

9 Avaliação

Este capítulo apresenta o significado dos resultados apresentados no capítulo anterior com relação às hipóteses de *design* e os impactos provocados nesta tese. Tendo em vista o número reduzido de participantes nos testes apresentados no Capítulo 7 (quinze usuários no total) e a relativa simplicidade dos experimentos, em algumas situações foi possível identificar somente indícios de problemas na interface. Entretanto, nessas situações foram sugeridos testes mais específicos para identificar com maior precisão a causa do problema.

9.1 Geral

A Figura 8.1 demonstra que o índice de acerto nos testes geométricos, espaciais e com texturas foi de 72%, 69% e 71%, respectivamente, com média geral de 71% (Tabela 8.1). A Figura 8.2a mostra que houve um certo equilíbrio com relação ao teste mais fácil. Entretanto, a Figura 8.2b mostra claramente que os usuários tiveram maior dificuldade com os testes com texturas, tendo em vista requerer bastante atenção deles para não trocar uma textura por outra. Mas, de uma forma geral, acredita-se que a média de 71% de acerto em todos os testes indica que os usuários compreenderem adequadamente os mecanismos de atração para a borda e simulação de texturas virtuais implementados no protótipo.

9.2 Testes Geométricos

A Hipótese H1 diz que a força aplicada pelo dispositivo reativo será capaz de manter o usuário próximo da borda do objeto. Esta hipótese parece ser óbvia demais, pois, por construção, a força reativa tem exatamente esta finalidade. Entretanto, vale a pena verificar a eficiência deste mecanismo de atração. A Figura 9.1 mostra o resultado da aplicação de testes geométricos a um grupo de 3 usuários videntes, porém de olhos vendados, utilizando 75% e 50% da força reativa do dispositivo. Os usuários foram os mesmos nos dois testes, porém a

ordem dos objetos foi alterada (G1 a G4 no teste com 75% de força e G4 a G1 no teste com 50% de força).

No gráfico da Figura 9.1 a distância de 19,0 *pixels* referente à 100% de força reativa foi obtido através da média aritmética simples de todos os testes geométricos (G1 a G4) dos 15 usuários deficientes visuais, conforme apresentado na Figura 8.5. Os dados referentes à 75% e 50% de força reativa foram obtidos através dos testes mencionados acima. Apesar dos testes e os usuários não serem exatamente os mesmos, este resultado mostra claramente a influência decisiva da força reativa na capacidade de fazer com que os usuários permaneçam próximos da borda dos objetos. Sendo assim, a Hipótese H1 é verdadeira.

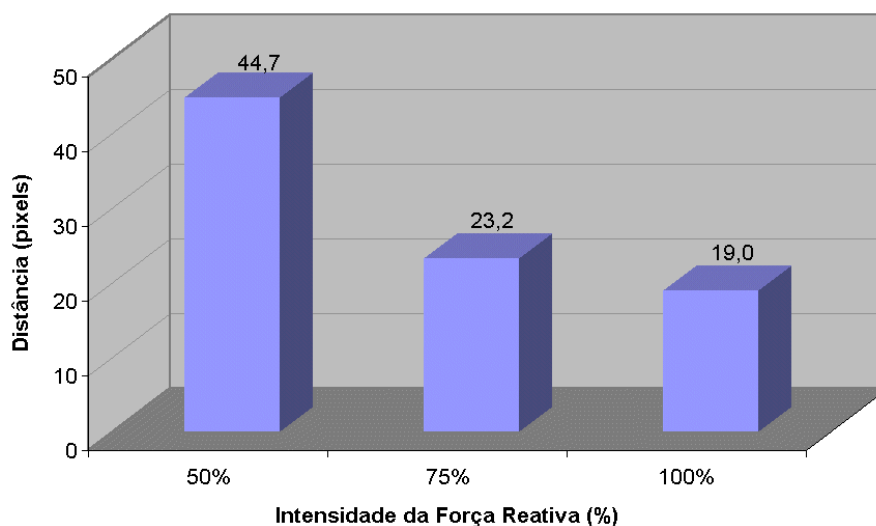


Figura 9.1: Eficiência da Força Reativa de Atração para a Borda

A Hipótese H2 diz que o usuário será capaz de identificar a forma do objeto percorrendo seu contorno. Primeiro, é necessário verificar se os usuários tiveram êxito em percorrer o contorno dos objetos. Pela Tabela 8.2 é possível dizer que quase todos os usuários conseguiram percorrer o contorno dos objetos. As exceções são:

