

Balança Medição Massa

Aluno :
Sérgio Santos, N^o: 1020881

Docente/Orientador
Isabel Gonçalves Vaz, *igv*
Unidade Curricular
PESTA

4 de abril de 2021

Agradecimientos

This is the acknowledgements section. You should replace this with your own acknowledgements.

Resumo

O projeto proposto é fazer uma balança utilizando um micro controlador, um sistema *Embedded*.

Uma célula de peso vai ser o sensor de conversão entre massa e diferença de potencial através de uma ponte *Wheatstone*, gerando um sinal proporcional.

Após obter este sinal será ligado a um amplificador **ADC** dedicado para este tipo de funcionalidade, com 24 bits de resolução, amplificação programável e taxa de transferência fisicamente programado, trata-se do integrado **HX711**, com um protocolo de comunicação que lhe é próprio. Depois esta comunicação serie vai ser entregue ao micro controlador.

A programação do **MCU**, o código as livrarias e ou drivers é para ser feito em linguagem **C**.

Palavras Chave: Código, Programação.

Conteúdo

1	Balança	5
1	section	6
1.1	subsection	6
1.2	subsection	6
2	subsection	6
2	chapter	7
1	section	7
2	Material	7
3	chapter	9
1	Validação	9
4	Testing Code Area	10
5	Physics	15

Lista de Figuras

1.1	Balança medieval	5
1.2	Balança moderna	5
1.3	Balança de Mola	6
2.1	Load Cell 50Kg	8
2.2	Load Cell Amplifier [HX711]	8
2.3	HX711 Schematic	8
4.1	Modelo de Multi-níveis [?] da cultura e Modelo Hofstede, Portugal . . .	10
4.2	TEE	12
4.3	TEE Diferença	13
4.4	NEE Diferença	13
4.5	TEE Normal	13
4.6	NEE Normal	13
4.7	TEE Normal Média	13
4.8	NEE Normal Média	13

Lista de Tabelas

2.1	Lista de material	7
4.1	Caption	10

||

Acrónimos

API	–	Application Programming Interface
ASCII	–	American Standard Code for Information Interchange
ASN.1	–	Abstract Syntax Notation - One
ASR	–	Alcatel Service Router
ATM	–	Asynchronous Transfer Mode
CADREDE	–	Sistema de Gestão do Cadastro de Rede da PT
COTS	–	Components Of The Shelf
CPU	–	Communications Processor Unit
CRC	–	Cyclic Redundancy Check
CRM	–	Customer Relationship Management
CSMA/CD	–	Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection
ER	–	Elemento de Rede
eTOM	–	Enhanced Telecom Operations Model
FAB	–	Fulfillment, Assurance & Billing
FCAPS	–	Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security
FCS	–	Frame Check Sequence
FIFO	–	First In First Out
ROM	-	Read-only Memory
RAM	-	Random-access Memory
JTAG-DP	-	Joint Test Action Group
SWD-DP	-	Serial Wire Debug
IAP	-	in-application programming
ICP	-	in-circuit programming

1. Balança

As balanças foram criadas por necessidade, quando o desenvolvimento de comércio durante a antiguidade os produtos que não recorriam a contagem por unidades, tais como objetos irregulares por exemplo o ouro devia ser valorizado, a forma de medir sua massa tornou-se numa variável de medição para troca de bens.

A relíquia mais antiga de uma balança de medir massa foi descoberto na vila de *Indus River*, perto do conhecido por hoje de Paquistão, e estima-se ser por volta de 2000 B.C. Estas primeiras balanças eram alavancas em equilíbrio, onde nos extremos eram colocados cestos e se colocava os pesos, este estava centrado no seu centro de massa, assim se os pesos nos dois cestos serem iguais fica em equilíbrio (horizontal), era um sistema de comparar com pesos fixos estabelecidos como norma (*contra-pesos*).



Figura 1.1: Balança medieval

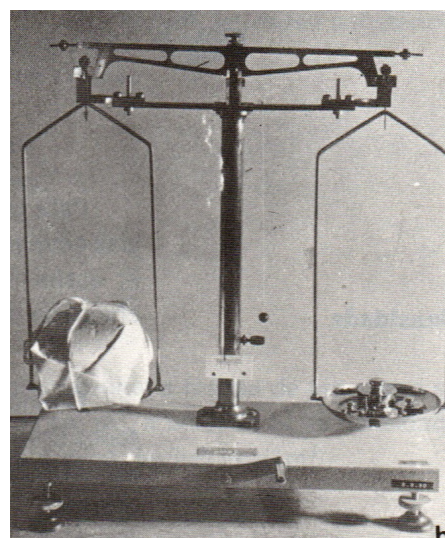


Figura 1.2: Balança moderna

Este sistema pode ter grande precisão, mas também pode facilmente ser adulterado.

