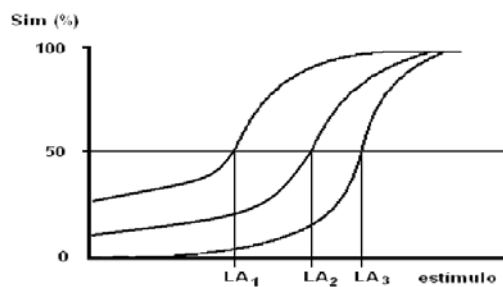


Teoria de Detecção de Sinal

Crítica aos Limiares: O que acontece se o observador for recompensado ao detectar o estímulo ou punido se não detectá-lo?



Além dos fatores sensoriais, fatores motivacionais afetam a decisão de resposta, e conseqüentemente, os valores dos limiares.

Green, Swets, Tanner - décadas 50 e 60.

Introduzem a teoria de detecção de sinal à psicofísica.

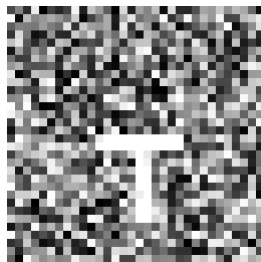
Separam:

índice de sensibilidade (d')

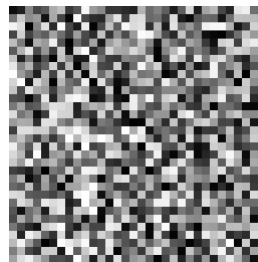
critério de decisão (β)

Método SIM-NÃO

Estímulo presente



Estímulo ausente



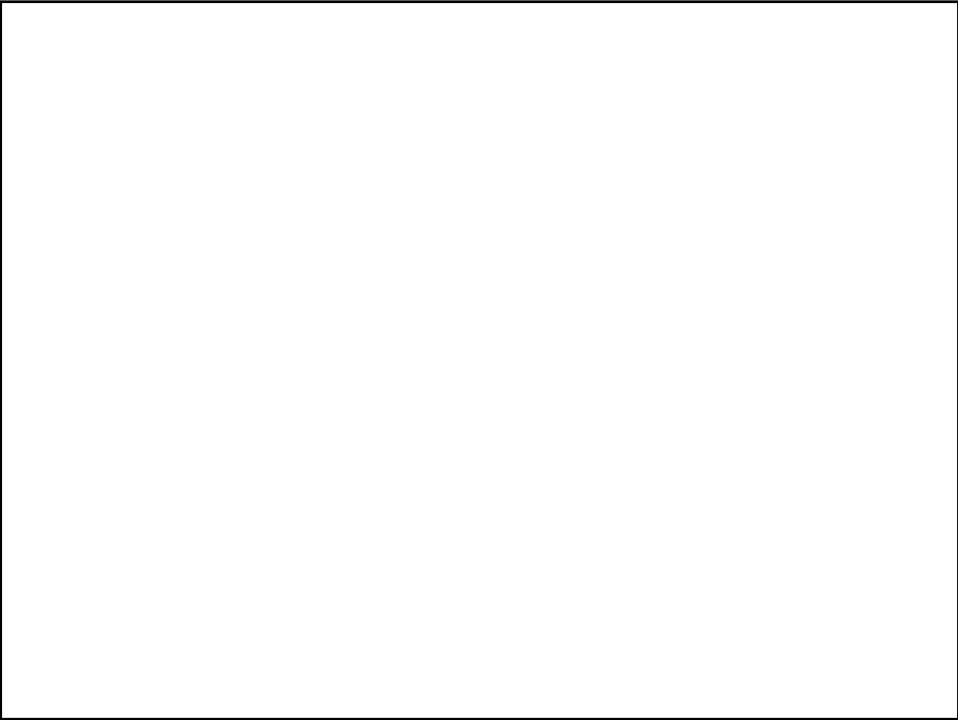
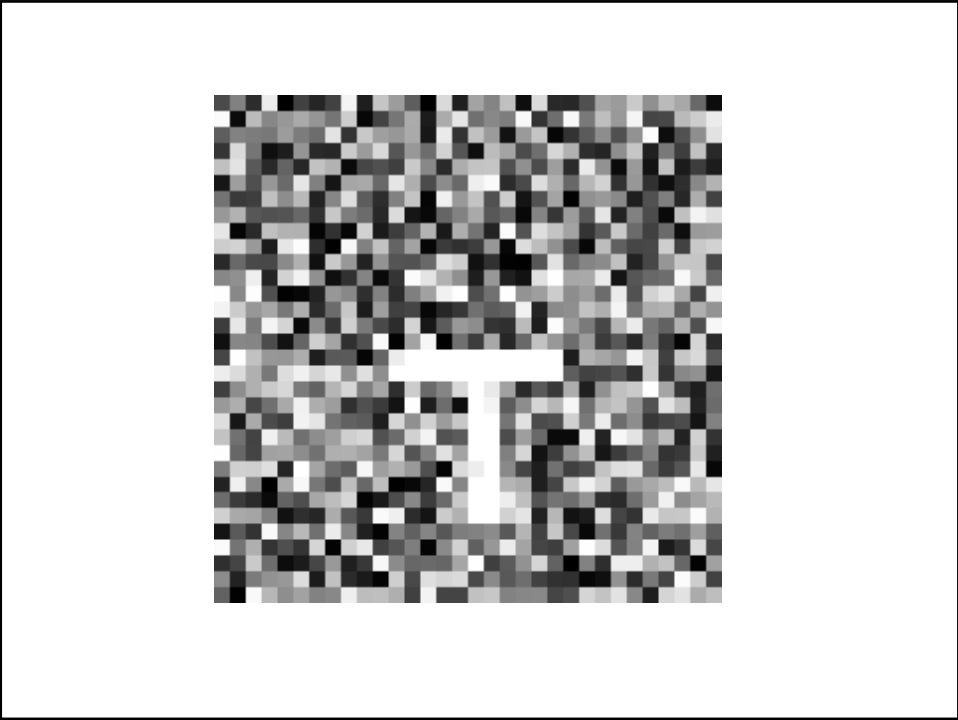
Respostas

