

## 6

### Referências Bibliográficas

- 1 3M - Disponível em [http://solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt\\_BR/SegPessoal/Home/ProdutosServicos/8910\\_9910/](http://solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt_BR/SegPessoal/Home/ProdutosServicos/8910_9910/). Último acesso em Janeiro de 2011.
- 2 Air Mouse - Disponível em <http://www.gyration.com/index.php/us/products/in-air-micekeyboards/go-air-mouse.html#specs>. Último acesso em Fevereiro de 2011.
- 3 AGRESTI, A; Comparing Groups: Analysis of Variance (ANOVA) Methods. Disponível em <http://www.stat.ufl.edu/~aa/sta6127/ch12.pdf>. Último acesso em Março de 2011.
- 4 Anova - Disponível em <http://www.laits.utexas.edu/orkelm/excelpor/anova2manypor.htm>. Último acesso em Março de 2011.
- 5 Arduino - Disponível em <http://www.arduino.cc/>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 6 ART Fingertracking - Disponível em <http://www.ar-tracking.de/Fingertracking.54+B6Jkw9.0.html>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 7 ART References - Disponível em [http://www.ar-tracking.de/References.64+B6Jkw9MA\\_\\_.0.html](http://www.ar-tracking.de/References.64+B6Jkw9MA__.0.html). Último acesso em Janeiro de 2011.
- 8 ART Tracking - Disponível em <http://www.ar-tracking.de/System-overview.20.0.html>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 9 BACIM, F.; BOWMAN, D.; PINHO, M.; Wayfinding Techniques for MultiScale Virtual Environments. IEEE Symposium on 3D User Interfaces, Louisiana, EUA, 2009.
- 10 BlueCove - Disponível em <http://bluecove.org/>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 11 Bluetooth - Disponível em <http://www.bluetooth.com/English/Pages/default.aspx>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 12 BOWMAN, D.; WINGRAVE, C.; CAMPBELL, J.; LY, V.; Using Pinch Gloves for both Natural and Abstract Interaction Techniques in Virtual Environments. Proceedings of HCI International, EUA, 2001.
- 13 BOWMAN, D.; KRUIJFF, E.; LAVIOLA, J.; POUPYREV, I.; 3D User Interfaces Theory and Practice. Editora Addison-Wesley (ISBN 0-201-75867-9). Boston, MA, EUA, Julho de 2004.

- 14 BOWMAN, D.; WINGRAVE, C.; Design and Evaluation of Menu Systems for Immersive Virtual Environments. IEEE Virtual Reality Conference, Yokohama, Japão, 2001.
- 15 BUECHLEY, L.; EISENBERG, M.; CATCHEN, J.; CROCKETT, A.; The LilyPad Arduino: Using Computational Textiles to Investigate Engagement, Aesthetics, and Diversity in Computer Science Education. CHI 2008, Florence, Italy.
- 16 CHEN, J.; BOWMAN, D.; Domain-Specific Design of 3D Interaction Techniques: An Approach for Designing Useful Virtual Environments Applications. MIT Presence, Vol. 18, No. 5, páginas 370-386, Outubro de 2009.
- 17 CRUZ-NEIRA, C.; SANDIN, D.; DEFANTI, T.; KENYON, R.; HART, J.; The CAVE: Audio Visual Experience Automatic Virtual Environment. Communications of the ACM, Vol. 35, No. 6, páginas 64-72, Junho de 1992.
- 18 DACHSELT, R.; EBERT, J.; Collapsible cylindrical trees: a fast hierarchical navigation technique. Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization 2001 (INFOVIS'01). Washington, DC, EUA: IEEE computer society; 2001. p. 79–86.
- 19 DACHSELT, R.; HUBNER, A.; Three-dimensional menus: A survey and taxonomy. Computers & Graphics, Volume 31, Issue 1, Janeiro de 2007.
- 20 DARKEN, R.; DUROST, R.; Mixed-Dimension Interaction in Virtual Environments. Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology, Monterey, CA, EUA, 2005.
- 21 Digi - XBee / XBee-PRO RF Modules – 802.15.4 - Product Manual v1.xEx. Digi International Inc, Minnetonka, MN, EUA, Setembro de 2009.
- 22 GERBER, D.; BECHMANN, D.; Design and evaluation of the ring menu in virtual environments. IPT 2004: Eighth immersive projection technology workshop, Ames, IA, EUA, 2004.
- 23 HAND, C.; A Survey of 3D Interaction Techniques. Computer Graphics Forum, Volume 16, Issue 5, páginas 269-281, Dezembro de 1997.
- 24 HARTLEY, R.; ZISSERMAN, A.; Multiple View Geometry in Computer Vision, Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge, UK, Março de 2004.
- 25 KULIK, A.; HOCHSTRATE, J.; KUNERT, A.; FROELICH, B.; The Influence of Input Device Characteristics on Spatial Perception in Desktop-Based 3D Applications. IEEE Symposium on 3D User Interfaces, Louisiana, EUA, 2009.
- 26 MACADAM, D.; Uniform color scales. Journal of the Optical Society of America, volume 64, número 12, EUA, Dezembro, 1974.
- 27 MITCHELL, P.; A Step-by-step Guide to Usability Testing. Editora iUniverse, Miami, FL, EUA, 2007.

