

Adaptação de Simbologia em Realidade Aumentada

Maria Beatriz Carmo, Ana Paula Cláudio, António Ferreira, Ana Paula Afonso,
Edgar Montez, Raúl Simplicio

Departamento de Informática, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa

Campo Grande 1749-016 Lisboa

{bc,apc,asfe,apa}@di.fc.ul.pt, fc35956@alunos.fc.ul.pt, rjsimplicio@fc.ul.pt

Resumo

Em aplicações de Realidade Aumentada, quando a cor dos elementos gráficos, que são desenhados sobre uma imagem real, é semelhante à cor do fundo circundante, torna-se difícil identificar esses elementos. O ajuste dinâmico do aspecto dos símbolos (objectos virtuais), em função da cor do fundo, deverá permitir melhorar a legibilidade da informação a transmitir ao utilizador. O objectivo deste trabalho é identificar um conjunto de adaptações a aplicar aos símbolos que permitam realçá-los mas sem alterar a sua semântica. Neste artigo apresentamos o resultado de dois estudos que efectuámos. No primeiro, averiguámos as preferências dos utilizadores relativamente às seguintes adaptações dos símbolos: adição de um rebordo, ajuste da luminosidade da cor, aumento do tamanho, e alteração da cor dos caracteres no interior do símbolo. Os utilizadores preferiram maioritariamente a adição de rebordo e em segundo lugar o ajuste da luminosidade da cor. Tendo em atenção estes resultados, realizámos um segundo estudo para averiguar qual a variação mínima da luminosidade para que um símbolo se destaque da cor do fundo, cujo resultado indica cerca de 0.25 unidades do modelo HSV.

Palavras Chave

Realidade Aumentada, Adaptação de Simbologia, Estudos com Utilizadores.

1. INTRODUÇÃO

As aplicações de Realidade Aumentada (RA) combinam símbolos gráficos com imagens do mundo real, para fornecer informação adicional ao utilizador. Como não há controlo sobre o conteúdo dessas imagens, os símbolos virtuais podem ficar imperceptíveis para o utilizador porque, por exemplo, a sua cor é semelhante à cor do fundo circundante da imagem. Este problema tem ainda maior relevo quando a aplicação é usada no exterior, onde, além de haver maior variabilidade de cenários, a iluminação é normalmente mais intensa e pode mudar rapidamente [Kalkofen09a].

Um exemplo deste problema é a visualização de pontos de interesse em dispositivos móveis, recorrendo a aplicações como o Layar [Layar] ou o Wikitude [Wikitude], em que, sobre a imagem de fundo captada pela câmara, são colocados símbolos gráficos alinhados com a localização dos objectos reais associados. Em situações em que os símbolos se confundem com o fundo, seria útil alterar a sua representação dinamicamente de modo a destacá-los. Contudo, uma alteração súbita que mude a cor dos símbolos poderá confundir e desorientar o utilizador. A visualização de dados recorrendo ao mapeamento de intervalos de variação em tabelas de cor (*color mapping*) é outro exemplo em que alterações súbitas de cor podem alterar a compreensão dos resultados [White09].

Interessa, portanto, identificar adaptações de simbologia que possam ser executadas automaticamente para realçar os símbolos, preservando, contudo, a semântica original.

Tendo por base características que guiam a atenção visual, seleccionámos um conjunto de adaptações dos símbolos que considerámos satisfazerem as condições pretendidas: adição de um rebordo, ajuste da cor em termos de luminosidade, aumento do tamanho, e alteração da cor dos caracteres presentes no interior do símbolo. Realizámos um estudo com utilizadores para averiguar se estas adaptações promoviam efectivamente a legibilidade dos símbolos.

Atendendo a que uma das conclusões deste estudo apontou para a utilização de ajustes na luminosidade da cor do símbolo, efectuámos um segundo estudo com utilizadores para determinar qual a variação mínima de luminosidade para garantir que um símbolo se destaque do fundo.

Apresentamos de seguida, na Secção 2, o trabalho relacionado, incluindo alguns estudos que abordam características que permitem realçar elementos gráficos. Nas Secções 3 e 4 descrevemos os dois estudos que efectuámos e, finalmente, na Secção 5, apresentamos as conclusões e o trabalho futuro.

2. TRABALHO RELACIONADO

Nas aplicações de RA a combinação de elementos virtuais sobre imagens do mundo real levanta alguns problemas. Kalkofen *et al.* propõem várias técnicas para melhorar esta combinação, nomeadamente, no que diz respeito a realçar representações com reduzido contraste com as regiões vizinhas, estes autores propõem o uso de cor artificial, ou seja, adicionar elementos gráficos co-

cidentes com elementos do objecto real, mas com uma cor diferente da destes [Kalkofen09b].