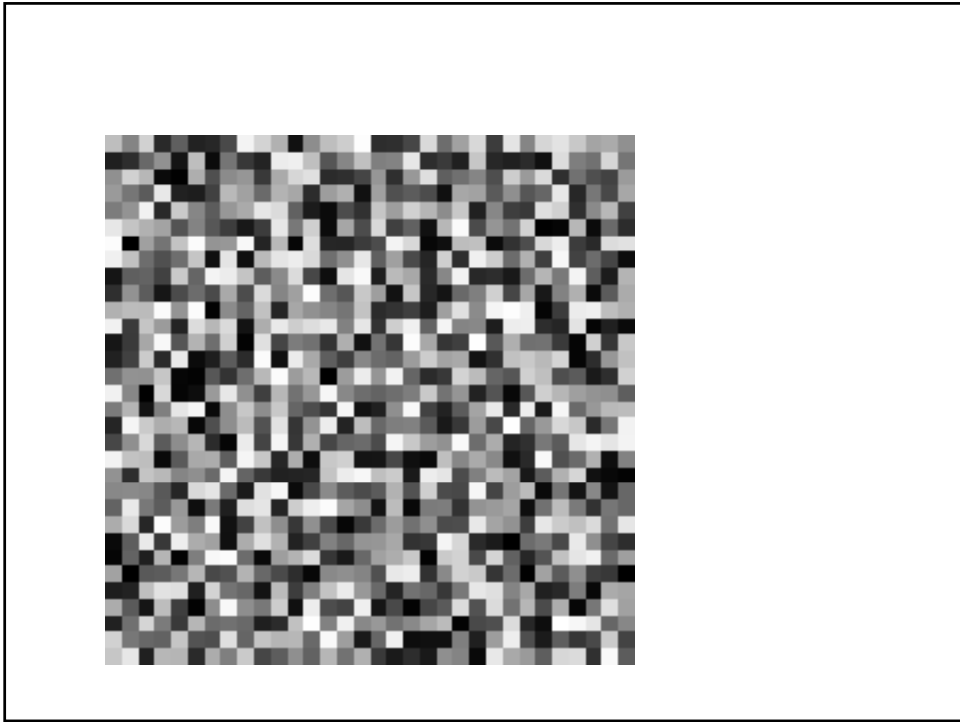
Sim (acerto)

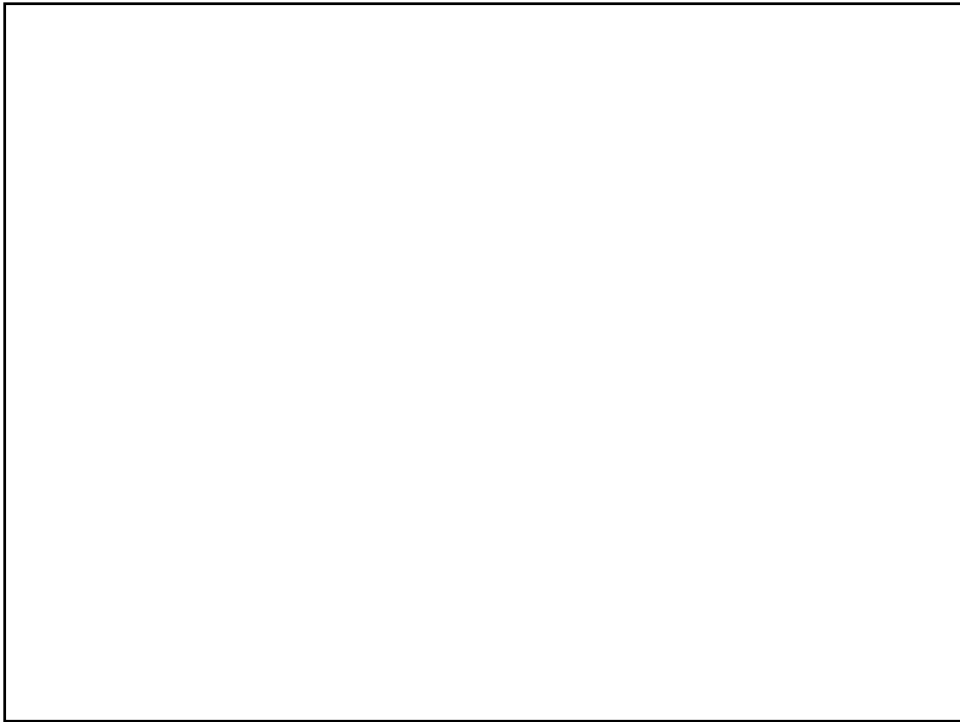
Não (omissão)

Sim (falso alarme)

Não (rejeição correta)