- 28 Nvidia Quadro - Disponível em [http://www.nvidia.com/object/quadro\\_fx\\_5600\\_4600.html](http://www.nvidia.com/object/quadro_fx_5600_4600.html). Último acesso em Fevereiro de 2011.
- 29 LEE, M.; WOO, W.; ARKB: 3D vision-based Augmented Reality Keyboard. International Conference on Artificial Reality and Telexistence, Toquio, Japão, 2003.
- 30 Projection Design - Disponível em <http://www.projectiondesign.com/Default.asp?CatID=1764>. Último acesso em Fevereiro de 2011.
- 31 RAPOSO, A., SANTOS, I., SOARES, L., WAGNER, G., CORSEUIL, E., GATTASS, M. Environ: Integrating VR and CAD in Engineering Projects. IEEE Computer Graphics & Applications, v.29, n.6, p.91-95, 2009. (ISSN 0272-1716). DOI: 10.1109/MCG.2009.118.
- 32 SCHEIBE, R.; MOEHRING, M.; FROEHLICH, B.; Tactile Feedback at the Finger Tips for Improved Direct Interaction in Immersive Environments. Virtual Reality Conference, Charlotte, NC, Março de 2007.
- 33 SCHMULLER, J.; Statistical Analysis with Excel for Dummies, 2nd Edition. Wiley Publishing, Indianapolis, Indiana, EUA, 2009.
- 34 SMITH, S.; DU'MONT, S.; Measuring the Effect of Gaming Experience on Virtual Environment Navigation Tasks. IEEE Symposium on 3D User Interfaces, Louisiana, EUA, 2009.
- 35 SparkFun - Disponível em <http://www.sparkfun.com>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 36 TOSAS, M.; LI, B.; Virtual Touch Screen for Mixed Reality. ECCV 2004 Workshop on HCI, Prague, Czech Republic, Maio de 2004.
- 37 TULLIS, T.; ALBERT, B.; Measuring the User Experience. Editora Morgan Kaufmann (ISBN-13 978-0-12-373558-4), EUA, 2008.
- 38 Tune Glove - Disponível em <http://www.flickr.com/photos/jtanenbaum/4156417140/>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 39 Wii Remote - Disponível em <http://www.nintendo.com/wii/console/controllers>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 40 Wiigee - Disponível em <http://www.wiigee.org/>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 41 WiiRemoteJ - Disponível em <http://www.qj.net/qjnet/wii/wiiremotej-v14-java-library-wiimote-and-balance-board-interaction-via-bluetooth.html>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 42 WRIGHT, A.; The Touchy Subject of Haptics. Communications of the ACM, volume 54, número 1, Janeiro de 2011.
- 43 Xbee - Disponível em <http://www.digi.com/products/wireless/point-multipoint/xbee-series1-module.jsp#docs>. Último acesso em Janeiro de 2011.

- 44 ZigBee - ERGEN, S.; ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary. Disponível em <http://www.zigbee.org/Specifications.aspx>. Último acesso em Janeiro de 2011.