No trabalho de Gruber *et al.*, para harmonizar as cores na imagem, quer as cores dos objectos virtuais quer as do mundo real são ajustadas tendo por base directrizes estéticas para a combinação de cores [Gruber10]. Uma vez que a cor de alguns objectos do mundo real está relacionada com o seu significado, enquanto para outros tal não acontece, os objectos são classificados em diferentes categorias de acordo com as restrições que se colocam à mudança da sua cor. Desta forma, garante-se que a cor é mantida sempre que o seu significado seja importante. No nosso trabalho pretendemos ajustar os símbolos de forma a distingui-los do fundo sem entrar em consideração com a harmonização estética.

Para além de símbolos gráficos, também pode ser usado texto para juntar informação adicional em aplicações de RA. Em [Gabbard07] descreve-se um estudo com utilizadores para investigar as interações entre a imagem captada, a intensidade da luz exterior e a legibilidade do texto colocado sobre a imagem. Neste estudo foram usados algoritmos para melhorar, em tempo-real, o contraste entre o texto e o fundo.

Em [Leykin04] estuda-se também a legibilidade de texto em função das texturas presentes no ambiente real. Os autores fizeram experiências com utilizadores para criar uma aproximação baseada em reconhecimento de padrões para identificar as regiões de pouca legibilidade. Usaram imagens numa escala de cinzentos em que calcularam a intensidade do contraste entre o texto e a região envolvente. O objectivo era evitar aplicar texto em regiões com pouca legibilidade, alterando a sua posição sobre a imagem sempre que necessário.

No nosso trabalho não focamos a legibilidade de texto. O nosso objectivo é adaptar símbolos de modo a que fiquem perceptíveis, sem mudar a sua posição e sem modificar a imagem do mundo real. É por isso necessário identificar características que permitam dar realce aos símbolos.

Wolfe e Horowitz estudaram os atributos que são mais adequados para orientar a pesquisa visual [Wolfe04]. Baseados em estudos realizados por diferentes autores, concluíram que a cor, o movimento, a orientação e o tamanho são atributos que guiam a atenção do utilizador. Os mesmos atributos foram também estudados por Paley para distinguir o texto apresentado numa janela, com um fundo transparente, sobreposta a outra [Paley03]. Paley verificou que, neste caso, as seguintes adaptações melhoraram a legibilidade do texto: variar a cor dos caracteres, usar texto maior, mudar o estilo da fonte, por exemplo, usando negrito; colocar contornos em redor de cada carácter, e introduzir um movimento subtil com uma variação suave do deslocamento da janela de sobreposição.

O uso de um contorno também foi seguido por Nivala *et al.* em símbolos que representam pontos de interesse em mapas de dispositivos móveis [Nivala07]. Outro aspecto que consideraram foi a adaptação dos símbolos de acordo

com as características dos utilizadores; por exemplo, os símbolos para as pessoas mais velhas, além de serem um pouco maiores, tinham um fundo branco para os realçar.

Tendo em conta estes estudos, definimos um conjunto de adaptações a aplicar aos símbolos gráficos e realizámos um estudo com utilizadores para as avaliar. As adaptações são descritas na secção seguinte.

3. ESTUDO SOBRE ADAPTAÇÕES DE SÍMBOLOS

Este estudo consistiu em seleccionar um conjunto de adaptações e depois testar com utilizadores se essas adaptações realçavam os símbolos mantendo a sua semântica.

3.1 Adaptações consideradas

Considerámos como símbolo base (BA), a adaptar, um quadrado preenchido com uma cor uniforme, contendo um ou dois caracteres pretos (letras ou algarismos). Esta escolha é justificada por ser um tipo de símbolo frequente em aplicações de visualização de pontos de interesse e, além disso, por se tratar de um símbolo que *per si* não se destaca facilmente, permitindo criar situações em que é difícil distingui-lo do fundo.

Levando em linha de conta trabalhos realizados por outros autores sobre as características que podem guiar a atenção visual e realçar a representação, testámos as seguintes adaptações do símbolo base: adição de um rebordo (RE), que pode ser branco (RB) ou preto (RP); ajuste da luminosidade da cor (CO), com variantes C1 e C2, explicadas a seguir; ampliação do símbolo (AM); e alteração da cor dos caracteres dentro do símbolo (LE), que neste estudo se cingiu a letras brancas (LB). A Figura 1 mostra o símbolo base bem como exemplos de cada adaptação. Decidimos realizar as adaptações em separado e não realizar combinações de adaptações (por exemplo, adaptação da cor e rebordo) de modo a focar o estudo e reduzir eventuais interferências entre adaptações.