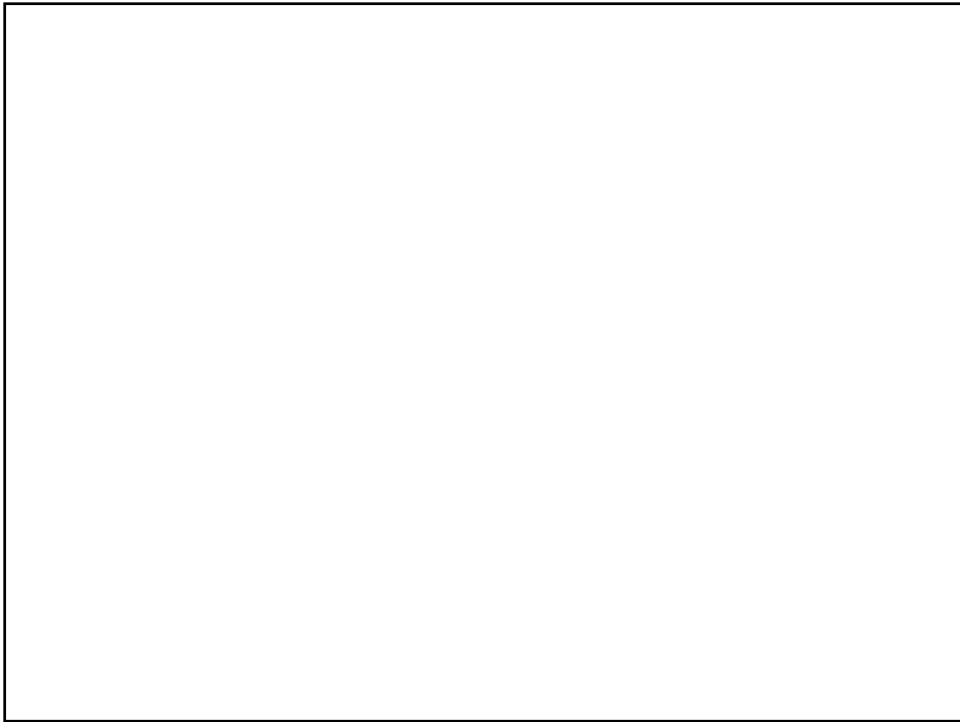
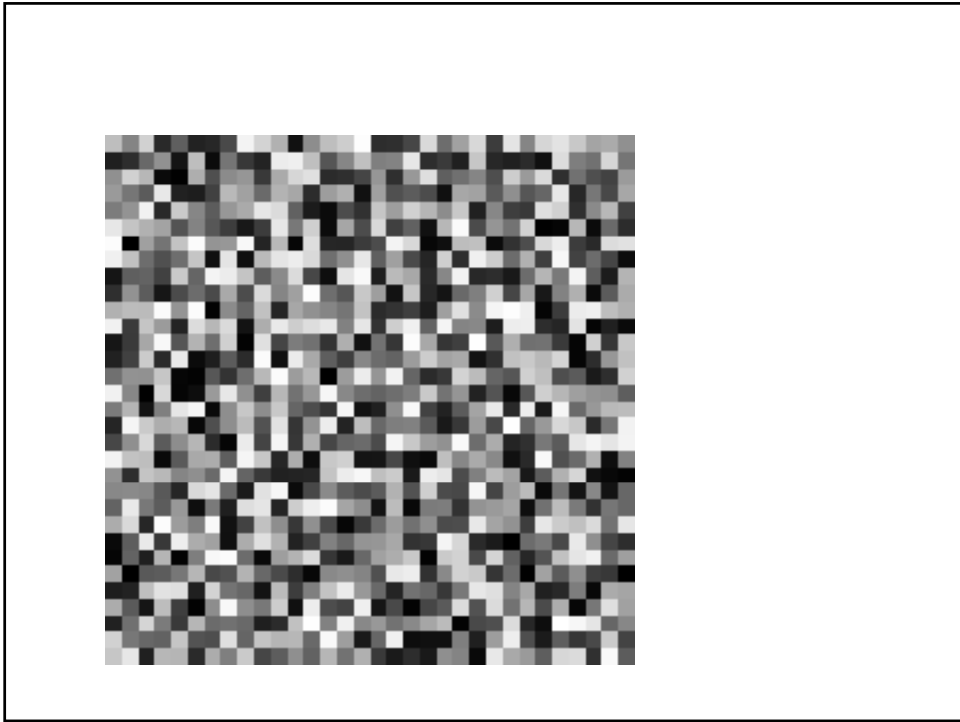






“T” estava ou não presente?





“T” estava ou não presente?

Método Sim-Não

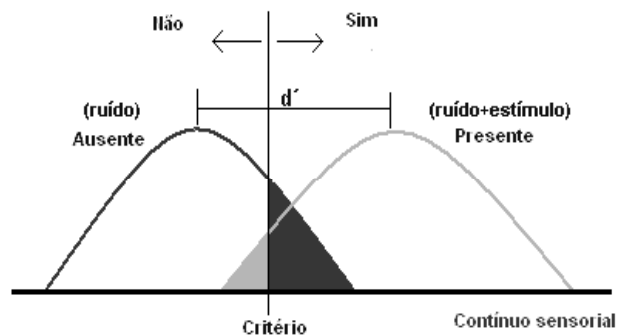
- Um único estímulo (detecção) ou um par de estímulos (discriminação) apresentado várias vezes ao observador.
- *Catch Trials*: Em algumas tentativas não há apresentação de estímulo (detecção) ou o estímulo teste é igual ao padrão (discriminação)
- Coletar respostas do observador:
 - Sim (percebeu o estímulo ou há diferença entre os estímulos)
 - Não (não percebeu o estímulo ou não há diferença entre os estímulos)

		Resposta	
		Sim	Ilão
Estímulo	Presente	acerto	omissão
	Ausente	falso alarme	rejeição correta

Green & Swetts (1966)

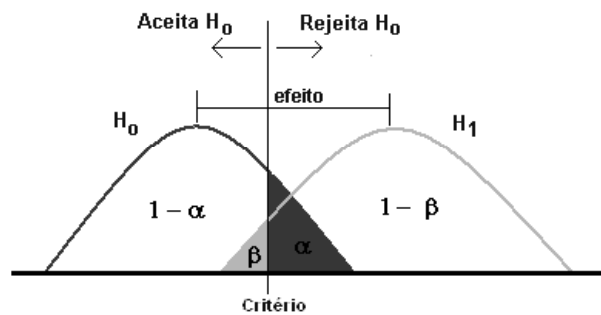
$$\sigma_{(\text{ruído})} = \sigma_{(\text{ruído}+\text{estímulo})}$$

$$d' = z(\text{acerto}) - z(\text{falso alarme})$$



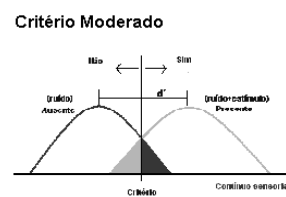
Teste de Hipóteses

	Rejeita H_0	Aceita H_0
H_0 falso	$1 - \beta$ Poder	β Erro Tipo II
H_0 verdadeiro	α Erro Tipo I	$1 - \alpha$