## Apêndice A – Estrutura de um programa Arduino e código fonte comentado

Um programa Arduino é chamado de *sketch* e é escrito em uma linguagem de programação similar à linguagem C. A estrutura de um *sketch* pode ser dividida em três partes: uma área para declaração de variáveis e funções criadas pelo usuário, a função `setup()` e a função `loop()`. Estas duas últimas serão descritas em maiores detalhes a seguir.

**Função `setup()`:** esta função é a primeira a ser chamada quando o programa inicia. Ela pode ser utilizada para a inicialização de variáveis e portas da placa controladora ou para o carregamento de bibliotecas de terceiros. A função `setup` é executada apenas uma vez, na inicialização da placa ou quando é feito um reset na mesma.

**Função `loop()`:** função chamada continuamente durante a execução do programa, permitindo que o código escrito pelo programador interaja com o micro controlador Arduino. A primeira execução dessa função ocorre somente após o termino da execução da função `setup`.

A seguir segue a transcrição do código fonte do *sketch* criado para este trabalho com comentários explicando sua funcionalidade linha-à-linha:

```
1   int finger1Pin = 7;
2   int finger2Pin = 8;
3   int finger3Pin = 9;
4   int finger4Pin = 10;
5   int finger5Pin = 11;
6   int incomingByte = -1;
7
8   void setup()
9   {
10      Serial.begin(9600);
11      pinMode(finger1Pin, OUTPUT);
12      pinMode(finger2Pin, OUTPUT);
13      pinMode(finger3Pin, OUTPUT);
14      pinMode(finger4Pin, OUTPUT);
15      pinMode(finger5Pin, OUTPUT);
16      Serial.flush();
17  }
18
19  void loop()
20  {
```

```
21     if (Serial.available() > 0)
22     {
23         incomingByte = Serial.read();
24
25         if (incomingByte == '1')
26         {
27             digitalWrite(finger1Pin, HIGH);
28             delay(300);
29             digitalWrite(finger1Pin, LOW);
30         }
31     else if (incomingByte == '2')
32     {
33         digitalWrite(finger2Pin, HIGH);
34         delay(300);
35         digitalWrite(finger2Pin, LOW);
36     }
37     else if (incomingByte == '3')
38     {
39         digitalWrite(finger3Pin, HIGH);
40         delay(300);
41         digitalWrite(finger3Pin, LOW);
42     }
43     else if (incomingByte == '4')
44     {
45         digitalWrite(finger4Pin, HIGH);
46         delay(300);
47         digitalWrite(finger4Pin, LOW);
48     }
49     else if (incomingByte == '5')
50     {
51         digitalWrite(finger5Pin, HIGH);
52         delay(300);
53         digitalWrite(finger5Pin, LOW);
54     }
55     }
56 }
```

Linhas 1 a 5: declaração das variáveis referentes às portas do micro controlador Arduino utilizadas (as portas usadas foram as de números 5, 6, 7, 8 e 9).

Linha 6: declaração de variável utilizada para leitura de bytes da porta serial.

Linha 10: define a taxa de transmissão da porta serial em bits por segundo.

Linhas 11 a 15: define o modo de operação das portas utilizadas da placa como saída (*OUTPUT*). Isso significa que essas portas serão utilizadas pelo micro controlador para a escrita de dados e não para a leitura de informações.

Linha 16: limpa os dados presentes na porta serial.

Linha 21: executa o bloco de código a seguir caso haja informação disponível para ser lida na porta serial.

Linha 23: lê um byte da porta serial para uma variável local.

Linhas 25, 31, 37, 43 e 49: executa os respectivos blocos de código caso o byte lido seja 1, 2, 3, 4 ou 5.

Linhas 27 a 29, 33 a 35, 39 a 41, 45 a 47 e 51 a 53: escreve na respectiva porta de saída um sinal de alta voltagem (5V), aguarda por 300 milissegundos e retira o sinal da porta após esse período (escrevendo um sinal de baixa voltagem, equivalente a 0V).

## Apêndice B

Os modems XBee pode ser programados para operar com diversas configurações e topologias de rede. Neste trabalho utilizamos uma configuração de rede ponto-a-ponto com dois modems, onde um deles atua como transmissor e o outro como receptor. O modem transmissor é o que se encontra acoplado à estação de controle, enquanto o receptor é o módulo que fica na v-Glove.