- Usuária 4 em G3. Manipulou quase somente a região próxima do vértice superior esquerdo do quadrado. Não soube responder qual era o objeto, provavelmente por não ter seguido todo o seu contorno equilibradamente;
- Usuária 4 em G4. Executou movimentos periódicos e circulares entrando e saindo pelo vértice superior do triângulo. Provavelmente ela achou que

estava seguindo o contorno de um círculo (essa foi sua resposta) mas, na realidade, estava no espaço vazio;

- Usuária 15 em G1. Não percorreu a região próxima do vértice superior esquerdo do quadrado. Provavelmente ela achou que objeto era um triângulo por ter percebido somente os outros três vértices;
- Usuária 15 em G2. Não percorreu a parte superior esquerda do círculo. Após analisar com cuidado a gravação deste teste, não foi identificada a provável causa da confusão.

Em todas as quatro situações descritas acima, onde as usuárias não conseguiram percorrer corretamente o contorno dos objetos, todas as respostas dadas foram erradas. Isto é um indício de que, caso o contorno não seja identificado, o objeto não pode ser identificado. Este problema ocorreu somente em 4 de 60 testes geométricos, ou seja, em apenas 6,7% dos casos. Nas demais 56 situações onde os usuários percorreram todo o contorno, 43 respostas foram corretas, ou seja 77% dos casos. Estes dois resultados parecem fornecer fortes indícios de que a Hipótese H2 é válida.

No entanto, é preciso verificar se a dificuldade em percorrer o contorno dos objetos ocorreu: 1) porque o usuário não entendeu que isto era necessário; ou, 2) entendeu mas não conseguiu. No primeiro caso, seria uma dificuldade particular do usuário, mas no segundo, seria um grave problema da interface, pois não permitiu que usuário realizasse a tarefa. Há indícios de ser válida a primeira hipótese. Primeiro, a necessidade de percorrer o contorno para identificar a forma exata de um objeto foi demonstrada por Lederman & Klatzky (1987), conforme apresentado no Capítulo 2. Portanto, se o usuário não percebeu que este procedimento era necessário, não pode ter sido um problema da interface. Segundo, o não percorrimento do contorno durante os testes geométricos foi um fato isolado (ocorreu em apenas 6,7% dos casos). Por fim, pela entrevista foi possível identificar a provável percepção dos usuários: ao ser perguntado de que forma eles identificaram quinas e lados dos objetos, 73% dos usuários responderam exata ou aproximadamente desta forma (os demais não souberam responder):

- *Quinas*: pelo som, pela resistência, força, dureza do *joystick*;
- *Lados*: pelo deslize, força, tremura do *joystick*.

Os usuários 4 e 5, que não conseguiram percorrer o contorno de alguns objetos, admitiram parcialmente que não perceberam quinas e lados. Entretanto, os demais mostraram plena consciência de que estavam passando pelas quinas e lados dos objetos. Por todos esses indícios, admite-se que a interface forneceu *feedback* suficiente para indicar ao usuário que o objeto foi percorrido por inteiro, pois a grande maioria identificou as características geométricas mais importantes, ou seja, vértices, arestas e forma.

Sendo o dispositivo reativo eficiente para manter o usuário próximo do objeto (Hipótese H1) e o usuário consegue percorrer a borda e identificar o objeto (Hipótese H2), conclui-se que a técnica de interação não-visual utilizada para a percepção de formas geométricas virtuais proposta neste trabalho foi eficiente nos casos estudados aqui, ou seja, manipulação de objetos geométricos simples (quadrado, círculo e triângulo).