Os métodos de medir a massa de objetos não conheceu nenhuma melhoria tecnológica relevantes até a era industrial. Só nos fins do século *XVIII* é que o meio de medir a massa de objetos não dependia de **contra-pesos**. As balanças por molas foi inventado por **Richard Salter**, um fabricante de balanças por volta dos anos de 1770 na Inglaterra.



Figura 1.3: Balança de Mola

A balança por mola, como o nome implica, mede a pressão (ou sua tensão) exercido sobre a mola para determinar a massa do objeto. Este tipo de balanças ainda são muito comum nos dias de hoje por serem bastante económicas de fabricar, mas não tem tanta precisão como as eletrónicas desenvolvidas e aperfeiçoadas durante o século XX.

As balanças eletrónicas mais modernas utilizam resistências elétricas em materiais permeáveis e fazer passar uma corrente elétrica na qual é possível detetar a variação de condutividade das resistências em que é proporcional a pressão exercida sobre esse material, podendo daí se deduzir o peso dos objetos que se encontrem na balança.

1 section

1.1 subsection

1.2 subsection

2 subsection

2. chapter

1 section

2 Material

Lista de Material		
Peça	Quant	Preço [uni]
Fonte de alimentação 12V 1A	1	3.87 €
Conversor DC-DC com voltímetro	1	7.75 €
ET BASE AVR Atmega128 Board	1	23.92 €
Test Input Board	1	3.71 €
Test Output Board	1	3.71 €
IDC Socket 10 way	12	0.31 €
IDC Header Straight 10 way	12	0.25 €
Flatcable	?	? €
20x4 LCD Module Blue	1	12.24 €
SparkFun Load Cell Amplifier HX711	1	13.04 €
50Kg Load Cell	1	12 €
	<i>total</i>	86.96 €

Tabela 2.1: Lista de material

Depois também tem-se despesas no equipamento para a programação do hardware que em princípio só se gasta uma vez, isto é, se não se estragar. No caso do programador da Atmel o **ICE** pode custar até 185.55 €.

Também temos de ter em conta que os preços são **PVP**, que no caso se for preços comerciais são dez vezes inferior, e se for para produção em grande escala também tem descontos por quantidade.



Figura 2.1: Load Cell 50Kg



Figura 2.2: Load Cell Amplifier [HX711]

