

UNIVERSIDADE DE LISBOA
Faculdade de Ciências
Departamento de Informática



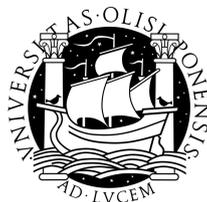
SIMBOLOGIA EM REALIDADE AUMENTADA

Raúl José Coelho Simplício

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA
Especialização em Sistemas de Informação

2011

UNIVERSIDADE DE LISBOA
Faculdade de Ciências
Departamento de Informática



SIMBOLOGIA EM REALIDADE AUMENTADA

Raúl José Coelho Simplício

PROJECTO

Projecto orientado pela Professora Doutora Maria Beatriz Duarte Pereira do Carmo
e co-orientado pela Professora Doutora Ana Paula Boler Cláudio

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA
Especialização em Sistemas de Informação

2011

Agradecimentos

Nélia Costa. Esta tese é o fim da mais longa jornada até à data. E se houve pessoa que nunca desistiu no apoio que me deu para a concretização desta tese foi a Nélia. Incansável na pureza e na força com que firme sempre se manteve ao meu lado, nos bons e nos maus momentos. E por isso, desculpa e obrigado. Obrigado a uma rapariga que me mostrou o melhor caminho a percorrer. Obrigado Nélia.

Agradeço à minha família, aos meus pais e irmã que basicamente me aturam há 25 anos e sempre estiveram aqui para mim, a trazer-me até este dia em que completo a minha vida de estudante e parto para a nova etapa da minha vida. Muito obrigado por tudo o que fizeram por mim até hoje e obrigado por tudo o que sei que farão.

Continuando na minha família, dois extremos. Quando ele conseguir ler isto, obrigado ao Rodrigo, meu afilhado e alegria desta família imensa a que se veio juntar. E ao meu avô, sempre especial para mim.

Agradeço a toda a gente de Montachique e da Chamboeira pela disponibilidade em me ajudar com o trabalho. Especialmente à Chamboeira, não só por essa disponibilidade na ajuda mas acima de tudo por, para sempre ser a minha terra.

Amigos. Que seria de nós sem eles? E eu tenho a sorte de ter muitos e que me apoiaram, no trabalho e na diversão que a vida deve ser. Agradeço imenso à Vera Conceição que, amiga de há uma década e sem dever nada, passou noites incontáveis comigo na faculdade a me ajudar neste trabalho. Não esqueço o resto do grupo. Paulo Marques, Tiago Cavaleiro, Vanessa Fresca, Rui Coelho, Vânia Cavaleiro, David Grade e os grandes, enormes Hugo Mateus e Anthony Godinho.

Da faculdade, mais amigos que tive o prazer de conhecer e de chamar isso mesmo, amigo. Bruno Santos, como que um irmão mais novo e que é das pessoas mais originais que conheço. Junto com o Tiago Antunes, devo-lhes isto também. E tantos outros que se cruzaram no meu caminho. Tito Nobre, Mauro Lemos, Nuno Salvador, João Carvalho e restante P5, um muito obrigado. Um agradecimento especial para a Mafalda Gomes pela amizade, apoio e ajuda sem descanso. E ao futuro, ou seja, à Maria Guerreiro.

Realizei esta tese no LabMAG, cheia de gente especial. Um obrigado ao Christian Marques, João Costa, Louis Lopes, Marco Lourenço, Bruno Correia e ao André Bastos.

Restam-me duas pessoas, as minhas orientadoras. Um muito obrigado pelo apoio prestado neste projecto e na redacção deste documento.

A ti.

Resumo

A representação de símbolos gráficos para transmitir informação levanta questões cognitivas que devem ser tidas em conta para obter resultados compreensíveis em termos de visualização. Quando estes símbolos são representados sobre imagens reais, como acontece na Realidade Aumentada, estas questões tornam-se mais agudas. Sobretudo quando a visualização ocorre em ambientes exteriores: não existindo controlo sobre as características da imagem real do fundo, é necessário ir adaptando dinamicamente os símbolos gráficos que vão sendo sobrepostos.

A Realidade Aumentada é uma área de estudo que surgiu no final da década de 1960, contudo, só muito recentemente tem vindo a ser aplicada em larga escala. Tal facto deve-se ao aparecimento também recente, de dispositivos móveis dotados de capacidades que suportam esta tecnologia e têm custos acessíveis ao público em geral.

Por seu turno, o estudo de aspectos cognitivos relativos ao uso da cor e de símbolos tem sido tema de variados estudos. No entanto, não há ainda estudos feitos sobre a utilização de símbolos gráficos sobre imagens reais, estáticas ou em movimento, de modo a analisar como melhorar a sua visibilidade sobre o fundo real.

O objectivo deste estudo foi, depois da análise do trabalho desenvolvido nesta área, implementar um protótipo que permite criar vários tipos de adaptações em símbolos gráficos e depois testar estas soluções com utilizadores. Com os resultados dos testes, tiraram-se ilações sobre as adaptações mais adequadas para desenvolver aplicações de Realidade Aumentada que vão ao encontro da satisfação do utilizador final.

Palavras-chave: Realidade Aumentada, Cores, Símbolos, Gráficos, Cognição, Percepção

Abstract

The representation of graphical symbols to convey information raises cognitive issues that must be taken into account to obtain comprehensible results in terms of visualization. When these symbols are drawn over real images, as in Augmented Reality, these issues become more acute. Especially when visualization occurs in outdoor environments: with the absence of control over the characteristics of the real background image, it is necessary to dynamically adapt the graphical symbols that are being overlaid.

Augmented Reality is a research area that emerged in the end of the 1960s, however, only recently has been widely applied. This is due to the recent appearance of mobile devices, equipped with capabilities that support this technology, and affordable to the general public.

The study of cognition aspects related to the use of color and symbols has been the subject of several studies. However, there are still no studies about the use of graphic symbols over real images, still or in motion, to examine how to improve their visibility over the background.

The purpose of this study was, after studying the work developed in this area, the implementation of a prototype that allows the creation of different approaches to symbol adaptation, and then test them, with users. Taking into account the results of the tests, it was possible to identify the most important characteristics that best fulfill the needs of the users of Augmented Reality applications.

Keywords: Augmented Reality, Colours, Symbols, Graphics, Cognition, Perception

Conteúdo

Lista de Figuras	xv
Lista de Tabelas	xvii
1 Introdução	1
1.1 O conceito de Realidade Aumentada	1
1.2 Motivação	2
1.3 Objectivos	2
1.4 Estrutura do documento	2
2 Trabalho relacionado	3
2.1 Realidade Aumentada	3
2.1.1 Dispositivos para Realidade Aumentada	4
2.1.2 Exemplos de Aplicações de Realidade Aumentada	5
2.1.3 Problemas existentes	7
2.2 Estudos sobre a atenção humana	12
2.3 Estudo da cor	15
3 Adaptação de simbologia	21
3.1 Software para Aplicações de Realidade Aumentada	21
3.2 Determinação da Cor Dominante da Imagem	24
3.2.1 Captura da Imagem	25
3.2.2 Algoritmo de Varrimento	25
3.2.3 Análise de Imagem	29
3.3 Adaptação dos Símbolos	32
3.3.1 Características a Adaptar nos Símbolos	32
3.3.2 Aplicação para Ensaio dos Parâmetros de Adaptação dos Símbolos	34
3.3.3 Exemplos de adaptação dos símbolos	38
3.4 Conclusões	40
4 Testes com utilizadores	43
4.1 Hipóteses a testar	43

4.2	Concepção dos testes	44
4.3	Descrição dos testes	47
4.3.1	Bloco A - Acrescento de rebordo	47
4.3.2	Bloco B - Variação do tamanho	48
4.3.3	Bloco C - Adaptação da cor	49
4.3.4	Bloco D - Variação da cor dos caracteres	50
4.3.5	Bloco E - Combinação das várias adaptações	51
4.4	Ambiente de testes	55
4.5	Participantes	56
4.6	Análise dos resultados dos testes	56
4.6.1	Contagem de símbolos	56
4.6.2	Comparação de símbolos	57
4.6.3	Análise dos resultados por perfil de participante	61
4.6.4	Conclusões	63
5	Conclusão	65
5.1	Conclusões	65
5.2	Trabalho Futuro	66
A	Questionário dos testes com utilizadores	67
B	Requisitos dos parâmetros da aplicação	73
B.1	Requisitos Estruturais	73
B.2	Requisitos Funcionais	75
C	Diagrama de classes da aplicação criada	77
D	Imagens usadas no estudo	81
	Bibliografia	98

Lista de Figuras

2.1	Exemplo de Marcas Fiduciais [20]	4
2.2	Padrões detectáveis de uma imagem [26]	5
2.3	<i>Optical See-through HMD</i> [24]	6
2.4	<i>Video See-through HMD</i> [24]	7
2.5	A técnica <i>Magic Mirror</i> [2]	7
2.6	A técnica <i>Magic Lens</i> [29]	8
2.7	Ivan Sutherland e o seu projecto de RA/RV [29]	9
2.8	Aplicação a explicar como retirar a gaveta da impressora [24]	9
2.9	Realidade Aumentada colaborativa [54]	10
2.10	Visão Raio-X: Feto virtual em paciente grávida [24]	10
2.11	AiRScouter: Projecto de <i>Brother Industries Inc.</i> [1]	11
2.12	Diagrama de um olho humano [8]	12
2.13	Compreensão de símbolos por parte dos utilizadores [49]	15
2.14	Cubo RGB [6]	16
2.15	Cubo CMY [5]	17
2.16	Pirâmide HSV [15]	18
2.17	Imagem de uma flor roxa com o respectivo histograma de cores e luz. [10]	19
3.1	Visualização de várias marcas e símbolos com NyARToolKit [4]	24
3.2	Marca Fiducial usada no projecto	25
3.3	Marca considerada alinhada, um pouco inclinada para a direita	26
3.4	Marca considerada alinhada, um pouco inclinada para a esquerda	26
3.5	Marca considerada não alinhada, inclinada para a direita	28
3.6	Marca considerada não alinhada, inclinada para a esquerda	28
3.7	Cubo RGB com subdivisões [7]	30
3.8	Interface da aplicação construída	36
3.9	Interface com pormenor do menu de escolha dos símbolos com diferente cor	37
3.10	Interface detalhes da cor de fundo, cor do símbolo original e cor do símbolo final	37
3.11	Exemplo de um ficheiro XML de configuração de parâmetros	38
3.12	Marca visível sem símbolo desenhado	39