A Figura 8.3 mostra que, apesar dos testes G1 e G3 serem idênticos (identificação de um quadrado), os resultados foram muito diferentes: o índice de acerto em G1 foi de 73% enquanto em G3 foi de apenas 60%. Esperava-se que os usuários tivessem menos dificuldade em reconhecer um objeto já experimentado anteriormente, o que não ocorreu. Uma explicação possível para esse fato seria a surpresa causada pela repetição do objeto, embora o usuário tenha sido avisado que isto poderia ocorrer durante os testes geométricos. Dos 6 usuários que erraram o teste G3, a metade não soube responder qual era o objeto (possivelmente por não esperar que o quadrado fosse repetir), dois usuários disseram que era o triângulo (era o único objeto que não havia aparecido ainda) e apenas um usuário disse que era o círculo. Estes indícios sustentam a hipótese do “efeito surpresa” causada pela repetição do quadrado. Para confirmar ou não esta hipótese os testes geométricos deveriam apresentar os objetos em diferentes ordens e repetir diferentes objetos. Deste modo seria possível observar a influência da expectativa do usuário no reconhecimento dos objetos.

Outra surpresa foi o alto índice de acerto em G4 (identificação de um triângulo). Esperava-se que o triângulo pudesse ser confundido com o quadrado, pois ambos são formados por segmentos retos, diferenciado-se apenas no número

de lados e no ângulo formado pelos segmentos (isto foi comprovado na entrevista e será apresentado a seguir). Entretanto, como o quadrado já havia aparecido duas vezes anteriormente, acredita-se que isto possa ter sido um motivo para explicar o alto índice de acerto em G4 (87%). A mudança na ordem de apresentação dos objetos resolveria este problema. Finalmente, esperava-se que o círculo, por não possuir vértices, seria facilmente reconhecido pelos usuários. Entretanto, isto não se comprovou na prática, pois o índice de acerto em G2 foi de apenas 67%.

Paradoxalmente, os resultados acima contradizem o que foi pensado pelos próprios usuários, conforme observado na entrevista: 67% consideraram o círculo o objeto mais fácil de ser reconhecido, enquanto 75% consideraram o triângulo o mais difícil (ver Figura 8.4). O motivo alegado pela maioria ao dizer que o círculo é o mais fácil é porque ele não tem lados. Já o triângulo ser o mais difícil, o motivo principal alegado é devido à inclinação de seus lados, confundindo-se com o quadrado. Ou seja, nem sempre a percepção do usuário em relação às dificuldades enfrentadas nos testes refletem no seu desempenho real.

9.3 Testes Espaciais

Fazendo uma análise bastante superficial, conforme o mostrado pela Figura 8.7 o índice médio de acerto nos testes de percepção de posição relativa (S1 a S4) foi de 69% e no teste de percepção de tamanho (S5), o índice foi de 73%. A média nos testes espaciais foi de 69% (Figura 8.1). Entretanto, nos testes S1 a S4 notou-se maior facilidade do usuário perceber as posições à direita (S1) e à esquerda (S3), ambos com 87% de acerto. A posição à frente (S2) e à direita e atrás (S4) tiveram apenas 53% e 47% de acerto, respectivamente. O motivo para esta diferença pode ser fundamentalmente ergonômico: a posição do braço do usuário na horizontal favorece o movimento para a esquerda ou direita (o cotovelo e o antebraço nem precisam se deslocar). O teste identificação do objeto de maior tamanho (S5) teve aproveitamento de 73%, portanto não representou muitos problemas para os usuários.

Pode-se então dizer que a Hipótese H3 (“o dispositivo reativo será capaz de transmitir ao usuário a noção de tamanho e posição relativa”) foi parcialmente atendida, pois nos testes S2 e S4 os resultados poderiam ser melhores. Entretanto, estes resultados sugerem indícios de que a interface poderia oferecer ao usuário

melhores níveis de *feedback*. É possível que a simples utilização do dispositivo de entrada em um sistema absoluto de coordenadas não tenha sido eficiente. Esta deficiência é sinalizada pelos testes S2 e S4: o movimento da mão do usuário ao manipular o *joystick* parece que não foi suficiente para estimular o componente cinético do tato e, assim, transmitir ao usuário a noção de disposição relativa dos objetos.