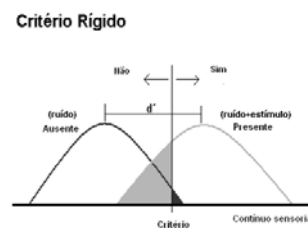


Critério

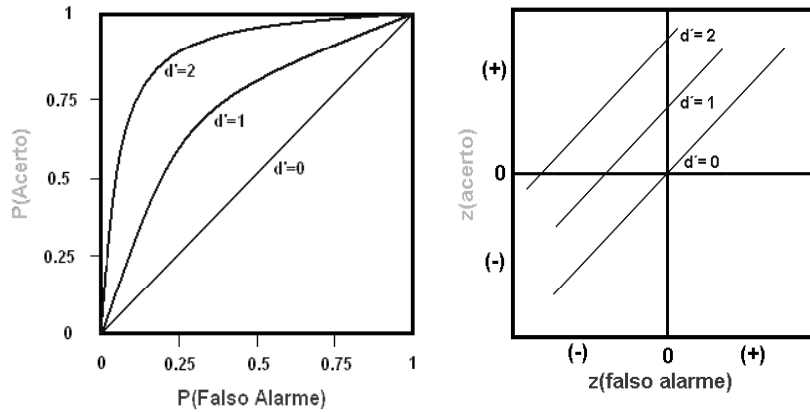
	Resposta	
	Sim	Não
Estímulo Presente	acerto	omissão
Estímulo Ausente	falso alarme	rejeição correta



$$\beta = \text{ord}(\text{acerto}) / \text{ord}(\text{falso alarme})$$



Receiver Operating Characteristic (ROC) curves



Estímulo	Resposta	
	Sim	Não
Presente (50)	0.75	0.25
Ausente (50)	0.25	0.75

$$d' = z(\text{falso alarme}) - z(\text{acerto})$$

$$d' = 0.67 + 0.67 = 1.34$$

$$\text{critério} = \text{ord}(\text{acerto}) / \text{ord}(\text{falso alarme})$$

$$\text{critério} = 0.32 / 0.32 = 1.0$$

Estímulo	Resposta	
	Sim	Não
Presente (10)	0.35	0.65
Ausente (90)	0.04	0.96

$$d' = z(\text{falso alarme}) - z(\text{acerto})$$

$$d' = 1.75 - 0.38 = 1.37$$

$$\text{critério} = \text{ord}(\text{acerto}) / \text{ord}(\text{falso alarme})$$

$$\text{critério} = 0.37 / 0.09 = 4.1$$

Estímulo	Resposta	
	Sim	Não
Presente (90)	0.95	0.05
Ausente (10)	0.65	0.35

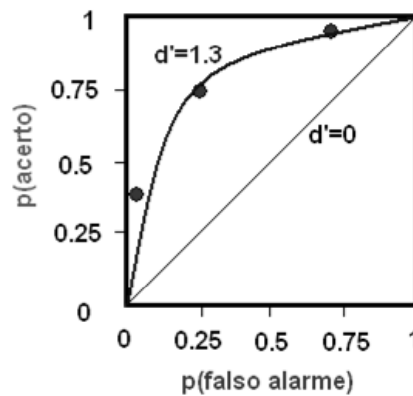
$$d' = z(\text{falso alarme}) - z(\text{acerto})$$

$$d' = -0.38 + 1.64 = 1.26$$

$$\text{critério} = \text{ord}(\text{acerto}) / \text{ord}(\text{falso alarme})$$

$$\text{critério} = 0.10 / 0.37 = 0.27$$

EXEMPLO



Método “Confidence Rating”