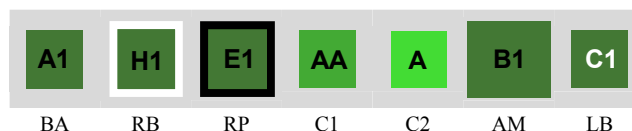


Figura 1: Exemplos de símbolo base e adaptações

Para decidir se um símbolo deve ser adaptado, comparámos a cor dominante da imagem na área que envolve o símbolo, isto é, a cor que ocorre com a maior frequência nessa área, com a cor do símbolo. Se o módulo da diferença entre cada uma das componentes RGB destas duas cores for inferior a um limiar pré-fixado, as duas cores são consideradas semelhantes, e quando isto acontece, o símbolo é adaptado.

3.1.1 Adição de rebordo

Na adaptação com adição de um rebordo estudámos o efeito de juntar um rebordo branco ou um rebordo preto tanto em situações em que o fundo e o símbolo são claros como quando o fundo e o símbolo são escuros. Apesar de considerarmos que neste tipo de adaptação seria mais adequado usar rebordo branco em símbolos escuros e rebordo preto em símbolos claros, testámos a adição dos

dois tipos de rebordo no mesmo símbolo para confirmar esta assunção.

3.1.2 Ajuste da luminosidade da cor

A alteração da cor de um símbolo pode ser interpretada como uma mudança no seu significado [Silva11]. Considerámos por isso apenas ajustes de luminosidade, para realçar os símbolos do fundo, mas sem comprometer o seu significado. Utilizámos a seguinte abordagem: quando o fundo é escuro, o símbolo é desenhado com uma luminosidade mais clara que a do símbolo base, e quando o fundo é claro, o símbolo é tornado mais escuro.

Utilizámos o modelo de cor RGB, com todas as componentes a variar no intervalo [0, 255]. Aplicámos um algoritmo simples para ajustar a luminosidade da cor com base nos valores da(s) componente(s) RGB dominantes na cor do símbolo, adicionando/subtraindo a essas componentes um valor constante pré-definido. Para assegurar que o ajuste seria perceptível, testámos duas constantes diferentes: 50 e 100. Estas variantes são identificadas na Figura 1 por C1 e C2, respectivamente.

3.1.3 Aumento do tamanho

Como mencionado anteriormente, Wolfe e Horowitz consideraram a variação de tamanho como uma característica que chama a atenção [Wolfe04]. Esta conclusão é também confirmada pelo nosso senso comum. Portanto, uma das adaptações que considerámos foi a ampliação do símbolo base. Após vários ensaios escolhemos o factor de escala de 50% para ampliar os símbolos.

3.1.4 Alteração da cor dos caracteres

Para aumentar o contraste dos caracteres presentes no interior do símbolo, quando o fundo e o símbolo têm pouca luminosidade, os caracteres no símbolo são representados em branco. Como usámos um símbolo base com letras pretas, não considerámos a adaptação que mudaria letras brancas para letras pretas sobre os símbolos com muita luminosidade.

3.2 Aplicação desenvolvida

De modo a afinar os parâmetros das adaptações, como a largura do rebordo, a variação da luminosidade da cor, a cor das letras, e o factor de escala para ampliar os símbolos, desenvolvemos uma aplicação de RA em Java usando o NyARToolkit [NyARToolkit]. A aplicação implementa os algoritmos que efectuam a adaptação dinâmica de um símbolo gráfico quando a sua cor dominante é semelhante à cor dominante do fundo em torno da marca.

3.3 Estudo com utilizadores

Realizámos um estudo com utilizadores para avaliar as adaptações descritas anteriormente, em cenários nos quais os símbolos base estão em condições adversas, isto é, têm cor semelhante à área circundante da imagem de fundo. Nestas circunstâncias assumimos que as adaptações iriam ajudar a realçar o símbolo, tomando como hipóteses que a adição de um rebordo, o ajuste da luminosidade da cor, a ampliação do símbolo, e a alteração de cor dos caracteres serão preferidos pelos utilizadores em comparação com o símbolo base.

3.3.1 Participantes

Um total de 55 pessoas, 22 homens e 33 mulheres, recrutados a partir de contactos sociais participaram voluntariamente e gratuitamente neste estudo. A idade média foi de 26 anos, com 24 participantes entre 20 e 24 anos, 10 entre 25 e 39 anos, e os restantes 21 entre 40 e 79 anos. 14 participantes eram alunos de doutoramento ou mestrado, 22 eram estudantes de licenciatura, e 19 não concluíram o ensino médio. Sobre a sua experiência em pesquisa de pontos de interesse em mapas, a maioria já o tinha feito, 19 frequentemente, 23 raramente, ao passo que 13 nunca o tinha feito.

3.3.2 Aparato

Realizámos este estudo dentro de portas para minimizar influências causadas por variações da luz do dia. Utilizámos um computador portátil com ecrã de 13.3 polegadas e uma resolução de 1280×800 *pixels*, colocado sobre a mesa em frente ao participante. Para cada pessoa a posição do ecrã foi ajustada para evitar reflexos da luz e permitir uma visão clara do seu conteúdo.