Muito embora já fosse esperado que a resolução espacial limitada do dispositivo reativo utilizado iria comprometer o desempenho dos usuários, não se pode, de antemão, responsabilizar o dispositivo por esta deficiência. Possivelmente, este problema também poderia se repetir mesmo utilizando um dispositivo de maior resolução. Seria interessante investigar o uso de outras modalidades de *feedbacks*, não apenas tátil, para ampliar a percepção espacial do usuário. A redundância obtida através de *feedbacks* sonoros (sons espaciais e variações de frequência e intensidade do som de acordo com a posição do *cursor*, voz sintética, mensagens sonoras etc.) certamente poderá tornar a interface mais acessível (Kamel & Landay, 2000; Mynatt, 1997; Ramloll et al., 2000).

Com relação à Hipótese H4 (“o usuário será capaz de movimentar com facilidade o cursor entre o círculo e o quadrado”), pode-se dizer que a grande maioria obteve êxito nesta tarefa. A análise atenta dos resultados apresentados nas Figura 8.8 a Figura 8.12 mostra que em 65 dos 75 testes espaciais aplicados (15 usuários x 5 testes S1 a S5), ou seja, em 87% dos testes, os usuários conseguiram mover o *cursor* com a intenção de encontrar os objetos aparentando consciência. Os usuários perceberam que era necessário buscar o quadrado pelos cantos e utilizaram o círculo como referência para esta busca. Nas gravações, após darem algumas voltas pelo círculo, muitos diziam em voz alta: “Aqui está o círculo!”. Logo a seguir, escolhiam um canto qualquer para começar a procurar o quadrado.

Embora a maioria teve êxito nesta tarefa, alguns casos potencialmente problemáticos foram identificados: alguns usuários não conseguiram mover o *cursor* até o quadrado. Este problema foi detectado durante a aplicação dos testes e podem ser observados nas Figura 8.8 a Figura 8.12. A Figura 9.2 mostra com detalhes todas essas situações. Nela é possível perceber o rastro deixado pelo *cursor* e ter a confirmação que ele não tocou no quadrado. O usuário 11 repetiu este comportamento quatro vezes, enquanto a usuária 15 repetiu em três situações diferentes. Essencialmente, eles respondiam a respeito da posição ou tamanho do

quadrado sem ao menos tocá-lo. No total, foram 10 ocorrências em 75 testes (S1 a S5), ou seja, em 13% dos casos. Entretanto, tendo em vista o baixo número de ocorrências deste problema, pode-se dizer que a Hipótese H3 é correta.