3.13	Símbolo sem nenhuma variação aplicada	39
3.14	Variação de cor aplicada ao símbolo	40
3.15	Aumento de tamanho do símbolo	40
3.16	Acrescento de rebordo de cor preta ao símbolo	40
3.17	Acrescento de rebordo de cor branca ao símbolo	40
3.18	Alteração da cor das letras para branco	41
4.1	Exemplo de uma fotografia predominantemente escura	45
4.2	Exemplo de uma fotografia predominantemente clara	45
4.3	Exemplo de uma fotografia com tons claros e escuros	46
4.4	Média das contagens de símbolos e respectivo desvio padrão, por teste . .	57
4.5	Resultados das escolhas do teste 2 do Bloco A	58
4.6	Resultados das escolhas do teste 4 do Bloco A	58
4.7	Resultados das escolhas do teste 8 do Bloco B	59
4.8	Resultados das escolhas do teste 10 do Bloco B	59
4.9	Resultados das escolhas do teste 13 do Bloco C	59
4.10	Resultados das escolhas do teste 15 do Bloco C	59
4.11	Resultados das escolhas do teste 19 do Bloco D	60
4.12	Resultados das escolhas do teste 20 do Bloco E	61
4.13	Resultados das escolhas do teste 21 do Bloco E	61
4.14	Resultados das escolhas do teste 22 do Bloco E	62
4.15	Resultados das contagens por género	62
4.16	Resultados das escolhas por género do teste 15 do Bloco C	63
4.17	Resultados das contagens de símbolos, por faixa etária	63
4.18	Resultados das contagens de símbolos, por formação dos participantes . .	63
4.19	Resultados das contagens de símbolos, por uso de internet	64
4.20	Resultados das contagens de símbolos, por uso de mapas na internet . . .	64
C.1	Resumo do diagrama de classes da aplicação	78
C.2	Diagrama de classes da aplicação criada	79
D.1	Imagem usada no teste 1 do estudo: Imagem homogénea escura com símbolos base	81
D.2	Imagem usada no teste 2 do estudo: Imagem homogénea escura com símbolos base, símbolos com rebordo preto e símbolos com rebordo branco	82
D.3	Imagem usada no teste 3 do estudo: Imagem homogénea clara com símbolos base	82
D.4	Imagem usada no teste 4 do estudo: Imagem homogénea clara com símbolos base, símbolos com rebordo preto e símbolos com rebordo branco	83
D.5	Imagem usada no teste 5 do estudo: Imagem heterogénea com símbolos base e símbolos com rebordo branco	83

D.6 Imagem usada no teste 6 do estudo: Imagem heterogénea com símbolos base e símbolos com rebordo preto	84
D.7 Imagem usada no teste 7 do estudo: Imagem homogénea escura com símbolos base	84
D.8 Imagem usada no teste 8 do estudo: Imagem homogénea escura com símbolos base e símbolos ampliados	85
D.9 Imagem usada no teste 9 do estudo: Imagem homogénea clara com símbolos base	85
D.10 Imagem usada no teste 10 do estudo: Imagem homogénea clara com símbolos base e símbolos ampliados	86
D.11 Imagem usada no teste 11 do estudo: Imagem heterogénea com símbolos base e símbolos ampliados	86
D.12 Imagem usada no teste 12 do estudo: Imagem homogénea escura com símbolos base	87
D.13 Imagem usada no teste 13 do estudo: Imagem homogénea escura com símbolos base, símbolos claro+ e símbolos claro++	87
D.14 Imagem usada no teste 14 do estudo: Imagem homogénea clara com símbolos base	88
D.15 Imagem usada no teste 15 do estudo: Imagem homogénea clara com símbolos base, símbolos escuro+ e símbolos escuro++	88
D.16 Imagem usada no teste 16 do estudo: Imagem heterogénea com símbolos base	89
D.17 Imagem usada no teste 17 do estudo: Imagem heterogénea com símbolos base, símbolos escuro+ e símbolos escuro++	89
D.18 Imagem usada no teste 18 do estudo: Imagem homogénea escura com símbolos base	90
D.19 Imagem usada no teste 19 do estudo: Imagem homogénea escura com símbolos base e símbolos com letras de cor branca	90
D.20 Imagem usada no teste 20 do estudo: Imagem homogénea escura com símbolos base e todas as outras variações vistas nos testes anteriores	91
D.21 Imagem usada no teste 21 do estudo: Imagem homogénea clara com símbolos base e outras variações vistas nos testes anteriores	91
D.22 Imagem usada no teste 22 do estudo: Imagem heterogénea com símbolos base e outras variações vistas nos testes anteriores	92

Lista de Tabelas

4.1	Bloco A - Testar o acrescento de rebordo	52
4.2	Bloco B - Testar a variação de tamanho	53
4.3	Bloco C - Testar a variação de tom de cor	54
4.4	Bloco D - Testar a alteração da cor dos caracteres para branca	55
4.5	Bloco E - Testar em simultâneo diversas variantes de símbolos	55
4.6	Tabela com o perfil dos voluntários no estudo	56

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo é apresentado o conceito de Realidade Aumentada que serve de base a este trabalho, a motivação e os objectivos do estudo desenvolvido e a estrutura do documento.

1.1 O conceito de Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada (RA) sobrepõe símbolos virtuais sobre imagens, estáticas ou em movimento, do mundo real. Estes símbolos virtuais estão normalmente associados a entidades ou informação sobre o mundo real [39].

A RA é uma variante de Realidade Virtual (RV). As tecnologias de RA combinam o real com o virtual, permitindo ao utilizador visualizar o mundo real com objectos, símbolos ou gráficos virtuais sobrepostos que acrescentam informação à imagem real.

Esta tecnologia pode ser vista como intermédia entre os Ambientes Virtuais e a telepresença, ou seja, presença aparente do utilizador num ambiente real diferente daquele em que está [45]. A RA permite interacção em tempo real e o uso de modelos virtuais 3D ou 2D.

Um exemplo do uso de RA é um arquitecto poder ser capaz de ver no próprio local como ficará um edifício depois de concluído. Contudo, existem cada vez mais áreas em que se aplica a RA: medicina, visualização de dados, manutenção e reparação, anotações, planeamento de movimentos de robôs, entretenimento, treino militar, o uso de mapas dinâmicos em que é visualizado o caminho a percorrer com pontos de interesse durante o trajecto, ou até espelhos virtuais que acrescentem informação sobre o que está reflectido, seja um objecto ou uma peça de roupa. Estes são exemplos das possibilidades dadas pela RA, mesmo que vários estudos tenham de ser feitos sobre se essa mudança de visualizar o mundo é totalmente eficaz.

Esta é também uma tecnologia cada vez mais usada em dispositivos móveis, acima de tudo *smartphones* devido à sua, cada vez maior, capacidade de processamento.

1.2 Motivação

A RA está cada vez mais presente nas nossas vidas, com os avanços tecnológicos dos *smartphones*, o poder de processamento cada vez maior dos computadores existentes, até nos *netbooks*. Isto permite a utilização destas técnicas num ambiente de mobilidade.

Ao utilizar símbolos gráficos sobre imagens reais, como não existe controlo sobre as características da imagem, os símbolos podem ser imperceptíveis. Interessa, por isso, adaptar dinamicamente os símbolos para que se tornem inteligíveis.

1.3 Objectivos

O objectivo deste estudo foi o de identificar directivas sobre as características e formas de adaptação dos símbolos gráficos usados em RA quando a cor dominante do símbolo não se distingue da imagem de fundo onde é colocado.

Para cumprir este objectivo, implementou-se uma aplicação que permite testar várias abordagens à adaptação de símbolos em função da imagem real de fundo.

Posteriormente realizaram-se testes com utilizadores para avaliar qual ou quais as adaptações mais adequadas.

1.4 Estrutura do documento

Este documento está dividido em 5 capítulos. Neste primeiro são introduzidos o tema, a motivação para a realização deste trabalho e os seus objectivos.

No segundo capítulo é feito um levantamento do trabalho relacionado.

No terceiro capítulo é descrita a concretização de um algoritmo para determinar a cor dominante do fundo numa área adjacente à marca fiducial, a concretização de formas alternativas de adaptação de símbolos e a criação de uma aplicação para ensaio das várias adaptações.

No quarto capítulo são apresentados os testes realizados com utilizadores e as conclusões retiradas dos resultados desses mesmos testes.

Por fim, no último capítulo, são apresentadas conclusões e identificam-se tarefas para trabalho futuro.

Capítulo 2

Trabalho relacionado

Neste capítulo descrevem-se as tecnologias usadas em RA, apresentam-se exemplos de sua aplicação e apontam-se alguns dos seus problemas. Em seguida apresentam-se estudos sobre a atenção humana e sobre a cor.

2.1 Realidade Aumentada

Existem vários artigos que apresentam definições de RA, tendo sempre um ponto em comum: A RA é uma tecnologia variante de RV, que permite sobrepôr símbolos ou objectos sobre um fundo real [24]. Em RV trabalha-se com ambientes exclusivamente virtuais, enquanto que em RA misturam-se ambientes reais, seja com imagens captadas em tempo real, seja com imagens previamente gravadas, com elementos virtuais.

Para que se perceba a crescente universalidade da RA, é necessário mencionar que a sua utilização já abrange várias áreas de aplicação, nomeadamente, a arquitectura, a medicina, a visualização de dados, a manutenção e reparação de equipamento diverso, o entretenimento, a actividade militar e a navegação, em especial pelo facto da tecnologia permitir que seja usada num ambiente de mobilidade.

As duas técnicas mais usadas para identificar as posições onde os símbolos gráficos devem ser colocados sobre a imagem que serve de fundo são: a detecção e reconhecimento visual de objectos dentro de um ambiente real e o uso de marcas fiduciais para auxiliar essa detecção.

As marcas fiduciais são imagens de padrões únicos [29], que servem como marcas de detecção do seu centro óptico ou ponto principal (Figura 2.1). Estas marcas são colocadas sobre objectos do ambiente real, de modo a facilitar a sua localização [32].