Usámos um pacote de *software* para fazer apresentações para mostrar imagens durante alguns segundos de uma maneira controlada.

3.3.3 Tarefas

Cada participante realizou tarefas de contagem e de indicação de preferência. A primeira serviu para forçar o participante a varrer toda a imagem para procurar os símbolos, para posteriormente indicar qual o preferido. A tarefa de contagem tinha um tempo limite de 8 segundos. Após o tempo estipulado, a imagem era retirada do ecrã e o participante dizia quantos símbolos tinha contado. A imagem era novamente mostrada para a tarefa de indicação de preferência, que não tinha limite de tempo. O participante indicava qual o símbolo que distinguia melhor.

3.3.4 Design

Desenhámos um estudo de medidas repetidas, ou seja, em cada teste o mesmo participante foi exposto a diferentes condições. Manipulámos duas variáveis independentes: o tipo de adaptação do símbolo e o tipo de fundo. Testámos todos os tipos de adaptação apresentados na Secção 3.1 e o símbolo base (sem adaptação). Em relação à variável de tipo de fundo, distinguimos os fundos predominantemente escuros dos claros, e, em qualquer dos casos, os símbolos sobrepostos tinham cores idênticas às do fundo. Mais precisamente, usámos símbolos cinzentos ou beges sobre fundos claros e símbolos verdes-escuros ou castanhos-escuros em fundos escuros.

Para garantir que todos os participantes estiveram expostos às mesmas imagens e em condições idênticas, efectuámos os testes com imagens estáticas (fotografias de ambientes urbanos) e dentro de portas. Desta forma, o estudo pôde ser realizado independentemente de influências externas, como a luminosidade intensa, mantendo ao mesmo tempo um grau razoável de realismo. Além disso, pudemos reproduzir mais facilmente situações adversas em que a cor de um símbolo era propositadamente semelhante à cor da área circundante na imagem de fundo.

Usámos várias fotografias para manter o interesse dos participantes e reduzir efeitos de aprendizagem, tendo a maior parte delas sido mostrada duas vezes: primeiro com o símbolo base e depois com símbolos base e adaptados.

Organizámos as fotografias em 5 blocos de testes: A, B, C, D e E. A Tabela 1 mostra o tipo de símbolo e adaptação associados a cada bloco, o tipo de fundo (claro ou escuro), e o identificador do teste. Apresentamos aqui 16 dos 21 testes efectuados, tendo os restantes sido omitidos por não serem relevantes para este estudo.

Bloco	Adaptação	Variantes	Escuro	Claro
A	Base	BA	T01	T03
	Rebordo	BA, RB, RP	T02	T04
B	Base	BA	T07	T09
	Ampliação	BA, AM	T08	T10
C	Base	BA	T12	T14
	Cor	BA, C1, C2	T13	T15
D	Base	BA	T18	—
	Letras	BA, LB	T19	—
E	Todos	BA, C1, C2, AM, RB, RP, LB	T20	T21

Tabela 1: Testes por adaptação e tipo de fundo (a adaptação LB não foi testada com fundo claro)

Em cada um dos blocos A, B, C e D comparámos um tipo de adaptação com o símbolo base. Por exemplo, no bloco A, no teste T01 apresentou-se uma imagem de fundo escuro com símbolos base. A mesma imagem foi mostrada posteriormente com símbolos base, símbolos com rebordo branco e símbolos com rebordo preto no teste T02. No bloco E foram mostrados todos os tipos de adaptação em simultâneo. Independentemente do teste, foram sempre colocados 13 símbolos em cada imagem.

A variável dependente do estudo foi a indicação do símbolo preferido nos testes em que mais do que um tipo de símbolo foi apresentado. Também anotámos comentários feitos pelos participantes.

3.3.5 Procedimento

Cada participante no estudo sentou-se em frente ao computador após o que um dos investigadores ajustou a posição do ecrã, tendo também feito uma breve apresentação acerca desta investigação e indicado uma estimativa da duração do estudo: entre 20 a 25 minutos.

O investigador preencheu um breve questionário sobre os dados pessoais do participante: idade, género, habilitações literárias e familiaridade com a pesquisa de pontos de interesse em mapas.

Os blocos de testes A, B, C e D foram realizados por ordem aleatória, seguidos do bloco E. Em cada um dos quatro primeiros blocos, mostrámos uma imagem de fundo escuro, primeiro com símbolos base e depois com símbolos base e símbolos com a adaptação correspondente ao bloco. A disposição dos símbolos foi mudada em imagens consecutivas. Em seguida repetimos o procedimento com uma imagem de fundo claro (excepto no bloco D). O bloco E incluiu duas imagens, uma escura e a

outra clara, cada uma delas com todas as variantes das adaptações.