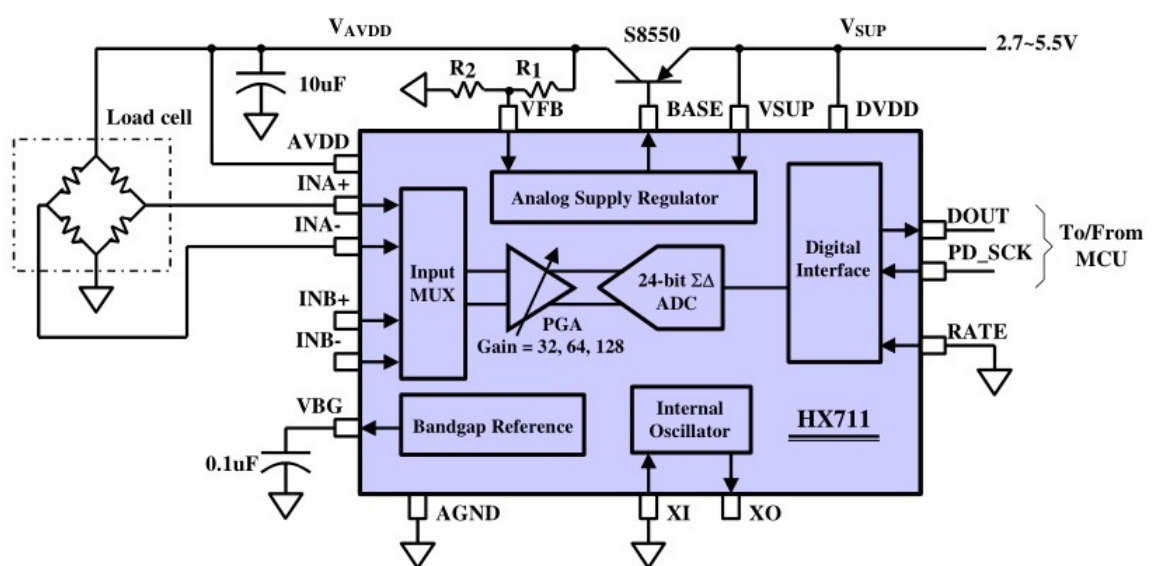


Figura 2.3: HX711 Schematic

3. chapter

1 Validação

4. Testing Code Area

Tabela 4.1: Caption

One	Two
Three	Four

AZUL

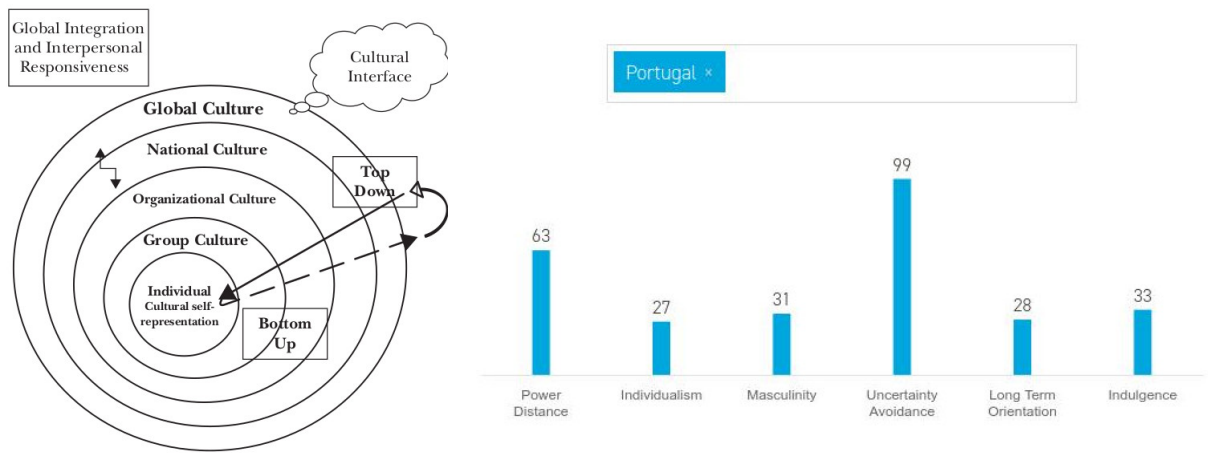


Figura 4.1: Modelo de Multi-níveis [?] da cultura e Modelo Hofstede, Portugal

- Items
 - Item 1
 - Item 2
- Items
 - Item 1
 - Item 2

Estilos de Liderança:

- Participativo
- Orientado as pessoas (Liderança de suporte)
- Orientado as tarefas (Liderança Instrumental ou Diretiva ou Transacional)

Tipos de Cultura:

- Inovadora
- Competitiva
- Burocrática
- Comunitária

Medição do Sucesso:

- Satisfação dos Clientes
- Taxa crescimento vendas
- Cotação no mercado
- Vantagens Competitivas
- Volume de vendas

Nº	Inquérito	Resp 1 - 7
1.	A organização preocupa-se com o crescimento e a aquisição de novos recursos, e procura responder a novos desafios.	
2.	A organização é dinâmica e empreendedora. As pessoas estão dispostas a correr riscos.	
3.	Existe um elevado empenho na inovação e no desenvolvimento. Procuramos ser os primeiros.	
4.	Consideram-se os melhores gestores os que são empreendedores, Inovadores e tomadores de riscos.	
5.	Existe uma elevada ênfase nas tarefas e no alcance de objetivos.	
6.	Considera-se que os melhores gestores são produtores e técnicos.	
7.	A organização valoriza as ações competitivas, o sucesso e o alcance de objetivos mensuráveis.	
8.	A organização é orientada para a produção. Uma das maiores preocupações é fazer o que tem que ser feito. Os empregados não estão muito envolvidos do ponto de vista pessoal.	
9.	A organização valoriza muito as regras e as políticas formais.	
10.	A organização é muito formalizada e estruturada. Os procedimentos estabelecidos orientam o que as pessoas devem fazer.	
11.	Os melhores gestores são considerados os que são coordenadores ou organizadores.	
12.	Na organização valoriza-se a permanência, a estabilidade e a eficiência.	
13.	Valoriza-se muito a lealdade, a tradição e o empenhamento na organização.	
14.	A organização é uma espécie de grande família.	
15.	Valoriza-se muito a coesão e os recursos humanos.	
16.	Considera-se que os melhores gestores são os que atuam como mentores, sábios ou figuras paternos/maternos.	