A detecção de objectos recorre à utilização de visão por computador que se baseia em técnicas de processamento de imagem e classificação estatística de padrões [26]. Estes padrões são áreas na imagem que são exemplificadas na Figura 2.2.

A visão por computador requer que haja conhecimento sobre as características dos objectos a reconhecer.

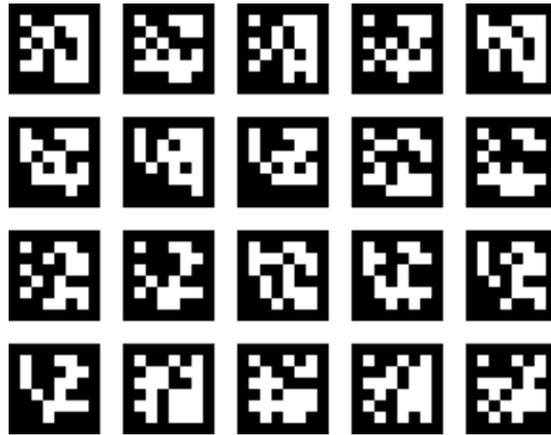


Figura 2.1: Exemplo de Marcas Fiduciaais [20]

2.1.1 Dispositivos para Realidade Aumentada

Existem diferentes tipos de dispositivos que suportam RA. Os mais usuais são os *See-through Head-Mounted Displays* (HMD) e configurações baseadas em monitores, num dispositivo fixo ou móvel.

Os dispositivos *See-through HMD* podem ser de dois tipos:

- ***Optical See-through HMD***

Nos dispositivos *Optical See-through HMD* a visualização é feita através de ecrãs transparentes, que combinam as representações virtuais com a realidade que o utilizador observa [70]. Esta abordagem tem a vantagem de oferecer uma ampla imagem do mundo real, com uma sobreposição não intrusiva à visão, dos símbolos a apresentar (Figura 2.3) [24].

- ***Video See-through HMD***

Os dispositivos *Video See-through HMD* funcionam de maneira diferente que dos anteriores. O utilizador tem uma visão do mundo real através de vídeo, com a sobreposição gráfica [70]. Ou seja, não se vê o mundo real directamente, mas através de imagens captadas por duas câmaras combinadas, integradas no *HMD* (Figura 2.4) [24]. Há um grande número de técnicas de processamento de imagem (correções de intensidade, por exemplo), que permitem tratar de forma mais correcta que os *Optical See-through HMD*, objectos virtuais ocultos.

As configurações baseadas em monitores correspondem a usar uma câmara ou duas (de preferência com boa resolução) e, num monitor são combinadas as imagens reais captadas pela câmara com símbolos gráficos, para serem vistas pelo utilizador. Este tipo de configurações é usado cada vez mais em dispositivos móveis, devido à sua aceitação pelo público e intrusão mínima [70], ao mesmo tempo que as suas capacidades de processamento aumentam a um ritmo satisfatório. Este tipo de configurações pode ser usado de

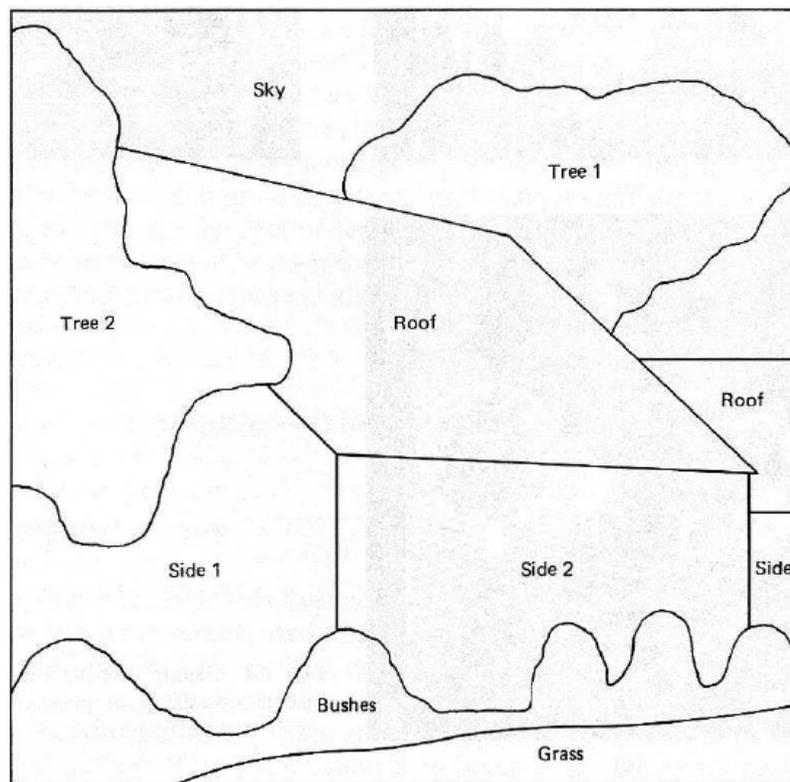


Figura 2.2: Padrões detectáveis de uma imagem [26]

duas formas diferentes: *Magic Mirror* e *Magic Lens*. Na técnica *Magic Mirror* o monitor é colocado atrás da câmara que captura as imagens, funcionando como um espelho (Figura 2.5) [2].

Na técnica *Magic Lens*, o utilizador visualiza o que está à sua frente através do monitor, ou seja, a câmara e o monitor apontam em sentidos contrários. É esta a técnica utilizada nos *smartphones* (Figura 2.6) [29].

2.1.2 Exemplos de Aplicações de Realidade Aumentada

Com os anos de investigação feita na área, apareceram varios projectos, maioritariamente protótipos laboratoriais desenvolvidos em universidades. São mencionados em seguida alguns dos projectos realizados em RA mais relevantes para a evolução e a aceitação da tecnologia.

O primeiro projecto de RA, que foi ao mesmo tempo o primeiro de RV, foi apresentado por Ivan Sutherland em 1968 [61], pois foi o primeiro projecto de RV (ambiente virtual) em que a visualização de objectos virtuais era controlada pela orientação da cabeça do utilizador (Figura 2.7).

Rekimoto em 1998 propôs um método de identificar objectos reais e estimar a sua posição e orientação usando marcadores visuais. Foi o início das marcas fiduciais usadas em RA [55].



Figura 2.3: *Optical See-through HMD* [24]

Um estudo feito em 1998 demonstra que o avanço do poder computacional e gráfico dos computadores traz vantagens significativas para a medicina [59] e esta tecnologia é amplamente aceite na comunidade médica [48] [27]. A RA pode ser aplicada para apoio a crianças com deficiências. Num projecto apresentado em 2010 tenta-se ajudar a diminuir as dificuldades destas crianças ao apresentar informação visual detalhada da matéria a ser aprendida, em conjunto com sons [30]. Existem também projectos dirigidos para pessoas com dificuldades visuais [62].

Em RA podem até ser removidos objectos ao invés de apenas os adicionar, como Jan Herling e Wolfgang Broll demonstram no seu projecto de fazer *desaparecer* objectos de uma filmagem, em tempo real [38].

Por outro lado, temos também a utilização de RA em ambientes industriais para ajuda ou treino em tarefas de manutenção. Por exemplo, manutenção de impressoras (Figura 2.8) ou mostrar informação sobre peças de carros destinadas a ser usadas numa fábrica de montagem ou numa oficina [65].

Em Regenbrecht et al. [54] são referidos vários exemplos de utilização de RA, tais como ajuda na ligação de cabos e treino de condução de veículos ou de algum equipamento. O objectivo comum em todos estes projectos é que sejam de uso fácil.

A RA pode ser uma importante ferramenta em *design* colaborativo (Figura 2.9) [54]. Por exemplo, em reuniões de arquitectura em que um modelo físico é necessário para melhor visualização de um edifício a construir, a concretização deste consome tempo e recursos. Através de RA é possível vários utilizadores visualizarem o edifício de modo virtual como se estivesse em cima da mesa.

RA é há muito utilizada nas transmissões televisivas de diversas modalidades desportivas quando, por exemplo, num jogo de futebol se mostra a distância a que a bola está da baliza. Este tipo de tecnologia serve também para apresentar a identificação de uma pessoa que se esteja a filmar [41].



Figura 2.4: *Video See-through HMD* [24]



Figura 2.5: A técnica *Magic Mirror* [2]

É possível encontrar algumas aplicações de RA para o grande público, como sejam guias de museus [46], catálogos 3D [69] ou auxiliares para a consulta de mapas [22].

2.1.3 Problemas existentes

Nesta subsecção serão apresentados os problemas inerentes a este tipo de tecnologia. Problemas esses encontrados e estudados aquando da realização dos projectos citados no ponto anterior.

Apresentação de objectos ocultos

Como já foi dito, existem várias áreas em que a RA pode ser aplicada, como por exemplo a medicina, sendo possível, com esta tecnologia, criar uma visão Raio-X para apresentação de algo oculto. Por exemplo, é possível aplicar esse tipo de visão a um paciente em tratamento de um cancro [60]. Frank Sauer e colegas desenvolveram um sistema de



Figura 2.6: A técnica *Magic Lens* [29]

visualização de imagens de ultra-som em RA (técnica que foi até pioneira na área de medicina [25]). Usando um HMD foi possível observar os *slices* de ultra-som, com aplicação também possível numa biópsia guiada [56] (Figura 2.10).

Steve Feiner e a sua equipa desenvolveram igualmente um projecto de visão Raio-X, mas num noutro âmbito ao apresentar elementos arquitectónicos escondidos [31].

Ainda no campo da representação virtual de objectos ocultos em RA, estudos demonstram que, o sistema visual humano, para conseguir determinar que um objecto está oculto, precisa previamente de interpretar intersecções. Foi estudado também que ajudas que guiem a visão não têm consequências perceptuais. Embora seja possível apresentar sugestões na imagem, que ajudem a visão a descobrir algo que se queira, por exemplo a partir da cor. Mas este tipo de ajudas podem não ter consequências perceptuais pois só mesmo por experimentação com vários utilizadores é que se consegue ter a certeza quais as melhores técnicas a aplicar.

Em termos de percepção relativa de profundidade os objectos virtuais são vistos como se estivessem em frente a objectos da imagem real, excepto quando pistas de oclusão e movimento são combinadas [33].