3.3.6 Resultados

A Figura 2 resume os resultados dos testes efectuados. A proporção representada por cada coluna foi obtida dividindo o número total de opiniões favoráveis a uma adaptação pelo número de possibilidades de esta ser escolhida. Por exemplo, a adaptação rebordo (RE) poderia ser escolhida em 4 testes (ver testes T02, T04, T20, e T21 na Tabela 1), quer como rebordo branco (RB), quer como rebordo preto (RP). Como cada teste foi realizado por 55 participantes, houve 220 possibilidades de escolha dessa adaptação, que foi a preferida em 91% dos casos.

A Figura 3 apresenta as preferências em termos de cada um dos tipos de fundo e de cada uma das adaptações.

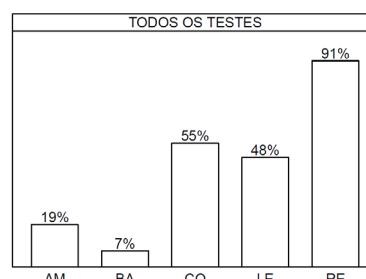


Figura 2: Preferências pelas principais adaptações

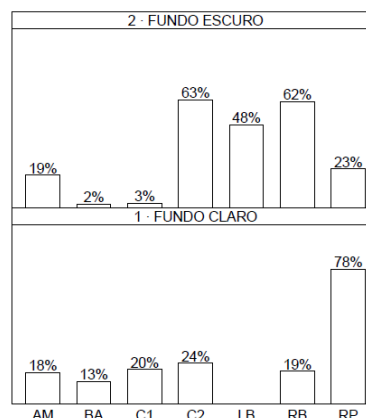


Figura 3: Preferências por tipo de fundo

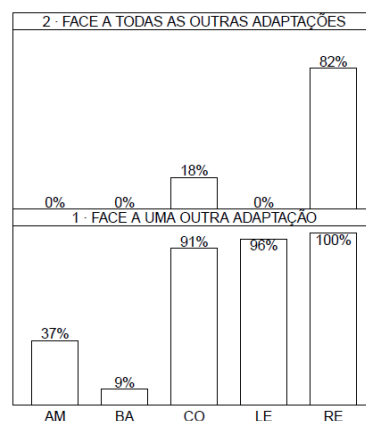


Figura 4: Preferências por contexto competitivo

Por fim, a Figura 4 mostra as preferências de cada adaptação em dois contextos distintos: quando em competição apenas com o símbolo base, correspondendo aos resultados dos blocos A, B, C e D; e face a todas as outras adaptações, correspondendo aos resultados do bloco E.

3.3.7 Discussão

A Figura 4.1 (gráfico de baixo) evidencia que a adição de rebordo (RE), o ajuste da luminosidade da cor (CO), e a alteração da cor da letra (LE), todos com preferências acima dos 90%, contribuíram para realçar os símbolos quando em competição com o símbolo base (BA), validando as hipóteses que colocámos no início sobre estas adaptações. Apenas a ampliação (AM) não favoreceu o realce do símbolo pois não atingiu os 50% quando em competição com o símbolo base e, quando em confronto com todas as outras adaptações, nunca foi a escolhida (Figura 4.2, gráfico de cima). A alteração da cor da letra, apesar de ter sido preferida em relação ao símbolo base também nunca foi seleccionada quando confrontada com todas as outras adaptações em simultâneo.

Na Figura 2, a adição de rebordo foi a adaptação favorita dos participantes, com 91% das preferências. Acresce que, em imagens com fundo claro foi preferida a adaptação com rebordo preto (Figura 3.1) e o rebordo branco foi o mais escolhido com fundos escuros (Figura 3.2).

A adaptação preferida em segundo lugar foi o ajuste da luminosidade da cor (Figura 2), que apesar de ter um resultado próximo do da alteração da cor da letra (55% contra 48%), e ao contrário desta última, foi escolhida por alguns participantes quando em competição com outras adaptações (Figura 4.2). Finalmente, da Figura 3.2 resulta que com fundos escuros, houve uma preferência para ajustes maiores da luminosidade da cor do símbolo (63% de C2 contra 3% de C1), situação que não se verificou com fundos claros, em que tanto C1 como C2 estiveram quase empatados (com 20% e 24% respectivamente). Este resultado motivou a realização de um segundo estudo que descrevemos a seguir.

4. ESTUDO SOBRE AJUSTE DA LUMINOSIDADE

O ajuste de luminosidade foi a segunda adaptação preferida pelos participantes do primeiro estudo. Em imagens escuras, a mudança de luminosidade mais escolhida correspondia a um maior afastamento da cor inicial, enquanto nas imagens claras havia um número maior de participantes a escolher uma mudança de luminosidade menos abrupta. Surgiu por isso a necessidade de esclarecer qual seria o ajuste mínimo de luminosidade adequado. Neste estudo, não foram colocados caracteres no símbolo para reduzir a possibilidade de identificação do símbolo através dos caracteres em vez da luminosidade.