Ao identificar a necessidade de emitir um sinal de vibração, a estação de controle envia essa informação através do módulo XBee transmissor que, por sua vez, retransmite o sinal para o XBee acoplado à v-Glove. Este encaminha as informações recebidas para o micro controlador LilyPad Arduino presente na luva que efetua a vibração de acordo com o comando recebido.

O XBee é configurado através de uma sequência de comandos enviados via um aplicativo de terminal que se conecta ao modem por uma porta serial. A Tabela B.1 apresenta a descrição dos comandos utilizados neste trabalho.

Comando AT	Nome e Descrição	Faixa de valores	Valor padrão
RE	<b>Restore Defaults:</b> restaura os valores padrão de fábrica.	-	-
ID	<b>PAN ID:</b> define o endereço da PAN ( <i>Personal Area Network</i> ). Utilize 0xFFFF para fazer broadcast para todas as redes.	0 - 0xFFFF	0x3332
MY	<b>16-bit Source Address:</b> define o endereço de 16 bits que identificará o modem na rede.	0 - 0xFFFF	0
DL	<b>Destination Address Low:</b> define os 32 bits mais baixos do endereço do módulo de destino.	0 - 0xFFFFFFFF	0
IR	<b>Sample Rate:</b> define a taxa de amostragem do módulo.	0 - 0xFFFF	0
IT	<b>Samples before TX:</b> define o número de amostras a serem coletadas antes de se iniciar a transmissão dos dados.	1 - 0xFF	1
IA	<b>I/O Input Address:</b> define o endereço do módulo para onde serão enviados os dados de saída.	0 - 0xFFFFFFFFFFFFFFFF	0xFFFFFFFF FFFFFFFF
WR	<b>Write:</b> escreve os valores dos parâmetros na memória não volátil, fazendo com que estes permaneçam mesmo quando o módulo não está	-	-



	alimentado por uma fonte de energia.		
CN	<b>Exit Command Mode:</b> faz com que o módulo saia do modo de comandos AT.	-	-

Tabela B.1: Comandos de configuração do modem XBee [Digi 2009]

A sequência de comandos utilizada para configurar o modem XBee presente na estação de controle (transmissor) foi a seguinte:

```
ATRE, ID4567, MY1, DL2, IR64, IT1, IA2, WR, CN
```

O primeiro comando restaura as configurações originais de fábrica e o segundo define o identificador da rede PAN como 4567. Os comandos seguintes definem respectivamente o endereço do módulo transmissor (1) e o endereço de destino das mensagens enviadas por ele (2). Os próximos comandos definem a taxa de amostragem do módulo XBee como 64 e o número de amostras coletadas antes de enviar como 1. A seguir é definido o endereço do módulo para onde são enviadas as informações de saída do XBee como 2. Finalmente o comando de gravação faz com que as informações sejam persistidas na memória não volátil e o último comando sai do módulo de entrada de comandos AT.

A sequência de comandos utilizada para configurar o modem XBee presente na luva (receptor) foi a seguinte:

```
ATRE, ID4567, MY2, DL1, IR64, IT1, IA1, WR, CN
```

As únicas diferenças na configuração do módulo receptor são os endereços do módulo, que neste caso será 2, e os endereços de destino e do módulo de saída dos dados que passam a ter valor 1 em ambos. Os outros comandos são exatamente iguais.

# Apêndice C – Material para Observação de Uso

## C.1 Termo de Consentimento

Você foi convidado(a) pelo Tecgraf – *Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica* – um laboratório de pesquisas em Computação Gráfica do Departamento de Informática da PUC-Rio, para participar de um teste de avaliação da Interação Humano-Computador de uma luva projetada para a execução de tarefas em ambientes imersivos de realidade virtual.

Neste teste buscamos verificar a usabilidade de duas versões da luva em comparação à utilização de um mouse tridimensional, durante a realização de quatro tarefas de configuração de parâmetros em um ambiente virtual imersivo.