No artigo *Comprehensible Visualization for Augmented Reality* [39] é apresentado um esquema de realização de projectos em RA que explica que as cenas são um compromisso entre foco e contexto, tanto se pode adicionar contexto (virtual) a um objecto real como providenciar maior foco a um objecto real num contexto real. Uma técnica de geração da imagem final é o *G-Buffer* em que cada *buffer* contém uma família de contextos, com informação de cor, transparência e profundidade. Pode ser alterada a cor ou transparência de um *pixel* pela sua importância, calculada através de um algoritmo específico. Para o que se quer focar, é criado um *halo*, aumento do grau de ênfase visual, à sua volta, para que este sobressaia. Este *halo* à volta do objecto real dá uma melhor noção de profundidade na visualização do objecto virtual.

Uma vez que é crucial haver um cálculo em tempo real da posição da câmara/utilizador



Figura 2.7: Ivan Sutherland e o seu projecto de RA/RV [29]

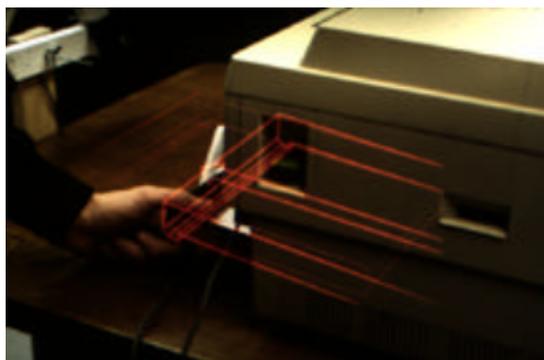


Figura 2.8: Aplicação a explicar como retirar a gaveta da impressora [24]

relativa às coordenadas do sistema para manter a percepção do conjunto de objectos virtuais e reais, usa-se por vezes um sensor de proximidade [35]. Para as visualizações Raio-X, por exemplo, ao usar apenas informação contextual importante, é possível esconder apenas parte do que é foco com esse contexto. Esta informação mais importante é encontrada segundo filtros. Filtrar durante a construção da cena torna-se mais fácil. Com um grafo de foco e contexto (F+C) consegue-se controlar que partes do *G-Buffer* são afectados por operações de filtragem.

Como anteriormente referido, uma das grandes vantagens do uso de RA é de facto a visualização (virtual) de algo oculto, útil em várias aplicações. Contudo, existem alguns problemas, não sendo trivial a sua concretização. Se não houver cuidado, as visualizações Raio-X podem impedir ver algo do mundo real que não era suposto. Adicionalmente, pode perder-se a noção de profundidade [39] [33] [36]. Ao mesmo tempo, apresentar

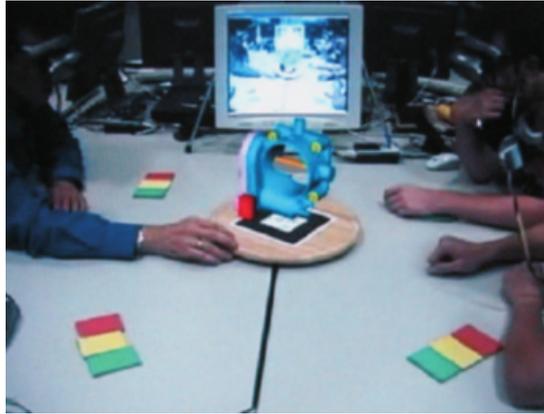


Figura 2.9: Realidade Aumentada colaborativa [54]

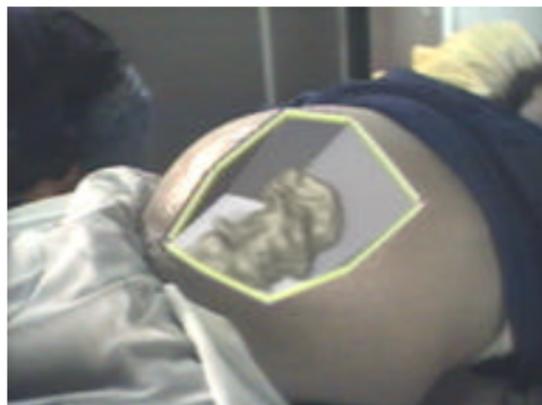


Figura 2.10: Visão Raio-X: Feto virtual em paciente grávida [24]

demasiada informação virtual sobre a imagem real pode provocar ruído visual e o todo tornar-se ilegível, tendo de haver um compromisso, embora isso seja muito complicado de conseguir [39].

Uso de dispositivos para Realidade Aumentada

Por outro lado, existe também um problema relativamente ao uso de HMD que por vezes provoca desconforto ou constrangimento. Os HMD são contudo necessários para aplicações em que as mãos têm que estar livres. Uma alternativa aos HMD é a utilização de óculos que oferecem as mesmas funcionalidades (Figura 2.11) [1], tornando a utilização deste tipo de equipamentos mais aceitável ao público em geral.

Sabe-se que projectos de RA conseguem fornecer uma utilização que causa pouco *stress* aos utilizadores, em tarefas de indústria, como por exemplo procurar itens necessários à realização de uma tarefa. Johannes et al. [65] demonstram isso ao apresentar um estudo em que voluntários foram postos a realizar tarefas de logística (arrumar produtos em armazém) com a ajuda de dispositivos de RA. Foi testado o *stress* causado pela tarefa e os resultados foram bastante satisfatórios.



Figura 2.11: AiRScouter: Projecto de *Brother Industries Inc.* [1]

Realidade Aumentada em dispositivos móveis

Os telemóveis ou *smartphones*, são os equipamentos predilectos actualmente em projectos de RA, pela característica de mobilidade e por conterem acelerómetros e bússolas digitais (detectam movimentos de rotação do aparelho, a sua orientação ou a sua queda), mesmo que ainda tenham menor capacidade de processamento que, por exemplo, portáteis ou *desktops*.

O facto dos ecrãs deste tipo de equipamentos serem de dimensões reduzidas, tem originado vários estudos em que se procura saber quais são as melhores formas de representação a adoptar. Por exemplo, na visualização de pontos de interesse ou legendas sobre mapas, tema que tem sido estudado em vários trabalhos. A colocação de legendas de objectos ou edifícios em RA foi estudada por Peterson et al. [52], concluindo que separar essas mesmas legendas no eixo vertical da imagem provoca uma melhor leitura por parte do utilizador.

Esses dispositivos não necessitam, assim, de uma grande resolução de ecrã para uma aplicação de RA fornecer uma percepção satisfatória, embora possam surgir problemas de visualização para resoluções muito baixas, como Furmanski et al. explicam [33].

Uso de Realidade Aumentada em ambientes exteriores

Como já foi explicado, há que ter cuidado ao criar aplicações de RA para serem usadas em ambientes exteriores. E para resolver vários problemas inerentes a este tipo de ambientes, como a luminosidade, tanto podem ser usados sensores de luz [43], como se pode recorrer a ecrãs de grande resolução para permitir uma melhor percepção [33].

Em ambientes exteriores varia a percepção que os utilizadores têm das cores dos elementos apresentados [34]. Os *See-through HMD*, devido à sua baixa resolução, não per-

mitem uma grande percepção de esquemas em RA a grandes distâncias [63]. Outros estudos demonstram que estes ecrãs provocam uma distorção das cores, principalmente na gama dos azuis, diminuindo assim também a percepção quando a própria câmara dos aparelhos também não produz resultados satisfatórios. Esses estudos mostram também um resultado importante para o trabalho apresentado neste documento, em que se explica que, provindo a percepção da cor de respostas à luz, por parte da retina, um baixo contraste nos ecrãs e o uso da cor cião sobre fundo preto não resultam em satisfação do utilizador [44].

Mas sabe-se também que, por vezes, ecrãs monocromáticos podem ser preferíveis devido ao seu maior brilho e contraste, permitindo assim resolver alguns dos problemas descritos [57].

2.2 Estudos sobre a atenção humana

J. M. Wolfe e T. S. Horowitz, médicos oftalmologistas, têm efectuado estudos sobre a visão e atenção humana [67].

A visão divide-se em dois tipos de percepção: a percepção da cor e a percepção da luminosidade. Ambas são realizadas por células específicas da retina do olho humano, respectivamente, os cones e os bastonetes. (Figura 2.12) [28].

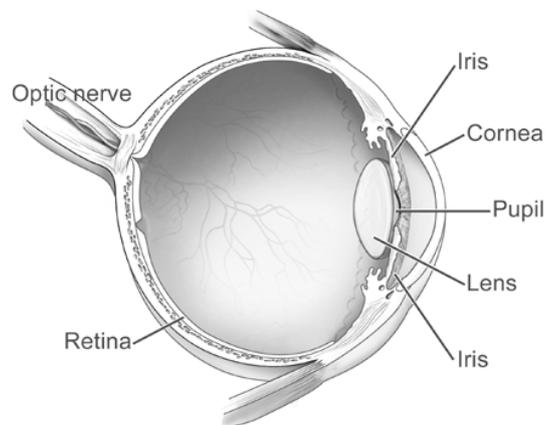


Figura 2.12: Diagrama de um olho humano [8]

A retina recebe uma imagem que é analisada pelos cones e bastonetes.

A função dos cones neste processo é a distinção de três cores base (Vermelho, Verde e Azul). Os cones responsáveis pela cor azul têm menos sensibilidade que os cones responsáveis pelas outras duas cores, levando a concluir que o ser humano é pouco sensível à cor azul [23]. Isto explica a dificuldade em perceber elementos azuis sobre fundo preto.

Os bastonetes são as células que têm como função a análise das formas dos objectos da imagem que está a ser visualizada [28].

Wolfe e Horowitz explicam que os humanos restringem o processamento do que vêm à fóvea (parte central da retina), além de outras restrições ao processamento de luz, frequências espaciais, temporais e outras. Mesmo assim, o sistema visual selecciona apenas uma pequena parte de possíveis estímulos, pois é impossível focar-se em tudo ao mesmo tempo. Isto torna algumas pesquisas visuais mais fáceis que outras.

Sendo assim, há que estudar como funciona a atenção num ser humano. Sabe-se que é possível o ser humano abstrair-se de algum som caso esteja focado na visualização de algo, embora essa situação seja inversa se estivermos ao telefone a conversar [42].

Foi estudado que procurar um símbolo numérico no meio de outros, no caso em que ele não existe, pode demorar o dobro do tempo de procurar esse mesmo símbolo, quando de facto existe.