Para preservar a semântica do símbolo é fundamental garantir que não haja uma alteração abrupta da cor original. Por este motivo optámos por modificar apenas a luminosidade. Contudo, o modelo RGB não contempla directamente esta componente. O modelo de cor HSV, ao invés do RGB, interpreta a cor segundo 3 componentes: a cor propriamente dita, a saturação e a luminosidade.

Além disso, separa a componente luminosa da restante informação cromática, consequentemente, o modelo HSV torna-se vantajoso no processamento de imagem [Asmare09].

Pretendemos então determinar qual a variação mínima de luminosidade para que um utilizador, sem limitações na percepção da cor, consiga distinguir os símbolos sobrepostos sobre imagens reais, nomeadamente fora de portas. De facto, em aplicações de Realidade Aumentada usadas em ambientes exteriores é difícil controlar as condições de luminosidade, podendo esta chegar a variar entre 1 e 100.000 lux [Gabbard06].

Tendo em conta este objectivo analisámos as variações de luminosidade descritas na secção seguinte e efectuámos um estudo com utilizadores para as avaliar.

4.1 Variações na luminosidade

De forma a estudar a situação mais adversa utilizámos um fundo de cor uniforme ao qual se sobrepuseram símbolos quadrados de cor uniforme de modo a minimizar interferências. De forma a validar qual a variação mínima de luminosidade necessária para distinguir elementos gráficos sobre um fundo liso, realizámos alguns testes preliminares com elementos da equipa. Dividimos o intervalo de variação da luminosidade em 10 intervalos de igual amplitude. Tendo em conta que a luminosidade no modelo HSV varia no intervalo [0,1], considerámos variações de luminosidade de 0.10. Verificámos que na maior parte dos casos variações inferiores a 0.20 eram suficientes para distinguir os elementos. Como no estudo descrito na secção anterior havíamos verificado que a cor do fundo pode influenciar a distinção dos símbolos sobre o fundo, optámos por testar 4 variações de luminosidade: 0.10, 0.15, 0.20 e 0.25.

4.2 Aplicação desenvolvida

Para construir os testes com utilizadores desenvolvemos uma aplicação usando a linguagem Java, com o SDK para Android.

A aplicação mostra imagens com fundo de uma única cor ao qual se sobrepõem 4 quadrados (30 *pixels* de lado), cada um deles mantendo as mesmas componentes de cor e saturação da cor do fundo, mas variando a luminosidade acrescentando ou diminuindo 0.1, 0.15, 0.2 ou 0.25 (Figura 5). Ou seja, se a cor de fundo tiver luminosidade acima de 0.5, cada um dos quadrados reduz a luminosidade com um dos valores acima. Caso contrário, os valores acima são somados à cor base.

De notar que, em imagens sucessivas, a posição de cada quadrado é alterada para evitar a sua identificação através da sua localização independentemente da cor.

4.3 Estudo com utilizadores

4.3.1 Participantes

Neste estudo participaram 18 pessoas, 7 do género feminino e 11 do masculino, que se voluntariaram sem receber qualquer tipo de compensação monetária. A média de idades foi de aproximadamente 28 anos. Houve 12 participantes com idades compreendidas entre os 17 e os 24

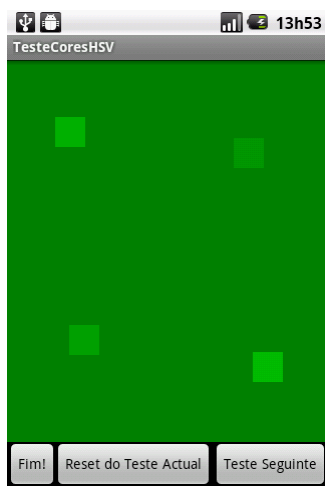


Figura 5. Exemplo de imagem da aplicação.

anos, 3 entre os 25 e os 39 anos e os restantes 3 entre os 40 e os 53 anos. A nível de habilitações literárias, 6 dos participantes não eram graduados, 9 eram licenciados e os restantes 3 doutorados. Nenhum dos participantes era daltónico.

4.3.2 Aparato

Os testes foram efectuados num *smartphone* LG P500 com o sistema operativo Android 2.2, com ecrã táctil de 3.2 polegadas e com uma resolução de 320×480 *pixels*.

O participante realizou os testes no exterior em dias de sol e às horas de maior intensidade luminosa, em local exposto directamente à luz do Sol ou numa zona de sombra adjacente. Ou seja, em condições de luminosidade adversas para a observação de imagens. Nos testes utilizámos a aplicação descrita na Secção 4.2.