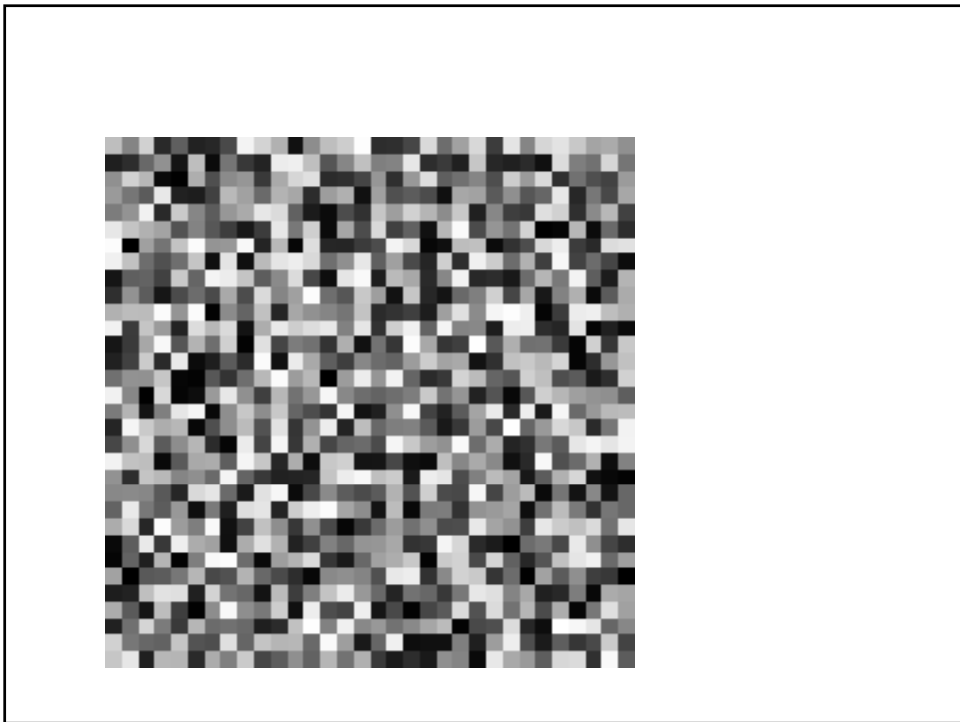
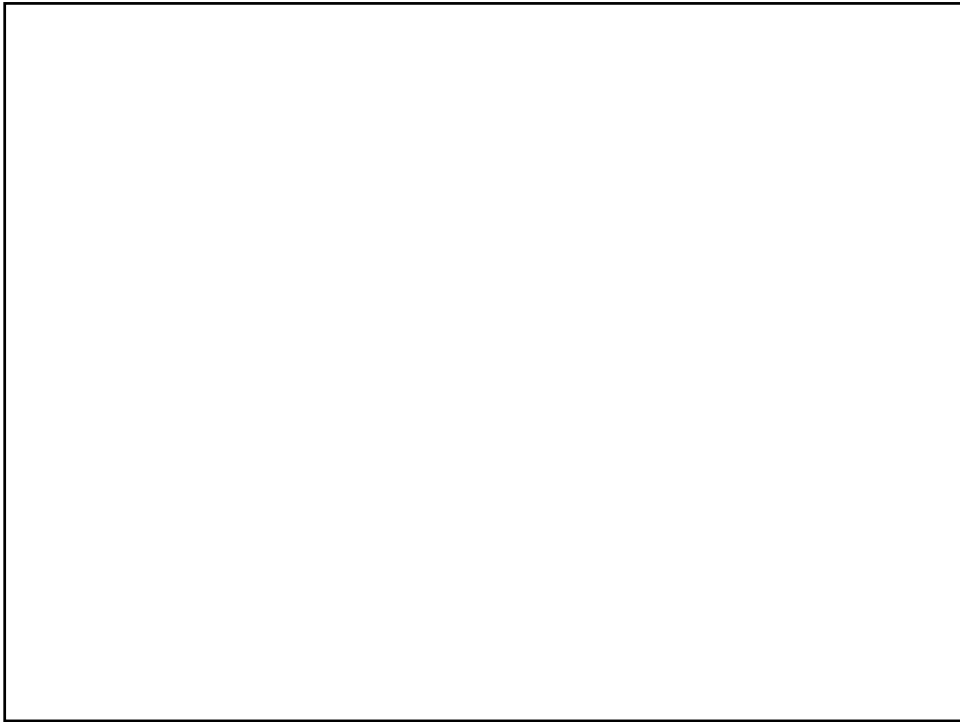
Percebeu se “T” estava ou não presente?