Conclui-se que é extremamente fácil procurar um símbolo no meio de outros quando há grandes contrastes de cor e de formato entre eles, ou também um símbolo heterogéneo num conjunto de símbolos homogéneos. Como um símbolo em movimento no meio de símbolos estáticos (embora esta pesquisa não seja tão fácil como a anteriormente apresentada).

O factor orientação não interessa quando se procura um símbolo que seja de uma cor diferente (contrastante) dos restantes símbolos com cor igual. Porém, é difícil encontrar esse mesmo símbolo de uma determinada cor quando este se encontra misturado com outros que tenham cores semelhantes, mas diferentes entre si. De notar ainda um outro estudo laboratorial realizado pelos mesmos autores em que se demonstra que é difícil detectar símbolos que normalmente não se está à espera que apareçam ou que não são reconhecidos numa primeira instância. E se não são encontrados primeiramente, os utilizadores não os detectam, caso apareçam depois [68].

Os mesmos autores concluíram que não é por os símbolos terem formatos diferentes que se consegue transmitir que um tem mais importância que o outro, nem com o uso de sombras, que não chamam a atenção do observador [67].

Chegaram assim à conclusão que existem alguns atributos dos símbolos que, inquestionavelmente, melhor guiam a atenção humana para os mesmos. Estes atributos são:

- Cor
- Movimento
- Orientação
- Tamanho

Outros estudos demonstram que é extremamente eficaz uma pesquisa visual, por parte de utilizadores finais, de objectos ou símbolos repetidos, que já conheçam ou que já tenham precisado de encontrar antes [53]. Mas se, posteriormente, for feita uma pesquisa por outro símbolo, se o primeiro estiver também ao alcance da visão, vai gerar uma quebra

de definição do objectivo final da pesquisa. De igual maneira, existe tendência de ignorar símbolos que já tenham sido ignorados anteriormente (mesmo que passem a ser o novo objectivo).

Por fim, há que atribuir semântica certa aos símbolos sobrepostos a uma imagem real. Para isso é necessário que haja uma boa informação contextual na imagem, para que o símbolo seja correctamente entendido e mais facilmente encontrado [64]. É então necessário que, a combinação do fundo real com os símbolos virtuais seja coerente e fácil de visualizar e compreender toda a cena [67].

Outro estudo interessante sobre as características dos símbolos foi realizado por Nivala et al. [49]. Estes autores propõem métodos de apresentação de símbolos sobre mapas, em dispositivos móveis.

Estes autores destacam que se os utilizadores não entenderem o significado dos símbolos, isto lhes provoca frustração e pode levá-los a não utilizar mais a aplicação. Necessariamente as aplicações têm de ser criadas a pensar nos diferentes tipos de utilizadores existentes, e o uso que estes dão a essas mesmas aplicações. Os princípios de comunicação gráfica têm de ser seguidos, acima de tudo, a clareza da informação apresentada.

O artigo explica também que a percepção humana dos símbolos depende do contacto prévio com outros símbolos iguais, visto que os humanos agrupam significados de símbolos semelhantes. O utilizador necessita de conseguir detectar o símbolo (este tem de ser claramente visível) para o poder identificar e interpretar. Tem também de ser capaz de diferenciar uns símbolos de outros, depois de os reconhecer, o que significa que os símbolos têm de lhe ser familiares.

O *design* das aplicações centrado em utilizadores está a tornar-se cada vez mais importante, permitindo ao utilizador escolher a língua, idade, tipo de uso, entre outras opções.

No caso do estudo apresentado por Nivala et al., conclui-se que, para diferentes idades e alturas do ano em que uma aplicação é usada, diferentes símbolos devem ser apresentados. Por exemplo, para pessoas com idade superior a 45 anos, são apresentados símbolos com fundo branco. E para jovens, que podem não compreender os símbolos tradicionais, são utilizadas imagens cujo significado entenderão mais facilmente. A aplicação deve também utilizar símbolos com fundo transparente para não esconder informação que possa ser importante.

Para perceber se estas possibilidades da aplicação são suficientes para a satisfação dos utilizadores, foi realizado um estudo [49]. Esse, consistia em verificar se uma série de modificações nos símbolos os tornavam mais perceptíveis em relação aos símbolos sem alteração aplicada. Essas alterações consistiam em:

- Alterar as cores dos símbolos quando o fundo muda;
- Utilizar apenas uma escala de cinzentos nesses mesmos símbolos;
- Alteração de contraste aplicado ao símbolo;

- *Design* do símbolo;
- Acrescento de um rebordo ao símbolo;

No estudo apresentado no artigo, os utilizadores gostaram de ver símbolos sobrepostos aos mapas em conformidade com a altura do ano, embora tenha havido críticas às cores escuras de alguns símbolos e demasiada espessura do rebordo destes.

A Figura 2.13 permite perceber quais os símbolos considerados mais intuitivos pelos utilizadores, de entre um conjunto de dezasseis símbolos utilizados.

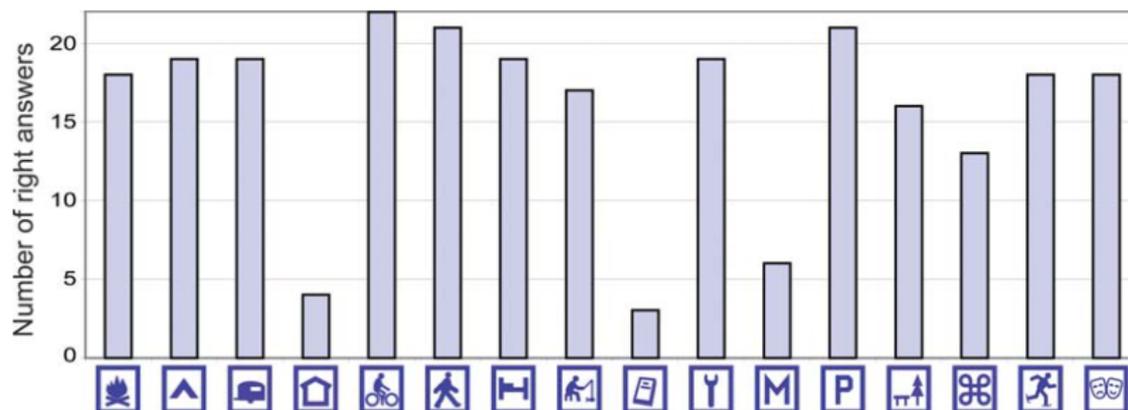


Figura 2.13: Compreensão de símbolos por parte dos utilizadores [49]

Os estudos mostraram, por exemplo, que símbolos que pareçam uma casa (quarto a contar da esquerda) podem significar várias coisas como livraria, bilheteira ou balcão de informações. Em relação ao símbolo da bicicleta, concluiu-se que este não clarifica se se trata de um local próprio para andar de bicicleta ou se é uma loja de venda destas.

Depreende-se daqui que, por melhor que esteja a aplicação, se não houver cuidado na apresentação dos dados, o utilizador percebe que algo não está suficientemente perceptível, pois o cérebro acredita mais no que vê do que no que ouve ou sente. Chama-se a isto *visual capture* [66].

2.3 Estudo da cor

No mundo visual a cor desempenha um papel fulcral. A cor está presente e é um aspecto importante em vários contextos, acima de tudo culturais [58]. Por exemplo, através dos sinais de trânsito, associa-se a cor azul a algo informativo ou, usando o exemplo de um semáforo, a cor vermelha para algo proibido, a amarela para perigo ou a verde para uma permissão.

Mas, por exemplo, a mesma cor verde, para um público dos Estados Unidos da América pode ter também um significado associado ao dinheiro. Uma mesma cor, para públicos e/ou contextos distintos pode ter significados muito diferentes.

A cor também é importante para facilitar a discriminação de objectos e enfatizar a organização lógica da informação.

As características e propriedades da cor podem ser explicadas através de modelos de cor. De seguida, são apresentados alguns dos mais importantes.

Modelos de cor

- RGB (*Red, Green, Blue*)

Este modelo de cor utiliza um sistema de eixos cartesianos em que o subespaço de cores visíveis é um cubo de aresta unitária ou a variar num intervalo entre 0 e 255. A cor preta está na origem do cubo e a branca no vértice oposto do cubo (1, 1, 1) ou (255, 255, 255). Usa três cores base, Vermelho (*Red*), Verde (*Green*) e Azul (*Blue*) (Figura 2.14).

O modelo RGB diz-se aditivo: o branco é obtido somando as três componentes básicas, R, G e B com o valor máximo.

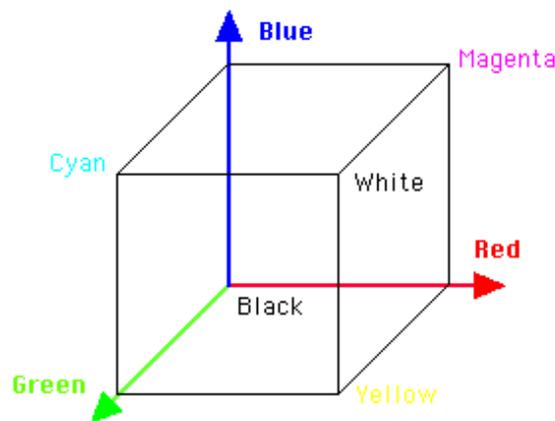


Figura 2.14: Cubo RGB [6]

- CMY (*Cyan, Magenta, Yellow*) e CMYK (*C + M + Y + Black*)

Este modelo também usa o mesmo espaço de cores do RGB mas é baseado em Ciano (*Cyan*), Magenta (*Magenta*) e Amarelo (*Yellow*) (Figura 2.15). É sobretudo usado em impressoras.

Os valores CMY são conversões dos de RGB através das seguintes fórmulas (2.1, 2.2, 2.3).

$$C = 1 - R \quad (2.1) \quad M = 1 - G \quad (2.2) \quad Y = 1 - B \quad (2.3)$$

Diz-se que o modelo CMY é subtrativo: a cor ciano, por exemplo, é obtida subtraindo a cor vermelha ao branco (2.1).