Por esta razão, solicitamos seu consentimento para a realização deste teste e, em seguida, uma breve entrevista. Para tanto, é importante que você tenha algumas informações:

1. Os dados coletados durante o teste destinam-se **estritamente** a atividades de pesquisa e desenvolvimento.
2. A equipe desta pesquisa tem o compromisso de divulgar os resultados de suas pesquisas para fins acadêmicos. A divulgação destes resultados pauta-se no **respeito a sua privacidade** e o **anonimato** dos mesmos é preservado em quaisquer documentos que elaboramos.
3. O consentimento para o teste é uma escolha livre, feita mediante a prestação de todos os esclarecimentos necessários sobre a pesquisa.
4. A realização do teste pode ser interrompida a qualquer momento, segundo a disponibilidade do participante. Neste caso, a equipe se compromete a descartar o teste para fins da avaliação a que se destinaria.
5. Nossa equipe encontra-se disponível para contato através do telefone (21) 9358-9823, ou pelo email [gallotti@tecgraf.puc-rio.br](mailto:gallotti@tecgraf.puc-rio.br). Caso queira tirar alguma dúvida, procure por Paulo Gallotti.

De posse das informações acima, gostaríamos que você se pronunciasse acerca do teste.

- ( ) Dou meu consentimento para sua realização.  
 ( ) Não autorizo sua realização.

Rio de Janeiro, \_\_\_\_\_ de Fevereiro de 2011.

<b>Participante</b>	<b>Avaliador</b>
Nome: _____	Nome: _____
Assinatura: _____	Assinatura: _____

## **C.2 Questionário inicial – Levantamento de perfil do participante**

ID: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Sexo: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_

Destro ( ) Canhoto ( ) Usa o mouse em qual mão? \_\_\_\_\_

Ocupação (e formação): \_\_\_\_\_

1. Quantas horas em média você passa no computador por semana?

- ( ) até 5 horas  
 ( ) até 10 horas  
 ( ) até 15 horas  
 ( ) mais de 15 horas

2. Tem experiência de uso de aplicações 3D? Que tipo de aplicações? Quanto tempo de experiência?

3. Tem experiência de uso com o Environ? Quanto tempo de experiência?

4. Tem experiência com desenvolvimento de software 3D? Quanto tempo?

5. Já participou do desenvolvimento do Environ? Por quanto tempo?

### C.3 Formulário de acompanhamento dos testes

ID: \_\_\_\_\_

Hora de chegada: \_\_\_\_\_

Hora de saída: \_\_\_\_\_

Listar erros do usuário ocorridos durante a execução das tarefas (Modos: M - mouse, L - luva, LF – luva com feedback tátil).

Sequência	1	2	3
Modo			
Tarefa 1			
Tarefa 2			
Tarefa 3			
Tarefa 4			

## C.4 Questionários pós-testes

ID: \_\_\_\_\_

1. Qual a sua avaliação em relação à utilização da luva SEM o recurso de feedback tátil?

Visão geral:

Muito ruim 

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1   2   3   4   5   6   7   N/A

Tarefa 1:

Muito ruim 

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1   2   3   4   5   6   7   N/A

Tarefa 2:

Muito ruim 

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1   2   3   4   5   6   7   N/A

Tarefa 3:

Muito ruim 

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1   2   3   4   5   6   7   N/A

Tarefa 4:

Muito ruim 

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1   2   3   4   5   6   7   N/A

2. Qual a sua avaliação em relação à utilização da luva COM o recurso de feedback tátil?

Visão Geral:

Muito ruim 

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1   2   3   4   5   6   7   N/A

Tarefa 1:

Muito ruim 

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1   2   3   4   5   6   7   N/A

Tarefa 2:

Muito ruim 

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1   2   3   4   5   6   7   N/A

Tarefa 3:

Muito ruim 

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1   2   3   4   5   6   7   N/A

Tarefa 4:

Muito ruim 

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1   2   3   4   5   6   7   N/A

## 3. Qual a sua avaliação em relação à utilização do mouse 3D?

Visão Geral:

Muito ruim          Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

Tarefa 1:

Muito ruim          Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

Tarefa 2:

Muito ruim          Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

Tarefa 3:

Muito ruim          Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

Tarefa 4:

Muito ruim          Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

## 4. Em relação ao recurso de feedback tátil, como você o classificaria em comparação à versão da luva sem este recurso?

Muito pior          Muito melhor

1 2 3 4 5 6 7 N/A

## 5. Classifique os modos de interação utilizados em ordem de preferência (de 1 a 3):

- ( ) Luva sem feedback tátil
- ( ) Luva com feedback tátil
- ( ) Mouse 3D

## 6. Você sente falta de uma referência física ao manipular a interface no espaço?

## 7. Em relação a solução com a luva e o recurso de feedback tátil, você considera que a interface proposta é intuitiva?

