**. É um resultado um tanto obvio, mas importante, pois isso mostra que a busca e o interesse pela informação sobre os acontecimentos políticos do país contribui para uma maior compreensão do atual estado da política do Brasil.

O outro resultado é que a além da busca pela informação sobre os acontecimentos políticos, a participação ativa nas manifestações, passeatas, protestos etc contribui significativamente para um traço latente maior sobre a **Operação Lava Jato**.

Sobre os itens âncoras, os resultados não foram satisfatórios. Pois refletem somente um nível da prova, ou seja, a única coisa que podemos dizer é que indivíduos que tiverem um  $\theta$  maior que 1 sabem algo relacionado com *Principais Políticos envolvidos e suas acusações e crimes cometidos*; *Empreiteiros, doleiros e outros envolvidos e suas acusações e crimes cometidos* e *Partidos políticos envolvidos em acusações e crimes*.

Por último, a curva de informação do teste nos mostra a amplitude de -3 a 3, podendo ser visualmente aproximada por uma normal, significando que os itens discerne indivíduos medianos.

## 6 Anexo

O questionário respondido se encontra neste link

## Referências

- de Andrade, D. F., Tavares, H. R., and da Cunha Valle, R. (2000). Teoria da resposta ao item: conceitos e aplicações. *ABE, Sao Paulo*.
- Landis, J. R. and Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *biometrics*, pages 33–159.
- R Core Team (2018). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.