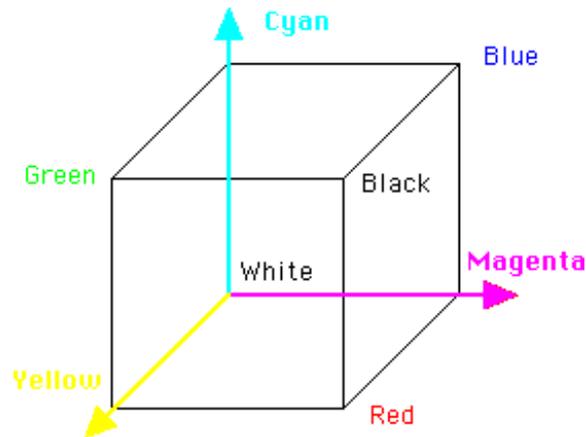


Figura 2.15: Cubo CMY [5]

Tal como no modelo RGB, este modelo representa cada cor num intervalo de valores entre 0 e 1 ou 0 e 255.

O modelo CMYK (K é associado ao preto) é uma variação do anterior mas, por exemplo, para impressoras que separam a cor preta das restantes. Esta é também representada por valores num intervalo entre 0 e 1 ou 0 e 255.

Para converter CMY e CMYK as seguintes fórmulas são usada:

$$K = \text{Min}(C, M, Y) \quad (2.4)$$

$$C = C - K \quad (2.5) \quad M = M - K \quad (2.6) \quad Y = Y - K \quad (2.7)$$

- HSV (*Hue, Saturation, Value*)

Para entender o modelo HSV há que entender cada componente do nome. *Hue* (**H**), cor dominante, é a qualidade que permite designar as cores. *Saturation*, saturação, é o grau de pureza do tom, varia quando se junta branco ou preto à cor dominante (por exemplo, o cor de rosa é um vermelho pouco saturado). *Value*, intensidade ou brilho, é a capacidade de reflectir a luz branca.

Este é um modelo orientado ao utilizador, daí ser mais usado em contextos ligados à arte.

Neste modelo as cores são representadas numa pirâmide invertida com seis faces como se pode ver na Figura 2.16.

A componente *Hue* descreve a cor em termos de um ângulo (entre 0° e 360°). Por exemplo, nos 0° está o vermelho, nos 120° o verde e nos 240° o azul. A saturação fornece a informação de quanta cor branca tem a cor a ser analisada (num intervalo de valores entre 0 e 1). Por fim, *Value* define o brilho da cor, tomando valores entre 0 (Preto) e 1 (Branco).

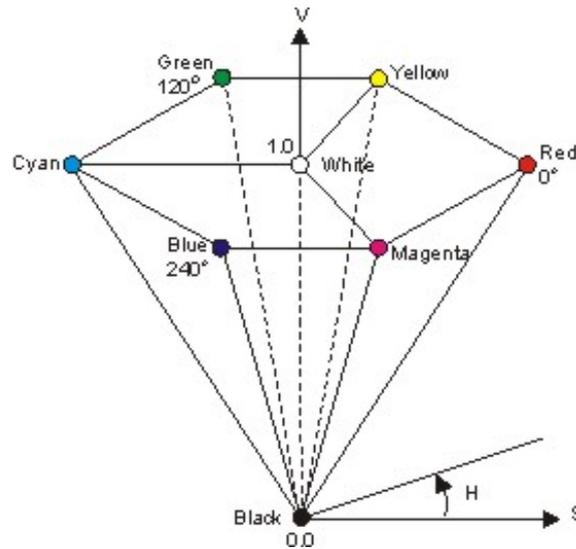


Figura 2.16: Pirâmide HSV [15]

Usos da cor

O livro *Visual Cues* [40] mostra-nos que há que ter em atenção que diferentes combinações de cores dão-nos diferentes percepções do mundo. Por exemplo, um objecto parece maior sendo de cor clara contra um fundo escuro do que na situação contrária.

Caso o objectivo seja dar ênfase a algo, querer que um utilizador visualize e compreenda bem o que é apresentado, existem já algumas regras como por exemplo o uso da cor azul para fornecer um baixo nível de atenção requerida e o uso da cor vermelha para o inverso.

Diversos estudos realizados sobre o uso da cor indicam que:

- No máximo cinco cores devem ser usadas como base na apresentação de dados;
- Diferentes saturações de cada cor servem para criar diferenças entre os mesmos dados;
- Não se devem usar cores demasiado saturadas;
- É possível dar uma maior ênfase a um objecto se lhe for aplicada uma cor que faça bom contraste com as do ambiente em que o objecto está inserido;
- É aconselhado que o fundo de uma imagem seja de cor neutra para que os símbolos, ou objectos, em conjunto com esse mesmo fundo, sobressaiam da melhor maneira (algo que, normalmente não é possível controlar em RA);
- Devido à já explicada falta de capacidade de ver bem a gama de azuis, não é aconselhável o uso desta cor para destacar algo importante ou escrever texto sobre a imagem.

O mesmo livro mostra-nos ainda que se deve ter em atenção as várias localizações em que as cores podem ser usadas e apresentar o melhor conjunto de cores, para cada situação. Por exemplo, na apresentação de texto em salas escuras aconselha-se o uso das cores que fazem o contraste máximo entre si (preto para o fundo e branco para o texto, com símbolos a necessitarem de uma cor brilhante para se verem melhor), alterando este esquema de cores para um fundo branco e texto a verde escuro, para salas com luz ambiente. Depreende-se daqui, que o contexto onde as cores são usadas, são determinantes para a sua percepção.

Por último, extremamente importante para o estudo apresentado neste documento, é o facto de ser já sabido que símbolos com formas redondas não têm grande percepção em distâncias grandes [63].

Histograma de cores

Para verificar se a cor de um símbolo se confunde com a cor de fundo é necessário analisar qual a cor dos *pixels* da imagem. Esta análise pode ter por base a construção de um histograma de cores, que apresenta a distribuição de cores no espaço RGB. Para construir um histograma é necessário dividir o espaço de valores em intervalos, cada um deles designado por *bin*. Para cada *pixel* da imagem, identifica-se a que *bin* pertence.

Podem construir-se histogramas de cor separadamente para cada uma das componentes RGB Figura 2.17. Podem também construir-se histogramas que contém um número de *pixels* que pertencem a *bins* que definem subáreas ou subvolumes do cubo RGB.

Na figura são visíveis três áreas. Mais à esquerda, a imagem original (uma flor roxa), no centro, o histograma de cores segundo as componentes RGB da imagem e por fim, do lado direito é apresentada a distribuição de brilho da imagem com valores desde o preto (em cima) até ao branco (em baixo).

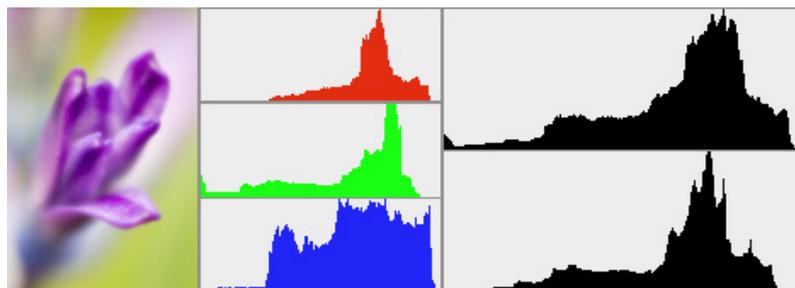


Figura 2.17: Imagem de uma flor roxa com o respectivo histograma de cores e luz. [10]

Conclusões

Neste capítulo apresentou-se o levantamento realizado sobre as tecnologias e RA e aspectos relacionados com a percepção visual.

Este estudo foi uma etapa relevante para o desenvolvimento do trabalho realizado.

Capítulo 3

Adaptação de simbologia

Um dos problemas que ocorrem ao utilizar Realidade Aumentada é a difícil percepção dos símbolos gráficos quando as suas cores são semelhantes à cor do fundo. Uma vez que as imagens capturadas pela câmara podem ser muito diversas, o ideal será adaptar automaticamente os símbolos de forma a tornarem-se mais perceptíveis.

Este trabalho teve como objectivo identificar abordagens para adaptação automática dos símbolos. Para atingir este objectivo realizaram-se as seguintes etapas:

- Levantamento do estado da arte na área da RA, apresentado no capítulo 2;
- Pesquisa e selecção de uma aplicação de domínio público para RA baseada em marcas fiduciais;
- Concretização de um algoritmo para determinar a cor dominante do fundo numa área adjacente à marca fiducial;
- Concretização de formas alternativas de adaptação de símbolos;
- Criação de uma aplicação para ensaio das várias adaptações
- Testes com utilizadores.

Os testes com utilizadores serão descritos no capítulo 4 e apresentam-se as restantes etapas nas secções seguintes.

3.1 Software para Aplicações de Realidade Aumentada

Como já foi mencionado existem duas abordagens distintas para reconhecimento do ambiente de modo a colocar os elementos gráficos na localização correcta: reconhecimento visual do ambiente ou de objectos particulares e a utilização de marcas fiduciais. Neste trabalho optou-se por utilizar uma aplicação baseada em marcas fiduciais, porque é mais simples de usar e perfeitamente adequada ao que se pretende estudar.

Existem no mercado várias bibliotecas de software que foram desenvolvidas para ir ao encontro das necessidades que o ambiente de RA envolve. Estas bibliotecas foram criadas sobretudo por laboratórios universitários. Nesta secção serão apresentadas algumas das bibliotecas, que foram testadas no sistema operativo Windows 7 e usando os ambientes de desenvolvimento Visual Studio 2010, Netbeans 6.9.1 e Eclipse 3.6.1.

A pesquisa efectuada começou por software de análise de imagem, necessário para poder determinar a cor dominante de uma imagem, ou de uma zona específica desta. O uso de bibliotecas de análise de imagem pareceu ser uma escolha natural devido às suas capacidades de obtenção de informação sobre a cor dos vários *pixels* de uma imagem.

- **OpenCV**

A biblioteca OpenCV [13] existe desde 2006, começou por ser criada pela *Intel* [12] e é das bibliotecas de código aberto mais usadas para projectos nesta área (actualmente, a versão em uso é a 2.3). Com ela é possível trabalhar em várias linguagens, tais como C, C++ ou Python, sendo uma biblioteca utilizada para visão por computador (*computer vision*) com mais de 2500 algoritmos de tratamento de imagem.

Tem como vantagens uma grande capacidade de expansão e fácil utilização; mas tem como desvantagem ser de difícil configuração e de requerer a linguagem C para ter o conjunto mais completo de funcionalidades, o que não facilita a criação de interfaces com o utilizador.