	Média do Inquerito	Ogbonna & Harris (2000)
Cultura de inovação [1-4]	5,4	4,6
Cultura de Competição [5-8]	5,3	4,2
Cultura Burocrática [9-12]	4,7	4,3
Cultura de Comunidade [13-16]	5	4,6

- HSPACE 5cm

h_i	CLASSE	MARCA	n_{iA}	n_{iB}	$\frac{n_{iA}}{h_i}$	$\frac{n_{iB}}{h_i}$	f_{iA}	f_{iB}	F_{iA}	F_{iB}	
$-\infty$	< 5		0	0							1,
4	$[5,10[$	7,5	8	1	2	0,25	0,0667	0,0083	0,0667	0,0083	5,
4	$[10,15[$	12,5	16	18	4	4,5	0,1333	0,15	0,2	0,1583	18
4	$[15,20[$	17,5	40	28	10	7	0,3333	0,2333	0,5333	0,3917	33
4	$[20,25[$	22,5	25	41	6,25	10,25	0,2083	0,3417	0,7417	0,7333	33
4	$[25,30[$	27,5	26	22	6,5	5,5	0,2167	0,1833	0,9583	0,9167	19
4	$[30,35[$	32,5	4	8	1	2	0,0333	0,0667	0,9917	0,9833	6,
5	$[35,40]$	37,5	1	2	0,2	0,4	0,0083	0,0167	1	1	1,
$+\infty$	> 40		0	0							0,
			n=120	n=120							

Estatística	X_A	X_B
Mínimo	7,5	7,5
Q_1 : 1º Quartil	17,5	17,5
m_d : mediana	17,5	22,5
Q_3 : 3º Quartil	27,5	27,5
Máximo	37,5	37,5
\bar{X} : Média	20,0417	21,5417
s : desvio-padrão	6,4494	6,0909
m_o : moda	17,5	22,5
Tamanho amostral $[n]$	120	120