Cat. 4 – percebi com certeza

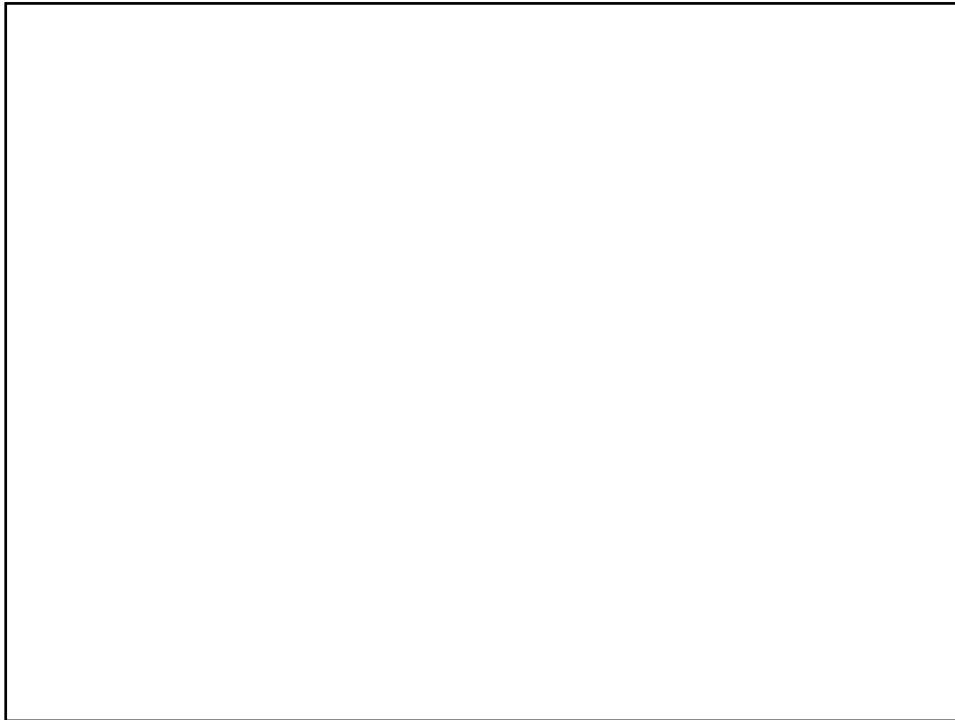
Cat. 3 – percebi, mas com incerteza

Cat. 2 – não percebi, mas com incerteza

Cat. 1 – não percebi com certeza



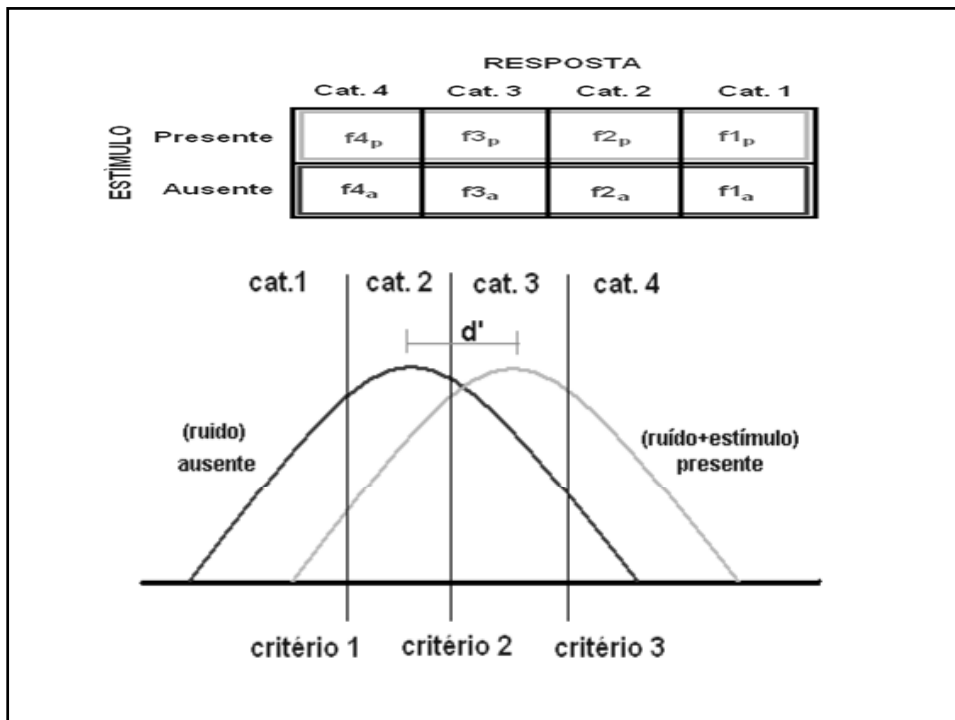




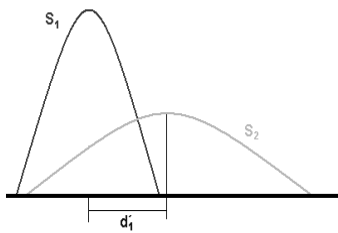
Método “Confidence Rating”

- Um estímulo (detecção) ou um par de estímulos (discriminação) é apresentado várias vezes ao observador.
- *Catch trials*: Em algumas tentativas não se apresenta o estímulo (detecção) ou o par de estímulos são idênticos (discriminação).
- Tarefa: O observador deve estimar o grau de certeza de sua resposta ao afirmar se percebeu ou não percebeu o estímulo (ou a diferença entre os estímulos).

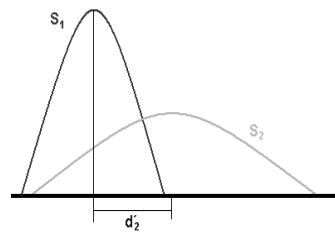
Ex: categoria 4 – percebeu com certeza
categoria 3 – percebeu, mas com incerteza
categoria 2 – não percebeu, mas com incerteza
categoria 1 – não percebeu com certeza.



O que significa d'_1 e d'_2 ?



Critério sobre o ponto central da distribuição de S_2 . d' mensurado em desvio padrão de S_1 .



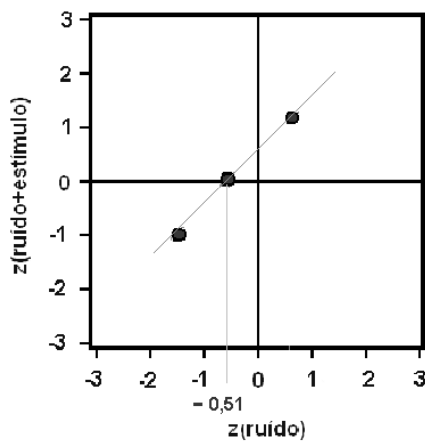
Critério sobre o ponto central da distribuição de S_1 . d' mensurado em desvio padrão de S_2 .

Exemplo

		FREQÜÊNCIA DE RESPOSTAS				
		Cat. 4	Cat. 3	Cat. 2	Cat. 1	TOTAL
ESTÍMULO	Presente	159	341	341	159	1000
	Ausente	67	234	391	308	1000

		FREQÜÊNCIA RELATIVA ACUMULADA			
		Cat. 4	Cat. 3	Cat. 2	Cat. 1
ESTÍMULO	Presente	.159	.500	.841	1.00
	Ausente	.067	.301	.692	1.00

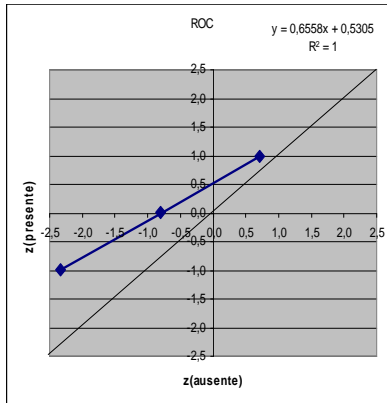
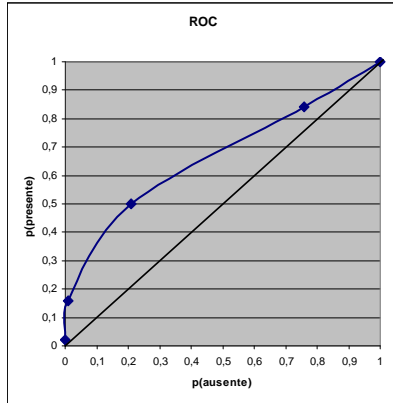
		z (FREQÜÊNCIA RELATIVA ACUMULADA)			
		Cat. 4	Cat. 3	Cat. 2	Cat. 1
ESTÍMULO	Presente	-1.00	0	1,00	∞
	Ausente	-1,50	-0,52	0,50	∞



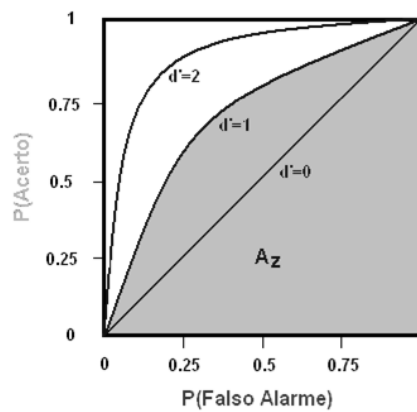
$$z(\text{ruído+estímulo}) = 0,998 z(\text{ruído}) + 0,505$$

$$d' = \left(\sqrt{\frac{2}{1+s^2}} \right) d'_2 = \left(\sqrt{\frac{2}{1+0,998^2}} \right) 0,505 = 0,51$$