Com esta biblioteca é possível realizar a calibração da câmara e um elevado número de operações de manipulação de imagem, tais como, a detecção de pontos, o *tracking*, a detecção de formas (geométricas ou outras), a detecção de movimento e o reconhecimento de objectos.

Contudo, a ligação desta biblioteca com os ambientes de desenvolvimento testados levantou alguns problemas, o que levou à sua exclusão.

- **EmguCV**

A biblioteca EmguCV [9] é um complemento da biblioteca OpenCV escrita inteiramente na linguagem C#. Embora esta biblioteca esteja escrita em C#, funciona em qualquer Sistema Operativo. Esta facilidade de uso torna-se possível através da compilação em *Mono* (Plataforma de desenvolvimento para diferentes tipos de ambientes ou sistemas operativos [16]). É assim possível ter as mesmas funções que a biblioteca OpenCV disponibiliza mas em diferentes linguagens, tais como, C#, VB, VC++, IronPython, entre outras (dentro do âmbito .Net [17]).

Tem ainda como vantagens a existência de um *garbage collector*, um *parser* de imagens para XML [21] e ainda a facilidade de criação de interfaces com o utilizador no ambiente Visual Studio 2010.

Tendo em conta que esta biblioteca fornece as mesmas funcionalidades que a biblioteca OpenCV, as suas possibilidades de utilização são as mesmas. Nas versões mais recentes (de momento a 2.3.0), além do processador central usado nas anteriores, é também usado, quando disponível, um processador gráfico.

Sendo uma biblioteca em .Net, a instalação não é complexa e funciona perfeitamente com o Microsoft Visual Studio 2010, sendo fácil construir interfaces que integrem a imagem captada.

Para testar esta biblioteca, criou-se uma aplicação de teste para a extracção de cores de uma dada imagem, estática ou em movimento. Nesta aplicação, dada uma imagem, é feita a discriminação, em várias janelas, das diferentes componentes RGB dessa imagem, especificando o limiar para o valor de cada componente.

Considerando no entanto o facto de esta biblioteca não ter definida à partida a captura de uma marca fiducial, o que obriga ao reconhecimento de objectos sobre os quais se vão desenhar os elementos gráficos, optou-se por não a utilizar.

- **ARToolKit**

A biblioteca ARToolKit [3] é uma biblioteca de código aberto, suportada pela *ARToolWorks* [11]. Esta biblioteca encontra-se disponível há mais de dez anos e é exclusiva para projectos em RA. A ARToolKit começou com suporte apenas para Windows, no entanto, hoje é possível trabalhar com esta ferramenta e as suas evoluções nas mais variadas plataformas. Começou com o objectivo de solucionar um dos maiores problemas da RA, que é detectar a posição e o ângulo em que o utilizador se encontra em relação ao objecto sobre o qual quer apresentar os símbolos gráficos. A solução apresentada passa pelo uso de marcas fiduciais que permitem colocar os elementos gráficos na posição correcta.

Esta biblioteca tem uma rotina simples para calibração da câmara e usa o OpenGL [14] para apresentação dos símbolos gráficos.

No entanto, em termos de utilização, esta biblioteca apresentou algumas dificuldades ao nível da configuração e ligação com os ambientes de desenvolvimento utilizados, tendo sido por isso excluída.

Mas, sendo uma biblioteca com vários anos de existência, possui variações fiáveis que possibilitam o seu uso noutros ambientes, como é o caso do *NyARToolKit*, que usa a linguagem Java e que a seguir se descreve.

- **NyARToolKit**

A biblioteca NyARToolKit [4] possui as mesmas funcionalidades que a biblioteca base ARToolKit, mas com a variante de ser optimizada para outras linguagens, como Java, possibilitando assim uma maior abrangência de sistemas na qual a sua

utilização é possível. Tem-se como exemplo marcante a actual plataforma em crescimento Android [18]. A portabilidade do código construído com o uso desta biblioteca é considerável, uma vez que usa a linguagem Java permite que qualquer aplicação criada possa ser utilizada em qualquer sistema operativo, *inclusive* em ambientes móveis. Para a versão Java possibilita o desenho de símbolos 3D com o uso de OpenGL ou Java3D (Figura 3.1).

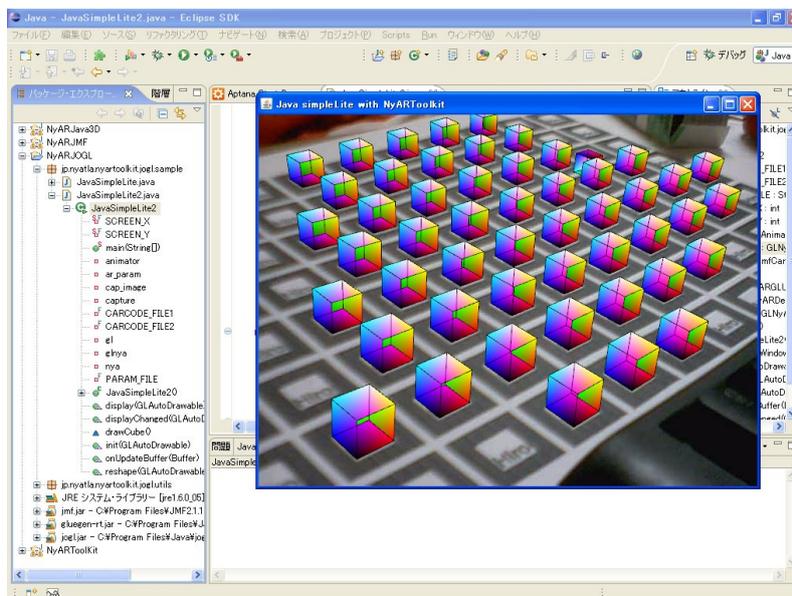


Figura 3.1: Visualização de várias marcas e símbolos com NyARToolKit [4]

A configuração e uso desta biblioteca é complexo, no entanto a sua configuração é bastante mais intuitiva que a da biblioteca ARToolKit. Esta configuração concentra-se em sete passos gerais descritos em [19] o que facilita bastante a instalação da mesma.

A NyARToolKit foi, pela sua facilidade de uso, pelo facto de ser de processamento rápido e numa linguagem de fácil programação, a biblioteca escolhida para a criação do projecto apresentado neste documento.

3.2 Determinação da Cor Dominante da Imagem

Para adaptar as características gráficas e/ou geométricas dos símbolos, de modo a ficarem mais perceptíveis, é necessário analisar qual a cor dominante da imagem ao seu redor. Explica-se em seguida quais os passos seguidos para este efeito que incluem a captura da imagem, varrimento da zona envolvente da marca fiducial e o algoritmo de análise da imagem.

3.2.1 Captura da Imagem

A biblioteca NyARToolKit, como qualquer outra de RA, recebe as imagens captadas por uma câmara de filmar, seja ao vivo seja a partir de filmagens prévias. Para a aplicação criada, foi utilizada uma câmara USB Logitech C310 e usou-se uma interligação com o *Java Media framework* (JMF), configurada através do *JM Studio*. O uso desta *framework* de vídeo traz algumas restrições, como por exemplo a resolução de imagem estar limitada a 640 por 480 *pixels*.

É possível capturar cada imagem que a câmara devolve. Uma imagem é um instante (como que uma foto) extraída de uma dada sequência de vídeo.

A biblioteca NyARToolKit reconhece na imagem marcas fiduciais a que o utilizador pode associar os elementos gráficos a colocar sobre a imagem. A posição e a orientação das marcas visíveis na imagem são detectadas e são devolvidas as informações necessárias ao desenho dos elementos gráficos sobre estas, tais como as coordenadas do centro da marca e dos vértices desta.

Esta biblioteca reconhece marcas quadrangulares com as seguintes características: rebordo preto com um interior que tem um padrão branco e preto. Na Figura 3.2 apresenta-se a marca utilizada neste projecto.

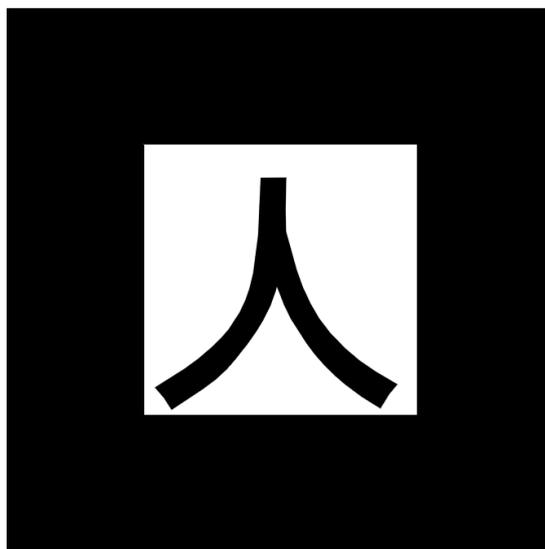


Figura 3.2: Marca Fiducial usada no projecto

3.2.2 Algoritmo de Varrimento

A cor da imagem é analisada na área envolvente da marca fiducial. Esta área é limitada por um quadrado com lados paralelos aos eixos dos XX e dos YY.

Foi criado um algoritmo para gerar a lista dos *pixels* nesta área envolvente cujo tamanho depende de um parâmetro designado por *threshold* de área. $(xMin, yMin)$ e $(xMax, yMax)$ são os cantos opostos da área a varrer.

A marca pode ter ou não os seus lados alinhados com os eixos principais, o que determinará o algoritmo a usar para identificar a lista de *pixels* da imagem que são adjacentes à marca. Considera-se um limiar, d , para distinguir as situações de alinhamento e de não alinhamento com os eixos. Note-se que o sistema de eixos da imagem tem origem no canto superior esquerdo.