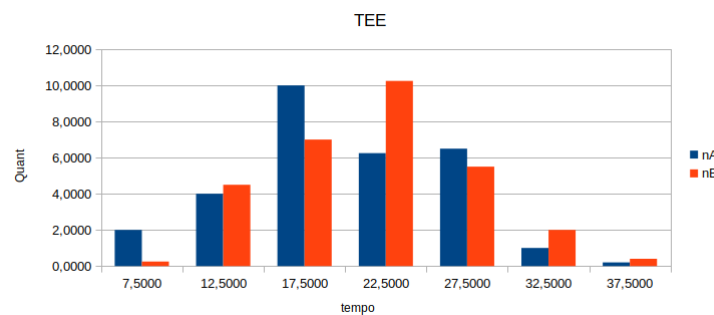


Figura 4.2: TEE

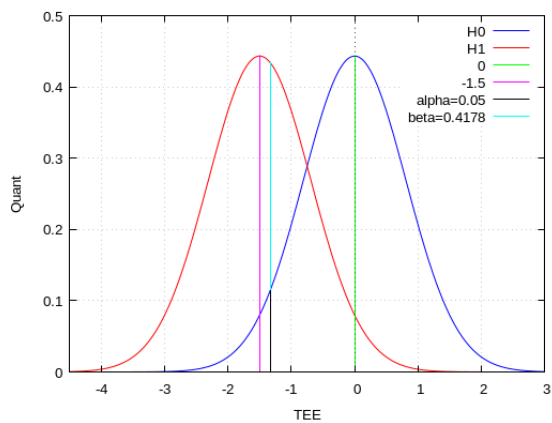


Figura 4.3: TEE Diferença

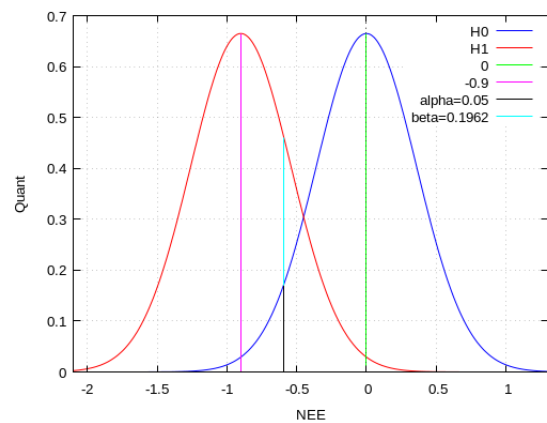


Figura 4.4: NEE Diferença

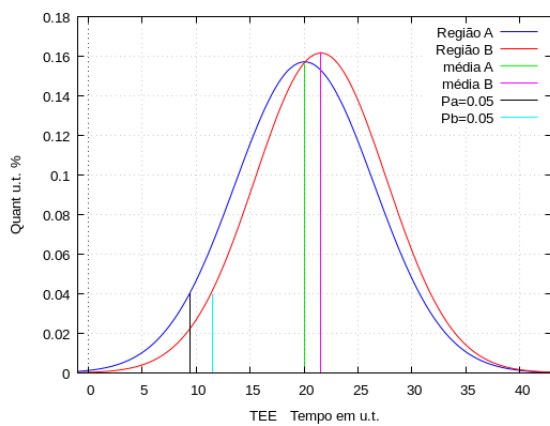


Figura 4.5: TEE Normal

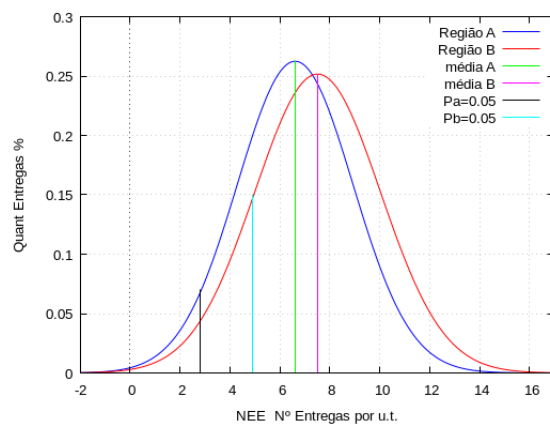


Figura 4.6: NEE Normal

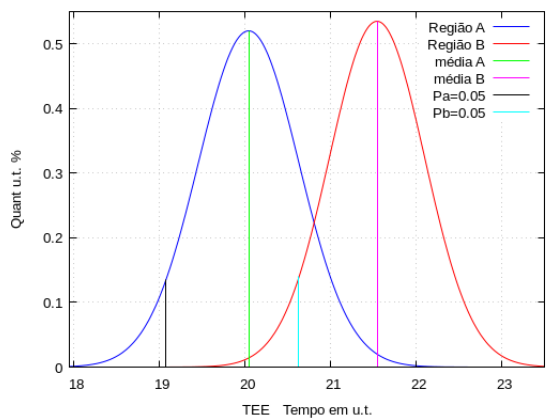


Figura 4.7: TEE Normal Média

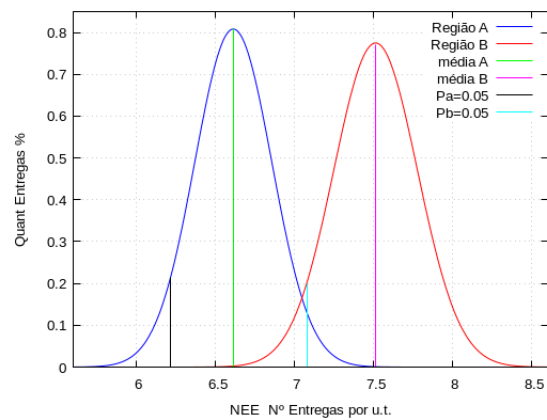


Figura 4.8: NEE Normal Média

	f1	f2
a	$f(x) = (a + b)^2$ $= a^2 + 2ab + b^2$	c
d	$f(x) = (a + b)^2$ $= a^2 + 2ab + b^2$	f
g	$f(x) = (a + b)^2$ $= a^2 + 2ab + b^2$	h

5. Physics

Força [N]

$$\sum F_{(t)} = M a_{(t)} = M \ddot{x}_{(t)}$$

$$\sum F_R = \sum F_{action} - \sum F_{reaction}$$

$$f_{(t)} = -K x_{(t)}$$

$$\dot{f}_{(t)} = -B \dot{x}_{(t)}$$

There are only forces if there is a physical object subject to it.