4.3.3 Tarefas

O participante teve como tarefa seleccionar, em cada imagem, através de toques em símbolos, apenas aqueles que conseguia distinguir bem do fundo, ignorando os restantes. O participante seleccionou os símbolos por ordem, do menos para o mais perceptível.

4.3.4 Design

Neste estudo foram manipuladas duas variáveis independentes, a cor do fundo e a variação da luminosidade dessa mesma cor, e a variável dependente foi a luminosidade mais baixa que o participante conseguiu diferenciar.

Considerámos seis cores diferentes para o fundo e, para cada uma delas, quatro variantes diferentes de luminosidade: 0.25, 0.50, 0.75, 1.00. Deste modo, cada participante foi exposto a um total de 24 imagens.

A selecção das cores de fundo baseou-se, por um lado, em serem cores comuns em espaços exteriores e, por outro lado, em serem cores mais ou menos fáceis de distinguir de acordo com os três tipos de células (cones) que o olho humano possui para perceber a cor [Bruce03].

As seis cores escolhidas para fundo foram as seguintes:

1. Azul puro: normalmente de percepção mais difícil para o olho humano;

2. Amarelo: normalmente uma das mais fáceis de distinguir para o olho humano;
3. Verde puro: as variantes mais escuras desta cor são muito frequentes na natureza;
4. Roxo: requer a utilização dos três tipos de cones;
5. Azul claro: muito frequente na natureza;
6. Branco: muito comum nos ambientes exteriores.

Caso o fundo apresente uma luminosidade de 1.0 ou 0.75 os símbolos sobrepostos apresentarão uma intensidade igual à do fundo menos 0.10, 0.15, 0.20 e 0.25. Caso o fundo apresente uma luminosidade de 0.5 ou 0.25, os símbolos sobrepostos apresentarão uma intensidade igual à do fundo mais 0.10, 0.15, 0.20 e 0.25. Cada um destes símbolos foi distribuído aleatoriamente por cada um dos quadrantes para que o participante não adquirisse efeitos de habituação.

4.3.5 Procedimento

A cada participante apresentámos os objectivos do estudo, indicámos o tempo estimado de duração dos testes (entre os 10 e os 15 minutos) e fizemos um breve questionário sobre os seus dados pessoais.

Em seguida explicámos como deveria seleccionar os quadrados em cada imagem. As 24 imagens foram apresentadas pela mesma ordem a todos os participantes.

4.3.6 Resultados e discussão

Para cada participante foram registados num ficheiro os símbolos identificados e a ordem pela qual foram sendo escolhidos.

A Figura 6 apresenta 4 blocos de diagramas de extremos e quartis, cada um deles relativo a uma variação de luminosidade do fundo.

Verificámos que quando o fundo tem uma luminosidade que não é extrema (ou seja, blocos de 0.5 e 0.75), os diagramas mostram que os quartis e os extremos coincidem (sempre no 0.75 e quase sempre no 0.50) com a variação mais pequena da luminosidade (0.10). Ou seja, basta considerar uma variação de luminosidade de 0.10 para que o símbolo apresente um contraste suficiente para ser visível, qualquer que seja a cor de fundo analisada.

Caso o fundo tenha pouca luminosidade (bloco de 0.25, à esquerda), verificámos que, para todas as cores de fundo analisadas, os diagramas apresentam a mediana em 0.15 para 5 das 6 cores. Para a maioria das cores o terceiro quartil encontra-se em 0.20 e numa delas em 0.25. Ou seja, neste caso, a variação na luminosidade necessária para fazer contraste é maior e apenas com a variação de 0.25 todos os participantes distinguiram os símbolos.

No caso da luminosidade do fundo mais elevada (bloco 1.00, à direita), o comportamento das cores de fundo estudadas foi mais irregular. Enquanto para o azul puro o diagrama apresenta o mínimo e o máximo no valor 0.25, para o amarelo estes extremos situam-se no valor 0.10. Para as outras cores, os resultados mostram uma maior dispersão.

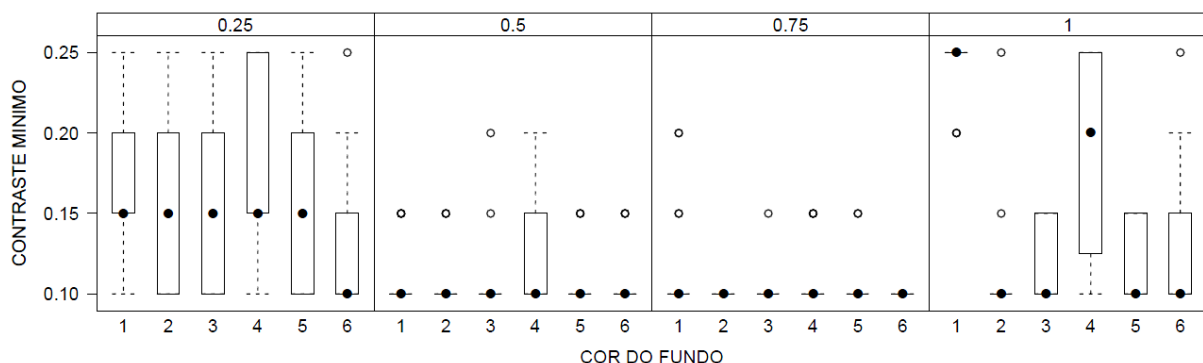


Figura 6. Contraste mínimo para cada cor em função da luminosidade do fundo (blocos 0.25, 0.5, 0.75 e 1).

5. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Neste artigo apresentámos o resultado de um estudo sobre as preferências dos utilizadores sobre a adaptação de simbologia para realçar os elementos gráficos em aplicações de RA. Concluimos que os utilizadores preferiram a adição de um rebordo e o ajuste da cor em termos de luminosidade. Tendo em atenção estes resultados, realizámos um segundo estudo para averiguar qual a variação mínima da luminosidade para que um símbolo se destaque da cor do fundo.

Concluimos que se quisermos estabelecer um valor mínimo da variação de luminosidade para garantir que o utilizador distingue os símbolos do fundo, deverá ser considerado o valor 0.25. Contudo, podem existir soluções mais flexíveis, que tenham em conta variações inferiores para imagens com luminosidades intermédias.

Como trabalho futuro, pretendemos aplicar os resultados obtidos numa plataforma de desenvolvimento de aplicações de RA móvel, de modo que a simbologia seja adaptada em tempo real em função da imagem captada.

Estes resultados também podem ser aplicados à sobreposição de informação em vídeo, em particular, na colocação de legendas.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FCT e ao LabMAg o apoio financeiro concedido aos bolsiros Raúl Simplicio e Edgar Montez. Agradecemos também a todos os que participaram na realização dos testes.

7. REFERÊNCIAS

- [Asmare09] M. H. Asmare, V.S. Asirvadani, L. Iznita. Color space selection for color image enhancement applications. *Proc. ICSAP'09*, pp. 208-212, 2009.
- [Bruce03] V. Bruce, P. R. Green, M. A. Georgeson. *Visual perception: Physiology, psychology and ecology*, 4ª edição, Psychology Press, Hove, 2003.
- [Gabbard06] J. L. Gabbard, J. E. Swan, D. Hix. The effects of text drawing styles, background textures, and natural lighting on text legibility in outdoor augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 15(1), pp. 16-32, 2006.
- [Gabbard07] J. L. Gabbard, J. E. Swan, D. Hix, S. J. Kim, and G. Fitch. Active text drawing styles for outdoor augmented reality: A user-based study and design implications. *Proc. VR'07*, pp. 35-42, 2007.
- [Gruber10] L. Gruber, D. Kalkofen, D. Schmalstieg. Color harmonization for augmented reality. *Proc. ISMAR'10*, pp. 227-228, 2010.
- [Kalkofen09a] D. Kalkofen, S. Zollman, G. Schall, G. Reitmayr, D. Schmalstieg. Adaptive visualization in outdoor AR displays. Workshop on Outdoor Mixed and Augmented Reality, 2009.
- [Kalkofen09b] D. Kalkofen, E. Mendez, D. Schmalstieg. Comprehensible visualization for augmented reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 15(2), pp. 193-204, 2009.
- [Layar] Layar. www.layar.com (acesso em Maio 2012)
- [Leykin04] A. Leykin, M. Tuceryan. Automatic determination of text readability over textured backgrounds for augmented reality systems. *Proc. ISMAR'04*, pp. 224-230, 2004.
- [Nivala07] A.-M. Nivala, T. L. Sarjakoski. User aspects of adaptive visualization for mobile maps. *Cartography and Geographic Information Science*, 34(4), pp. 275-284, 2007.
- [NyARToolkit] NyARToolkit Project Page, <http://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/> (acesso em Maio 2012)
- [Paley03] W. B. Paley. Designing better transparent overlays by applying illustration techniques and vision findings. *Adjunct Proc. UIST'03*, pp. 57-58, 2003.
- [Silva11] S. Silva, B. S. Santos, J. Madeira. Using color in visualization: A survey. *Computers and Graphics*, 35(2), pp. 320-333, 2011.
- [White09] S. White, S. Feiner. SiteLens: Situated visualization techniques for urban site visits. *Proc. CHI'09*, pp. 1117-1120, 2009.
- [Wikitude] Wikitude World Browser. www.wikitude.org (acesso em Maio 2012)
- [Wolfe04] J. M. Wolfe, T. S. Horowitz. What attributes guide the deployment of visual attention and how do they do it? *Nature Reviews Neuroscience*, 5(6), pp. 495-501, 2004.