## Apêndice D – Análise da variância (ANOVA)

Este apêndice descreve o processo de geração de uma análise da variância (ANOVA) realizada para comparar a relevância estatística dos dados observados no estudo de usabilidade da v-Glove. Para a geração das análises utilizamos como ferramenta o software Microsoft Excel. Existem diversos tipos de ANOVA, mas apenas três deles são suportados no Excel: ANOVA de fator único, ANOVA de dois fatores com replicação e ANOVA de dois fatores sem replicação. Como no nosso trabalho temos dois fatores (o dispositivo utilizado e o grupo que utilizou) e todos os usuários testaram todos os dispositivos, usaremos o ANOVA de dois fatores com várias mostras por grupo, chamado pelo Excel de ANOVA de dois fatores com replicação. Exemplificaremos nas seções a seguir o processo de geração do ANOVA para a análise do desempenho dos participantes na realização das tarefas e para a análise das notas dadas pelos participantes para cada um dos dispositivos.

### D.1 ANOVA no desempenho das tarefas

Para comparar o desempenho de três dispositivos distintos em três grupos de usuários utiliza-se o ANOVA de dois fatores com várias mostras por grupo. Como mencionado anteriormente, os dois fatores nesse caso são **dispositivo** e **grupo de usuários**. A Tabela D.1 mostra os dados que foram utilizados para geração da análise. A quantidade de dispositivos é representada pelas colunas da tabela e os grupos são representados pelas linhas. É importante ressaltar que o número de grupos e de dispositivos pode variar dependendo do estudo a ser feito.

Desempenho			
	L	LF	M
Grupo E	162	125	73
	154	94	56
	261	132	97
	201	203	120
	160	247	54
	190	125	51
Grupo N	162	271	81
	233	109	63
	604	351	156
	165	178	75
	254	204	86
	237	111	73
Grupo O	538	196	103
	341	195	141
	204	212	62
	215	198	74
	442	113	83
	185	227	66

Tabela D.2: Dados de desempenho dos participantes nas tarefas

O ANOVA de dois fatores com várias mostras por grupo pode ser gerado no Microsoft Excel clicando-se no menu **Ferramentas (Tools) > Análise de Dados (Data Analysis)** e selecionando a opção **Anova: Dois Fatores com Replicação (Anova: Two-Factor With Replication)** [Schmuller 2009]. Como dados de entrada foram selecionadas as linhas e colunas da Tabela D.1, definindo-se o valor 6 como número de amostras por grupo. O resultado da análise gerada pelo Microsoft Excel pode ser visto na Tabela D.2.



**Anova: Two-Factor With Replication**

SUMMARY	Luva sem feedback	Luva com feedback	Mouse	Total		
<i>Grupo E</i>						
Count	6	6	6	18		
Sum	1128	926	451	2505		
Average	188	154.33	75.17	139.17		
Variance	1623.60	3363.07	778.17	4064.03		
<i>Grupo N</i>						
Count	6	6	6	18		
Sum	1655	1224	534	3413		
Average	275.83	204	89	189.61		
Variance	27350.97	8889.6	1138	17263.31		
<i>Grupo O</i>						
Count	6	6	6	18		
Sum	1925	1141	529	3595		
Average	320.83	190.17	88.17	199.72		
Variance	21110.17	1581.37	882.97	16535.04		
<i>Total</i>						
Count	18	18	18			
Sum	4708	3291	1514			
Average	261.56	182.83	84.11			
Variance	17952.50	4532.62	865.75			
<b>ANOVA</b>						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
<b>Sample</b>	37883.11	2	18941.6	<b>2.56</b>	0.09	<b>3.20</b>
<b>Columns</b>	284578.78	2	142289.39	<b>19.19</b>	0.00000	<b>3.20</b>
Interaction	25492.11	4	6373.0	0.86	0.50	2.58
Within	333589.50	45	7413.1			
Total	681543.50	53				

Tabela D.3: ANOVA gerado no Excel para o desempenho dos participantes

O resultado de uma ANOVA é expressado através do valor estatístico F. Nesse caso, o valor de F da mostra (*Sample*) dos Grupos E, N e O é 2,56. Para saber se este resultado é significativo (ou seja, se a probabilidade P tem um valor inferior a 0.05), o valor de F precisa chegar pelo menos a 3,20 (que é o valor crítico de F). Como o valor de F é 2,56 e ele não é maior que o valor crítico de F, não podemos dizer que exista uma diferença significativa na comparação entre o desempenho dos grupos [Anova 2011].