Torque [N.m]

$$\sum T_{(t)} = J \gamma_{(t)} = M \ddot{\theta}_{(t)}$$

$$\sum T_R = \sum T_{action} - \sum T_{reaction}$$

$$T_{(t)} = -K \theta_{(t)}$$

$$\dot{T}_{(t)} = -B \dot{\theta}_{(t)}$$

$$\mathbf{T} = \mathbf{F} \times \mathbf{r}$$

Never mix potatoes with bananas.

Heat

Q – Heat energy

$Q_{(t)}$ – temperature

R – heat resistance

$$Q = \frac{Q_{1(t)} - Q_{2(t)}}{R}$$

Cinetic Energy [Joule]

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Potencial Energy [Joule]

$$E_p = m g h$$

$$\frac{\partial f}{\partial x}$$

$$\frac{A \times B}{C} \times D \approx E,$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Média aritmetica dados classificados} \\ \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^c x_i n_i = \sum_{i=1}^c x_i f_i \end{array} \right| \begin{array}{l} \text{Variância de uma amostra dados classificados} \\ s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^c (x_i - \bar{x})^2 n_i \end{array}$$

$$IC_{1-\alpha} = [A, B] \text{ ; para } 1 - \alpha = 0.95, \alpha = 0.05, \frac{\alpha}{2} = 0.025$$

$$\text{Zona critica } Z_c = Z_{1-\frac{\alpha}{2}} = \Phi^{-1}(0.975) \cong 1.96$$

$$P(A \leq \mu \leq B) = 1 - \alpha$$

$$\Delta = Z_c \times \frac{\delta}{\sqrt{n}}$$

$$A = \bar{x} - \Delta \quad \text{and} \quad B = \bar{x} + \Delta$$

\therefore

$$IC_{A_{0.95}} = [18.8877, 21.1956] \quad \text{and} \quad IC_{B_{0.95}} = [20.4519, 22.6314]$$

$$[\mu]$$

$$\begin{array}{lll} \bar{y}_{A_0} = 6,6111 & \bar{y}_{B_0} = 7,5111 & n = 90 \\ \delta_A = 2,3112 & \delta_B = 2,5140 & \end{array}$$

$$P(Y_A < 6) = P(Y_A \leq 5) = F_{i_B}(5) \cong 0,3677 \quad \text{e} \quad P(Y_B < 6) = P(Y_B \leq 5) = F_{i_B}(5) \cong 0,2444$$

$$\begin{array}{l} \hat{P}_A - \hat{P}_B \sim N \left(p_A - p_B; \frac{p_A q_A}{n_A} + \frac{p_B q_B}{n_B} \right) \quad \Delta = z_{(1-\frac{\alpha}{2})} \sqrt{\frac{\hat{p}_A \hat{q}_A}{n_A} + \frac{\hat{p}_B \hat{q}_B}{n_B}} \quad q = \\ (1-p) \end{array}$$

$$IC_{97\%}(\hat{P}_A - \hat{P}_B) = [(\hat{p}_A - \hat{p}_B) - \Delta; (\hat{p}_A - \hat{p}_B) + \Delta]$$

$$\hat{P}_A - \hat{P}_B \sim N(0,1233; 0,02788) \quad z_{(1-\frac{\alpha}{2})} = \phi^{-1}(0,985) = 2,1701$$

Recorrendo a calculadora casio $fx-9860GII$:

$$\Delta = InvNorm(0.985) \sqrt{\frac{0.3677(1-0.3677)}{90} + \frac{0.2444(1-0.2444)}{90}} \cong 0.3677$$

$$\therefore IC_{97\%}(\hat{P}_A - \hat{P}_B) = [(\hat{p}_A - \hat{p}_B) - 0,3624; (\hat{p}_A - \hat{p}_B) + 0,3624]$$