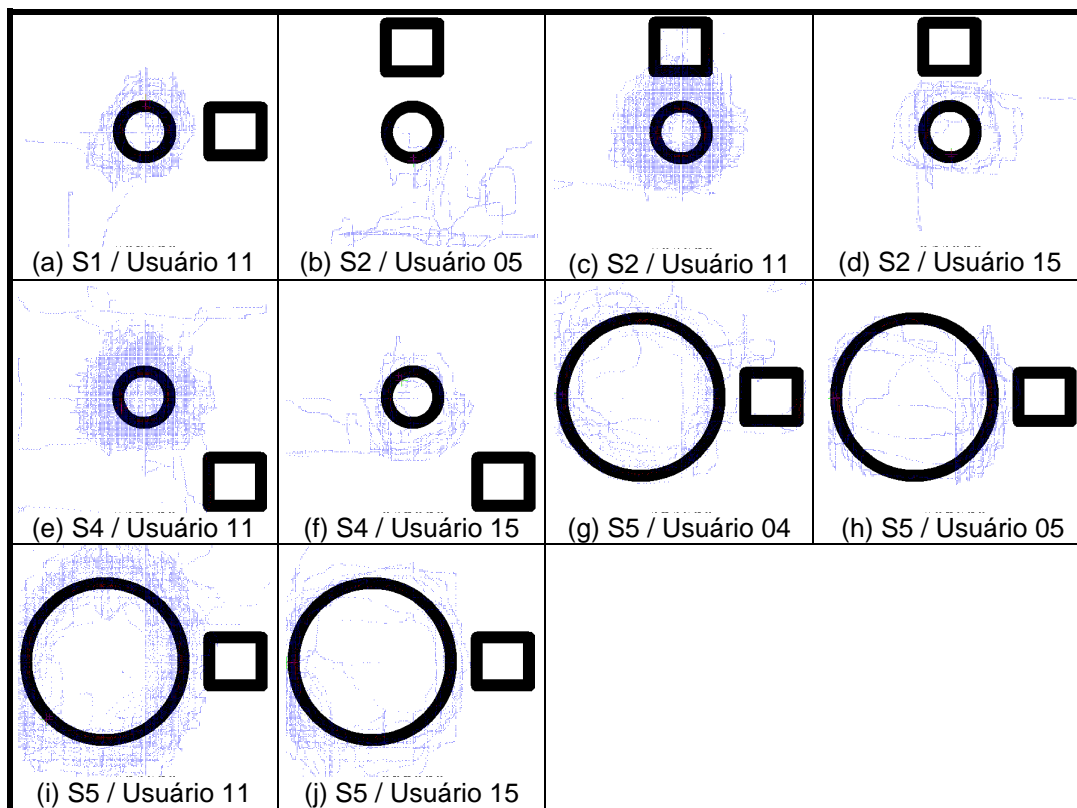


Figura 9.2: Problemas nos Testes Espaciais

9.4 Testes com Texturas

O índice geral de acerto nos testes com texturas, de acordo com a Figura 8.1, foi de 71%. Entretanto, houve divergências na percepção de cada textura individualmente, conforme mostra a Figura 8.13: T1 teve índice de acerto de apenas 47%, enquanto com T3 este índice foi de 93%. Esta grande diferença já era esperada (Hipótese H6) e sugere que T1 tenha sido confundida com as demais, provavelmente com T3.

Os próprios usuários perceberam semelhança entre as texturas, especialmente entre T1 e T3 (67% dos casos), conforme mostra a Figura 8.15. Para confirmar esta suposição, a Figura 8.14 mostra que em 13,3% dos casos T1 foi confundida com T3 e em apenas 2,2% dos casos T3 foi confundida com T1. Isto explica o baixo índice de reconhecimento de T1 (apenas 47%, conforme Figura 8.13).

Este resultado é reforçado pela forma com que os usuários utilizaram o tempo durante o teste T1. Pelas informações contidas na Figura 8.17 nota-se que, em T1, 80% dos usuários (todos, exceto 1, 4, 7) passaram mais tempo sentindo T1 ou T3. A metade deles (usuários 2, 3, 5, 6, 10 e 13) passaram mais tempo sentindo T3 e T1, nesta ordem. Apenas os usuários 6 e 10 responderam corretamente que era T1. Todos os demais, responderam incorretamente que era T3. O esperado era que os usuários passassem mais tempo sentindo T1, o que não aconteceu. Isto mostra indícios de que realmente houve percepção incorreta dessas texturas.

Esta confusão não ocorreu no teste T3, conforme mostra a Figura 8.19: 94% dos usuários (todos, exceto 15) passaram mais tempo sentido T3 e todos eles responderam corretamente que era T3. O tempo necessário para responder a pergunta foi, em média, bem menor que nos demais testes com texturas. Novamente, isto mostra indícios de que T3 não foi confundida com T1, mas sim o contrário.

Provavelmente isto pode ter ocorrido devido a ordem de apresentação das texturas: sendo a última, os usuários teriam mais tempo para perceber T3. Um outro teste, com a ordem das texturas alterada, poderia comprovar ou não esta hipótese. Por estes motivos, acredita-se que a Hipótese H6 (*“O usuário não será capaz de diferenciar a textura bump da textura vibration”*) foi confirmada.

A Figura 8.16 mostra também que, pela entrevista, os usuários acharam T2 mais fácil de ser percebida. Entretanto, não houve consenso quanto a mais difícil: tanto T1 quanto T2 obtiveram 38% das respostas. Considerando que a T2 foi a mais fácil, conclui-se que, provavelmente, os usuários sentiram maior dificuldade em reconhecer T1.

Com relação a T2, pela Figura 8.18 observa-se que 67% dos usuários (10 usuários) passaram mais tempo sentido T2 e 90% deles (todos, exceto 15) responderam corretamente que era T2. Além disso, conforme mostra a Figura 8.14, foi nulo o índice de troca de T2 por T1 e baixo os índices de troca de T2 por T3 (6,7%) e T2 por T4 (2,2%). Por fim, o índice de troca de qualquer textura por T2 também foi nulo. Portanto, parece não haver indícios de que T2 tenha sido difícil de ser reconhecida pelos usuários. Neste caso, acredita-se que a Hipótese H5 (*“O usuário será capaz de identificar a textura friction”*) também foi confirmada.