Curva ROC : DP(sn) > DP(n)



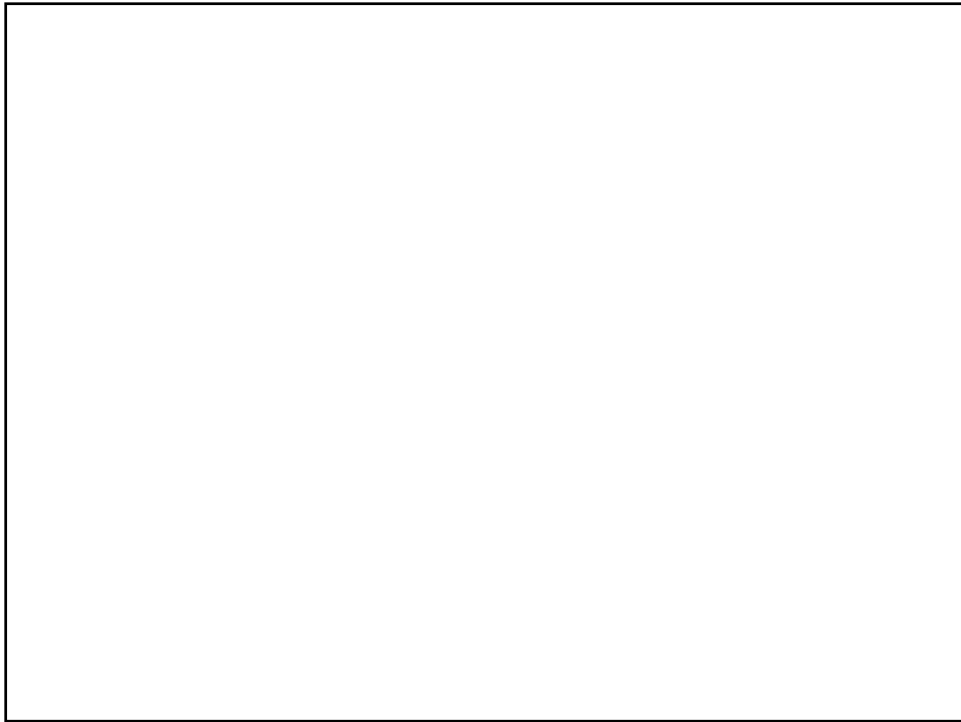
área A_z sob a curva ROC



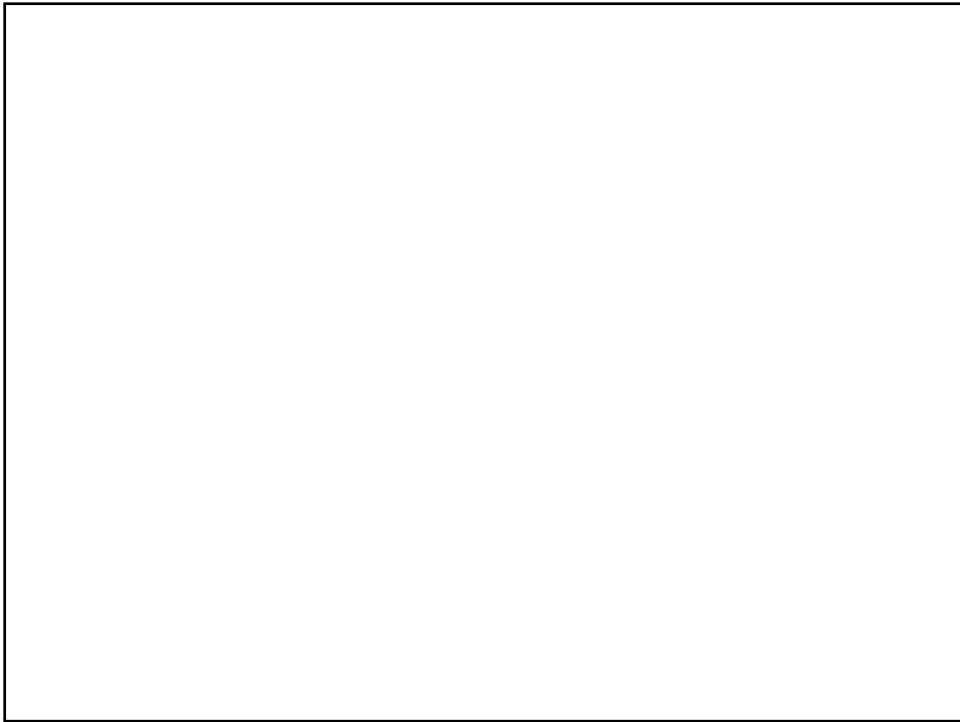
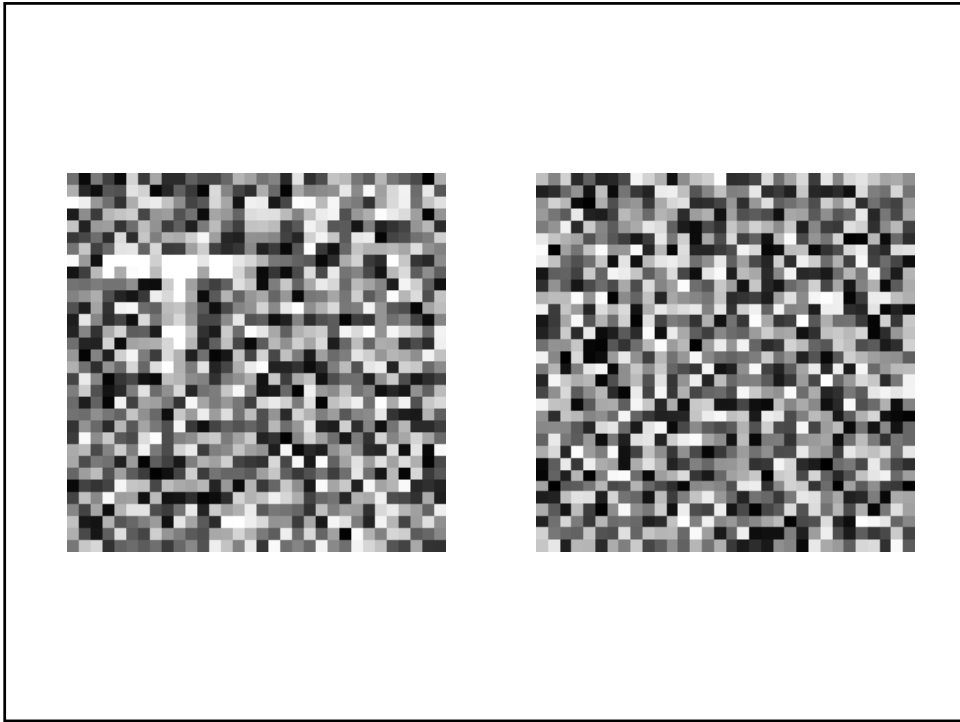
$$z(A) = s.d'_1 / (1+s^2)^{1/2}$$