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : \quad \mu_A - \mu_B = 0 \\ H_1 : \quad \mu_A - \mu_B < 0 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu = 0 \\ \delta = s \end{array} \right. \implies \bar{X} = \bar{X}_A - \bar{X}_B \sim N \left(0, \frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B} \right) \quad ; \quad \frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B} \cong 0.6558$$

$$P(\bar{X}_{H_0} \leq C) = 0.05 \quad \implies \quad RC_X]-\infty, -1.332] \quad \bar{x}_A - \bar{x}_B = -1.5 \in RC_X$$

$$z_0 = \frac{\bar{x}_A - \bar{x}_B}{\sqrt{\frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B}}} \cong -1.8523 \quad RC_z =]-\infty, -1.6448] \quad pvalue = P(Z < z_0) = 0.032$$

Condição NEE:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu = 0 \\ \delta = s \end{array} \right. \implies \quad \bar{Y} = \bar{Y}_A - \bar{Y}_B \quad \sim N\left(0, \frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B}\right) \quad ; \quad \frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B} \cong 0.1296$$

$$P(\bar{Y}_{H_0} \leq C) = 0.05 \quad \implies \quad RC_Y]-\infty, -0.5921] \quad \bar{y}_A - \bar{y}_B = -0.9 \in RC_Y$$

$$z_0 = \frac{\bar{y}_A - \bar{y}_B}{\sqrt{\frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B}}} \cong -2.5 \quad RC_z =]-\infty, -1.6448] \quad pvalue = P(Z < z_0) = 0.0062$$

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : X \sim N(20.0417, 6.4494^2) \\ H_1 : X \approx N(20.0417, 6.4494^2) \end{array} \right.$$

NEE Região B:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : X \sim N(7.5111, 2.5140^2) \\ H_1 : X \approx N(7.5111, 2.5140^2) \end{array} \right.$$

$$q_0 = \sum_{i=1}^n \frac{(n_i - e_i)^2}{e_i} \quad \sim \quad \chi_{(k-m-1)}^2$$

$$RC_{\chi^2} = [InvChiCD(0.05, 5), +\infty] \quad \rightarrow \quad RC_{\chi^2} = [11.0705, +\infty]$$

$$q_0 = 8.5532 < 11.0705$$

$$[\mu]$$

$$\begin{array}{lll} \bar{y}_{A_0} = 6,6111 & \bar{y}_{B_0} = 7,5111 & n = 90 \\ \delta_A = 2,3112 & \delta_B = 2,5140 & \end{array}$$

$$P(Y_A < 6) = P(Y_A \leq 5) = F_{i_B}(5) \cong 0,3677 \quad \text{e} \quad P(Y_B < 6) = P(Y_B \leq 5) = F_{i_B}(5) \cong 0,2444$$

$$\hat{P}_A - \hat{P}_B \sim N \left(p_A - p_B; \frac{p_A q_A}{n_A} + \frac{p_B q_B}{n_B} \right) \quad \Delta = z_{(1-\frac{\alpha}{2})} \sqrt{\frac{\hat{p}_A \hat{q}_A}{n_A} + \frac{\hat{p}_B \hat{q}_B}{n_B}} \quad q = (1-p)$$

$$IC_{97\%}(\hat{P}_A - \hat{P}_B) = [(\hat{p}_A - \hat{p}_B) - \Delta; (\hat{p}_A - \hat{p}_B) + \Delta]$$

$$\hat{P}_A - \hat{P}_B \sim N(0,1233; 0,02788) \quad z_{(1-\frac{\alpha}{2})} = \phi^{-1}(0,985) = 2,1701$$

Recorrendo a calculadaora casio $fx-9860GII$:

$$\Delta = InvNorm(0.985) \sqrt{\frac{0.3677(1-0.3677)}{90} + \frac{0.2444(1-0.2444)}{90}} \cong 0.3677$$

$$\therefore IC_{97\%}(\hat{P}_A - \hat{P}_B) = [(\hat{p}_A - \hat{p}_B) - 0,3624; (\hat{p}_A - \hat{p}_B) + 0,3624]$$

$$\begin{cases} H_0 : & \mu_A - \mu_B = 0 \\ H_1 : & \mu_A - \mu_B < 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \mu = 0 \\ \delta = s \end{cases} \implies \bar{X} = \bar{X}_A - \bar{X}_B \sim N \left(0, \frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B} \right) ; \quad \frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B} \cong 0.6558$$

$$P(\bar{X}_{H_0} \leq C) = 0.05 \quad \implies \quad RC_X]-\infty, -1.332] \quad \bar{x}_A - \bar{x}_B = -1.5 \in RC_X$$

$$z_0 = \frac{\bar{x}_A - \bar{x}_B}{\sqrt{\frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B}}} \cong -1.8523 \quad RC_z =]-\infty, -1.6448] \quad pvalue = P(Z < z_0) = 0.032$$