Apesar de todas as confusões com as texturas, a grande maioria dos usuários teve um entendimento muito claro delas. Ao serem perguntados qual a sensação de cada textura, as respostas mais interessantes foram:

- *T1*: grama artificial, carpete, terreno áspero, cheio de obstáculos, saliências, asfalto, calçada de Copacabana, paralelepípedos, esteira;
- *T2*: manguezal, pastoso, mole, areia, grama alta, massa, vidro engordurado;
- *T3*: lixa, vibrante, trêmula.

Além disso, ao serem perguntados sobre a diferença entre as texturas *T1* e *T3*, as respostas mais comuns foram: “*T1 prende mais*”, “*T1 é mais áspera*”, “*T3 vibra*”, “*T3 é mais rápida*”. Somente o Usuário 12 percebeu a diferença fundamental e respondeu que “*T1 só treme quando anda, T3 treme mesmo parado*”. Esperava-se, entretanto, que outros usuários também respondessem algo semelhante, porém isto não aconteceu.

A provável causa disso é a necessidade do usuário estar constantemente movendo o *cursor* para que ele possa perceber texturas. Conforme mostrado no Capítulo 2, o procedimento exploratório ótimo neste caso são movimentos laterais com os dedos em uma região do interior do objeto. Este tipo de procedimento foi observado em 100% dos usuários: todos realizaram movimentos laterais no interior da textura. Desta forma, realmente seria muito difícil perceber diferenças entre *T1* e *T3*.

Portanto, conclui-se que não se mostrou adequado construir texturas virtuais baseadas em características que independam do movimento do usuário. *T1* e *T2* foram eficientes no sentido de transmitir ao usuário sensações que são uma função de seu movimento: a sensação provocada por *T1* depende da posição do *cursor* e, no caso de *T2*, depende da velocidade. Entretanto, *T3*, por ter características unicamente temporais (vibra da mesma forma não importando o movimento do *cursor*) não atingiu o objetivo de ser considerada uma textura: neste caso particular poderia, por exemplo, ser substituída por um *feedback* sonoro.

Os fatos acima mostram que, apesar do desempenho dos usuários nos testes, há indícios que *T3* não deve ser utilizada. Apesar do índice de acerto de *T1* ter sido baixo, não há dados suficientes para afirmar que os usuários acharam difícil reconhecê-las. Conforme mostrado, há fortes motivos para suspeitar que *T1* apenas foi confundida com *T3*. Seria necessário a realização de um novo teste com texturas, sem *T3*, para comprovar ou não esta hipótese.

9.5 Perfil dos Usuários

Embora não se tenha formulado hipóteses com relação a características pessoais dos usuários, é oportuno aqui discutir como o perfil psicológico e emocional dos usuários selecionados teve influência no resultado dos testes. Cabe, entretanto, salientar que a discussão feita a seguir tem como objetivo principal fornecer subsídios para uma avaliação mais criteriosa dos resultados obtidos nos testes com os usuários.

A Tabela 9.1 mostra o perfil psicológico e emocional típico dos usuários selecionados para a realização dos testes. Ela foi construída com base em informações prestadas por profissionais especializados em deficiência visual (alguns até são deficientes) do Instituto Benjamin Constant (professores, coordenadores de ensino e um médico oftalmologista), uma psicanalista que revisou o texto, relatos espontâneos de deficientes visuais ligados à instituição e a opinião de leigo do autor desta tese, que participou ativamente e regularmente, como voluntário, de atividades sócio-culturais na instituição por um período de seis meses.