No caso do valor de F para as colunas (*Columns*), o resultado foi significativo, pois o valor de 19,19 é superior ao valor crítico de F que é 3,20. Em outras palavras, pode-se afirmar que existe relevância estatística na diferença entre o desempenho dos participantes nos três dispositivos testados.

Ao mesmo tempo, porém, é preciso interpretar o valor de F que está relacionado ao efeito de uma interação. Dependendo da situação, o efeito de uma interação pode negar o efeito principal. Neste exemplo não existe efeito de interação já que o valor de F é 0,86, menor que o valor crítico de 2,58. Na prática isto quer dizer que não existe uma diferença significativa entre os grupos no desempenho das tarefas para cada um dos dispositivos [Agresti 2007].

## D.2 ANOVA no questionário pós-testes

Para comparar as notas dadas pelos participantes dos grupos para cada um dos dispositivos utiliza-se novamente o ANOVA de dois fatores com várias mostras por grupo. Os dois fatores são os mesmos da seção anterior: dispositivo e grupo de usuários. A Tabela D.3 mostra os dados que foram utilizados para geração da análise.

Visão geral			
	L	LF	M
Grupo E	2	5	6
	4	5	6
	2	3	5
	3	5	7
	5	5	6
Grupo O	4	6	7
	2	4	6
	3	5	7
	2	3	6
	3	6	6
Grupo N	3	6	6
	3	4	7
	2	3	5
	4	5	6
	5	6	5
	5	5	6
	3	6	6
	3	5	7

Tabela D.4: Notas dadas pelos participantes para os dispositivos

O processo de geração da análise no Excel é exatamente igual ao feito na seção anterior. A diferença é que utilizaremos agora como dados de entrada a

Tabela D.3, que mostra as notas dos participantes para cada um dos dispositivos. O resultado da análise gerada pelo Microsoft Excel pode ser visto na Tabela D.4.

#### Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	Luva sem feedback	Luva com feedback	Mouse	Total		
<i>Grupo E</i>						
Count	6	6	6	18		
Sum	20	29	37	86		
Average	3.33	4.83	6.17	4.78		
Variance	1.47	0.97	0.57	2.30		
<i>Grupo O</i>						
Count	6	6	6	18		
Sum	16	28	38	82		
Average	2.67	4.67	6.33	4.56		
Variance	0.27	1.47	0.27	2.97		
<i>Grupo N</i>						
Count	6	6	6	18		
Sum	22	30	35	87		
Average	3.67	5	5.83	4.83		
Variance	1.47	1.2	0.57	1.794		
<i>Total</i>						
Count	18	18	18			
Sum	58	87	110			
Average	3.22	4.833	6.11			
Variance	1.12	1.09	0.46			
<b>ANOVA</b>						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	0.78	2	0.39	<b>0.43</b>	0.66	<b>3.20</b>
Columns	75.44	2	37.72	<b>41.23</b>	0.000000000067	<b>3.20</b>
Interaction	3.44	4	0.86	0.94	0.45	2.58
Within	41.17	45	0.91			
Total	120.833	53				

Tabela D.5: ANOVA gerado no Excel para as notas dos participantes

O valor de F da mostra neste caso é 0,43. Como o valor é menor que o valor crítico de F, que é 3,20, podemos mais uma vez afirmar que não existe uma diferença significativa na comparação entre o desempenho dos grupos.

No caso do valor de F para as colunas, o resultado foi significativo, pois o valor de F = 41,23 é superior ao valor crítico de 3,20. Em outras palavras, pode-se mais uma vez afirmar que existe relevância estatística na diferença entre o desempenho dos participantes nos três dispositivos testados.

Em relação ao efeito de interação temos um valor de F de 0,94, inferior ao valor crítico de 2,58, confirmando o que não existe uma diferença significativa entre os grupos nas notas dadas para cada um dos dispositivos.