Condição NEE:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu = 0 \\ \delta = s \end{array} \right. \implies \quad \bar{Y} = \bar{Y}_A - \bar{Y}_B \quad \sim N\left(0, \frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B}\right) \quad ; \quad \frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B} \cong 0.1296$$

$$P(\bar{Y}_{H_0} \leq C) = 0.05 \quad \implies \quad RC_Y]-\infty, -0.5921] \quad \bar{y}_A - \bar{y}_B = -0.9 \in RC_Y$$

$$z_0 = \frac{\bar{y}_A - \bar{y}_B}{\sqrt{\frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B}}} \cong -2.5 \quad RC_z =]-\infty, -1.6448] \quad pvalue = P(Z < z_0) = 0.0062$$

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : X \sim N(20.0417, 6.4494^2) \\ H_1 : X \approx N(20.0417, 6.4494^2) \end{array} \right.$$

NEE Região B:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : X \sim N(7.5111, 2.5140^2) \\ H_1 : X \approx N(7.5111, 2.5140^2) \end{array} \right.$$

$$q_0 = \sum_{i=1}^n \frac{(n_i - e_i)^2}{e_i} \quad \sim \quad \chi_{(k-m-1)}^2$$

$$RC_{\chi^2} = [InvChiCD(0.05, 5), +\infty] \quad \rightarrow \quad RC_{\chi^2} = [11.0705, +\infty]$$

$$q_0 = 8.5532 < 11.0705$$

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : \bar{X}_{H_0} \sim N(0, 0.6558) \\ H_1 : \bar{X}_{H_1} \sim N(-1.5, 0.6558) \end{array} \right.$$

$$\beta = P(\text{Aceitar } H_0 | H_0 \text{ Falsa})$$

$$\beta = (\bar{X}_{H_1} > -1.332)$$

$$\beta = \text{NormCD}(-1.332, 99999999, \sqrt{0.6558}, -1.5) = 0.4178$$

Potência do teste

$$1 - \beta = P(\text{Rejeitar } H_0 | H_0 \text{ Falsa}) = 0.5822$$

NEE Região B:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : \bar{Y}_{H_0} \sim N(0, 0.1296) \\ H_1 : \bar{Y}_{H_1} \sim N(-0.9, 0.1296) \end{array} \right.$$

$$\beta = P(\text{Aceitar } H_0 | H_0 \text{ Falsa})$$

$$\beta = (\bar{Y}_{H_1} > -0.5921)$$

$$\beta = \text{NormCD}(-0.5921, 99999999, \sqrt{0.1296}, -0.9) = 0.1962$$

Potência do teste

$$1 - \beta = P(\text{Rejeitar } H_0 | H_0 \text{ Falsa}) = 0.8038$$

χ^2

Bibliografia

- [1] Bird, John: *HIGHER ENGINEERING MATHEMATICS, Fifth Edition*. Elsevier Ltd, 2006.
- [2] Bird, John: *HIGHER ENGINEERING MATHEMATICS, Sixth Edition*. Elsevier Ltd, 2010.
- [3] Bishop, Richard C. Dorf Robert H.: *Modern Control Systems, Thirteenth Edition*. Pearson Education, Inc, 2017.
- [4] Hawking, Stephen: *AOS OMBROS de GIGANTES*. Texto Editores, Lda, 2017.
- [5] James, Glyn: *MODERN ENGINEERING MATHEMATICS, Fifth Edition*. PEARSON EDUCATION LIMITED, 2015.
- [6] Resnick, JEARL WALKER David Halliday: *FUNDAMENTALS OF PHYSICS, Halliday and Resnick 10th edition*. John Wiley and Sons, Inc, 2014.
- [7] TIPLER, PAUL A. e GENE MOSCA: *PHYSICS FOR SCIENTISTS AND ENGINEERS, Extended Version fifth edition*. W. H. Freeman and Company, 1999.

¹Apontamento