| Classificação do Usuário | | Perfil psicológico e emocional observado |
|--------------------------|---------------|---|
| Categoria | Atletas | Praticam atividades que exigem treinamento e utilização de todos os sentidos, inclusive visão residual, quando há. Já superaram as principais dificuldades relacionadas com a perda de visão, especialmente a mobilidade. Pelo menos aparentemente, parecem mais conformados e adaptados a suas realidades; |
| | Reabilitandos | Ainda estão em processo de superação da perda de visão. Geralmente perderam a visão há poucos anos (ver Tabela 7.1). De uma forma geral, ainda não estão conformados com suas situações e podem apresentar dificuldades para realizar tarefas simples; |
| | Alunos | São os mais jovens (15 a 18 anos) do grupo. Mesclam características das demais categorias. |

| | | |
|-------------------|-------------------------|---|
| Tempo de Cegueira | Poucos anos | Tipicamente ainda estão em processo de adaptação à perda de visão e superação de todos os traumas a ela associados; |
| | Muitos anos | Tipicamente já tiveram tempo suficiente para se adaptarem à perda de visão e superarem todos os traumas a ela associados. |
| Percepção Visual | Cego Total (B1) | Tipicamente possuem sensibilidade (principalmente tátil) mais apurada. Tendo em vista a ausência da visão, os demais sentidos são mais intensamente treinados e estimulados. |
| | Visão Subnormal (B2/B3) | Tipicamente possuem percepção tátil menos apurada. Tendo em vista o resíduo visual que possuem, os demais sentidos são treinados e estimulados apenas para complementar a perda visual. |

Tabela 9.1: Perfil dos Usuários

A hipótese levantada nessa discussão é que o desempenho do usuário nos testes está intimamente relacionado com seu perfil psicológico e emocional. Mais especificamente, espera-se que os cegos “bem ajustados” e que perderam completamente a visão há muitos anos terão desempenho superior, quando comparados com os demais usuários. Entende-se por cego “bem ajustado”, segundo a própria definição de profissionais do Instituto Benjamin Constant, aqueles indivíduos que superaram as dificuldades relacionadas com a perda de visão e são capazes de realizar a maioria das tarefas que não dependam exclusivamente da visão. Vale notar, entretanto, que a discussão a seguir, por não estar fundamentada em resultados científicos comprovados, apenas especula a respeito da hipótese em questão.

A Figura 8.20 parece comprovar a hipótese acima. Todos os atletas são considerados, pelos profissionais da instituição, cegos “bem ajustados”. Eles obtiveram elevado índice de acerto (92%), enquanto entre os reabilitandos esse índice foi bem menor (52%). Os alunos encontram-se numa faixa intermediária, obtendo índice de acerto compatível com as demais categorias (65%).

Outro indício que parece comprovar a hipótese é o resultado do teste segundo o tempo de cegueira do usuário (Figura 8.21): os que ficaram cegos há poucos anos obtiveram índice de acerto inferior (53%) quando comparado com os demais usuários cegos há mais tempo (80% e 74%), portanto mais bem adaptados. Entretanto, esperava-se que o índice de acerto dos usuários com mais de 15 anos de cegueira (74%) fosse maior do que o índice dos usuários com mais de 5 e menos de 15 anos de cegueira (80%). Para este teste, não foi relevante precisar a partir de quanto tempo de cegueira há mudanças no comportamento ou habilidade do usuário. Acredita-se, entretanto, que a capacidade de adaptação é uma característica que depende fortemente da história de vida de cada um. Portanto, para explicar essa pequena discrepância no resultado seria necessário analisar com mais cautela o perfil individual dos usuários, entretanto isto está fora do escopo desta tese.

Por fim, o resultado dos testes em função da percepção visual do usuário, apresentado na Figura 8.22, parece fornecer mais um indício para justificar a hipótese: cegos totais obtiveram índice de acerto (74%) bem superior aos usuários portadores de visão subnormal (63%).

Em resumo, foram encontrados três indícios importantes (relacionados com a categoria, tempo de cegueira e percepção visual do usuário) que sinalizam uma possível relação entre o perfil do usuário e seu desempenho nos testes, estando esses indícios coerentes e parecendo comprovar a hipótese considerada. Este resultado sinaliza que, a falta de habilidade ou destreza manual de alguns usuários podem ser compensadas com a intensificação de treinamento. Esta discrepância foi aceitável, tendo em vista este ter sido efetivamente o primeiro contato do usuário com o protótipo de interface assistida. O treinamento limitou-se a alguns poucos minutos antes dos testes serem iniciados.