A_z (ver tabela na distribuição normal reduzida valor p de z(A))

Método da Escolha Forçada (2AFC)



“T” a direita ou a esquerda?



“T” a direita ou a esquerda?

Método da Escolha Forçada (2AFC)

- Um estímulo é apresentado ao observador em várias vezes, porém o estímulo pode ser apresentado aleatoriamente ora na situação (A) ora na situação (B). (2 alternativas)
- O observador é forçado a indicar em que situação o estímulo foi apresentado.
- Computa-se a proporção de acertos $P(c)$, o indicador de sensibilidade.
- Livre de critério.

Regra de Decisão

Se $x_1 > x_2$, escolha alternativa A

Se $x_2 > x_1$, escolha alternativa B

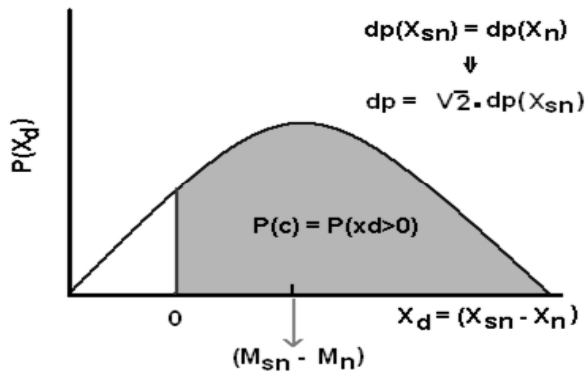
Probabilidade de acertos será:

$$P(c) = P(X_{sn} > X_n) = P(X_{sn} - X_n > 0)$$

Se as distribuições de X_{sn} e X_n são normais, a distribuição de $(X_{sn} - X_n)$ também é normal com:

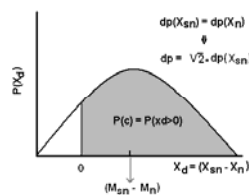
$$\text{média} = M_{sn} - M_n$$

$$dp = \sqrt{dp_{sn}^2 + dp_n^2}$$



Relação entre $P(c)$ e d' ?

- Distribuição X_{sn} e X_n devem ser normais.
- Relação entre dp_{sn} e dp_n deve ser conhecida.
- O método da escolha forçada não especifica esta relação.
- Necessita-se assumir esta relação ou determiná-la por meio das curvas ROC.

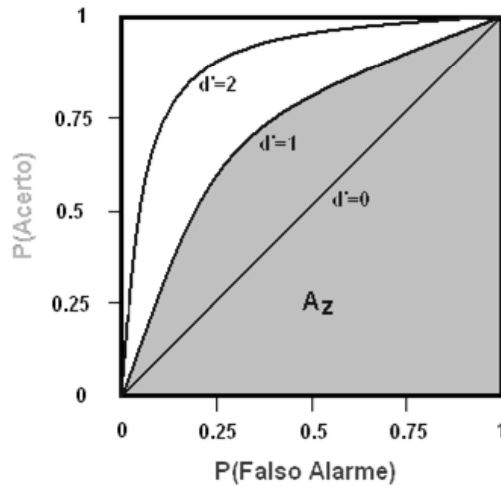


$$d' = \sqrt{2} \cdot z(X_d=0)$$

Exemplo

$p(c)$	$z(X_d=0)$	d'
50	0	0
84	-1	1.414
97.5	-2	2.828

(2AFC) $P(c) = \text{área } A_z \text{ sob a curva ROC}$



Limiar Moderno

Estímulo associado a $d' = 1$

ou

Estímulo cujo $P(c) = .76$, para escolha forçada com 2 alternativas (2AFC)

Vantagem:

Este limiar não é afetado pelo critério do observador ao decidir a resposta.

Como estimar o Limiar Moderno?

Pelo método dos estímulos constantes ou pelos métodos adaptativos associado a um método da escolha forçada. A figura abaixo mostra uma curva psicométrica obtida pela associação com método da escolha forçada com 2 alternativas (2AFC).

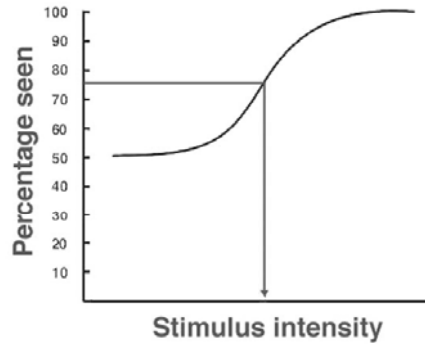


Figure 14. Psychometric function for 2AFC. Threshold is taken at the 75% seen level.