Ordenam-se os vértices da marca por ordem crescente da coordenada Y (a coordenada Y cresce de cima para baixo). Sejam (x_0, y_0) , (x_1, y_1) , (x_2, y_2) e (x_3, y_3) os vértices da marca e tais que $y_0 < y_1 < y_2 < y_3$. Se a desigualdade definida em 3.1 se verificar, então a marca considera-se alinhada com os eixos principais, e não alinhada, caso contrário.

$$y_1 - y_0 \leq d \quad (3.1)$$

Os cantos opostos da área a varrer são calculados do seguinte modo:

$x_{\text{Min}} = \min(x_0, x_1, x_2, x_3) - \text{threshold de área}$

$y_{\text{Min}} = y_0 - \text{threshold de área}$

$x_{\text{Max}} = \max(x_0, x_1, x_2, x_3) + \text{threshold de área}$

$y_{\text{Max}} = y_3 + \text{threshold de área}$

Algoritmo para a marca alinhada

Quando a marca está alinhada com os eixos principais, podem ter-se duas situações como as que são ilustradas na Figura 3.3 e na Figura 3.4. De acordo com a ordenação feita segundo a coordenada de Y, consideram-se para extremos opostos da marca os pontos (x_0, y_0) e (x_3, y_3) .

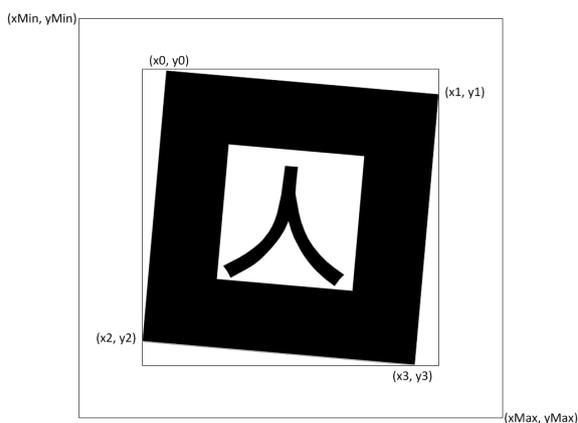


Figura 3.3: Marca considerada alinhada, um pouco inclinada para a direita

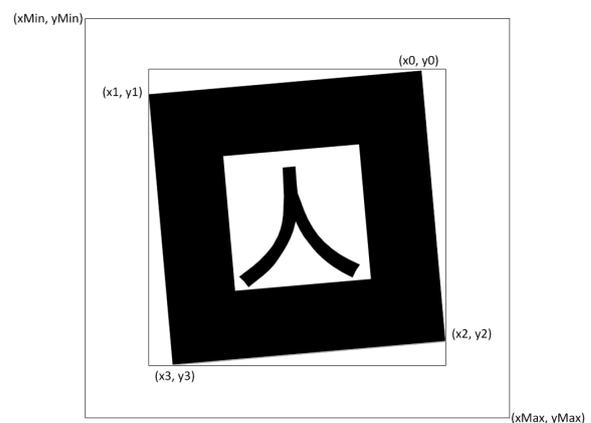


Figura 3.4: Marca considerada alinhada, um pouco inclinada para a esquerda

Como se considera que o declive é reduzido, para simplificar o algoritmo, faz-se o varrimento para os *pixels* exteriores ao quadrado de vértices opostos (x_0, y_0) e (x_3, y_3) e interiores ao quadrado de vértices opostos (x_{Min}, y_{Min}) e (x_{Max}, y_{Max}) .

Tendo em conta que (x_{Min}, y_{Min}) e (x_{Max}, y_{Max}) os vértices opostos da zona envolvente à marca fiducial, os *pixels* a analisar estão contidos em quatro zonas rectangulares exteriores à marca. Para as percorrer, no caso da Figura 3.3 pode-se usar o seguinte algoritmo (em pseudo-código):

```
for (i = xMin; i <= xMax; i++)
{
    for (j = yMin; j <= y0; j++)
        Juntar pixel (i, j) à lista de pixels a analisar
    for (j = y3; j <= yMax; j++)
        Juntar pixel (i, j) à lista de pixels a analisar
}
for (j = y0; j <= y3; j++)
{
    for (i = xMin; i <= x0; i++)
        Juntar pixel (i, j) à lista de pixels a analisar
    for (i = x3; i <= xMax; i++)
        Juntar pixel (i, j) à lista de pixels a analisar
}
```

O caso da Figura 3.4 é análogo, alterando-se apenas, em conformidade, os limites dos dois últimos ciclos.

Algoritmo para a marca não alinhada

No caso da marca não alinhada, à lista de *pixels* calculados pelo algoritmo anterior é necessário juntar os *pixels* das áreas triangulares assinaladas na Figura 3.5 e na Figura 3.6.

Para este efeito é preciso determinar as equações das rectas que contêm os lados da marca.

Para cada uma das áreas T0, T1, T2 e T3 designa-se por m o declive da recta definido por dois vértices adjacentes da marca e por (x_{Esq}, y_{Esq}) e (x_{Dir}, y_{Dir}) os pontos mais à esquerda e à direita da marca, respectivamente.

Atendendo à ordenação considerada em 3.1, para determinar (x_{Esq}, y_{Esq}) e (x_{Dir}, y_{Dir}) é necessário comparar a coordenada x dos pontos (x_1, y_1) e (x_2, y_2) .

Os *pixels* destas áreas T0, T1, T2 e T3 são recolhidos usando o seguinte algoritmo:

Guardar (x_{Esq}, y_{Esq}) e (x_{Dir}, y_{Dir})

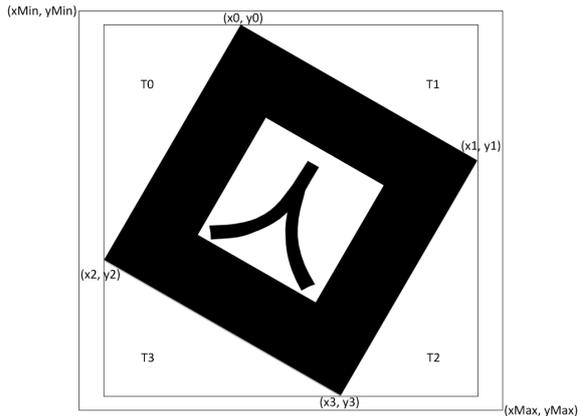


Figura 3.5: Marca considerada não alinhada, inclinada para a direita

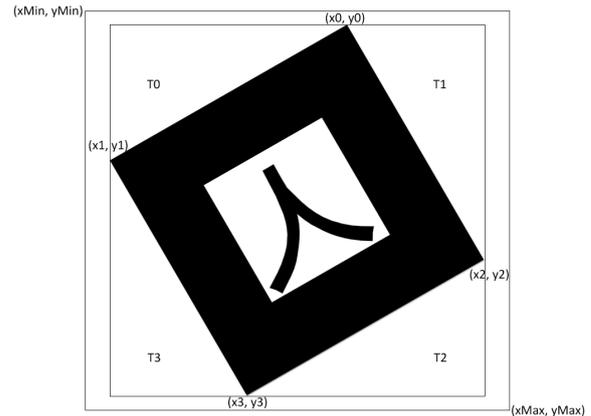


Figura 3.6: Marca considerada não alinhada, inclinada para a esquerda

Se $(x2 < x1)$

$xEsq = x2, yEsq = y2$

$xDir = x1, yDir = y1$

Senão

$xEsq = x1, yEsq = y1$

$xDir = x2, yDir = y2$

Área T0

$m = (yEsq - y0) / (xEsq - x0)$

for $(i = xEsq; i \leq x0; i++)$

for $(j = y0; j \leq m*(i - x0) + y0; j++)$

Juntar pixel (i, j) à lista de pixels a analisar

Área T3

$m = (yEsq - y3) / (xEsq - x3)$

for $(i = xEsq; i \leq x3; i++)$

for $(j = m*(i - x3) + y3; j \leq y3; j++)$

Juntar pixel (i, j) à lista de pixels a analisar

Área T1

$m = (yDir - y0) / (xDir - x0)$

for $(i = x0; i \leq xDir; i++)$

for $(j = y0; j \leq m*(i - x0) + y0; j++)$

Juntar pixel (i, j) à lista de pixels a analisar

Área T2

```

m = (yDir - y3) / (xDir - x3)
for (i = x3; i <= xDir; i++)
    for(j = m*(i - x3) + y3; j <= y3; j++)
        Juntar pixel (i, j) à lista de pixels a analisar

```

3.2.3 Análise de Imagem

Na secção anterior descreveu-se o modo de construção da lista de *pixels* da imagem que são adjacentes à marca fiducial. Nesta secção descreve-se o modo como se obtém a cor dominante dos *pixels* desta lista.

Uma imagem é composta por uma matriz de *pixels*, sendo possível aceder ao valor RGB de cada pixel que é composto por três valores, variando cada um deles entre 0 e 255, que correspondem às cores base vermelho (*Red*), verde (*Green*) e azul (*Blue*). Pretende-se realçar o símbolo na zona da imagem onde este é desenhado, daí o interesse em analisar a zona da imagem adjacente à marca fiducial sobre a qual o símbolo será colocado.

Para determinar a cor dominante optou-se pela seguinte abordagem: dividir o intervalo de variação de cada uma das cores base em subintervalos. O número de subintervalos é um parâmetro que pode ser ajustado. Sendo n o número de subintervalos para cada cor, têm-se n^3 subdivisões do cubo RGB. Designar-se-á cada uma destas subdivisões por microcubo (Figura 3.7), correspondendo a um bin de um histograma de cores (ver capítulo 2).

Para cada um destes microcubos guarda-se o número de *pixels*, adjacentes à marca fiducial, cuja cor pertence ao intervalo de cores que corresponde ao microcubo e a soma de cada componente (vermelha, verde e azul) das cores destes *pixels* para posteriormente calcular a sua média.

Esta informação é armazenada numa matriz multidimensional designada por matrizRGB de dimensões $nR \times nG \times nB \times 4$ em que $nR = nG = nB$ e é igual a n . Cada microcubo é identificado pelos três primeiros índices, designados a seguir por r , g e b da matriz e que variam entre 0 e $n - 1$. Guarda-se para cada microcubo:

- em $matrizRGB[r, g, b, 0]$ o número de *pixels* cuja cor pertence ao microcubo (frequência);
- em $matrizRGB[r, g, b, 1]$ a soma da componente vermelha dos *pixels* cuja cor pertence ao microcubo;
- em $matrizRGB[r, g, b, 2]$ a soma da componente verde dos *pixels* cuja cor pertence ao microcubo;
- e em $matrizRGB[r, g, b, 3]$ a soma da componente azul dos *pixels* cuja cor pertence ao microcubo.

Dada a cor de um *pixel*, para determinar os índices do microcubo a que pertence, usam-se as fórmulas 3.2, 3.3 e 3.4.

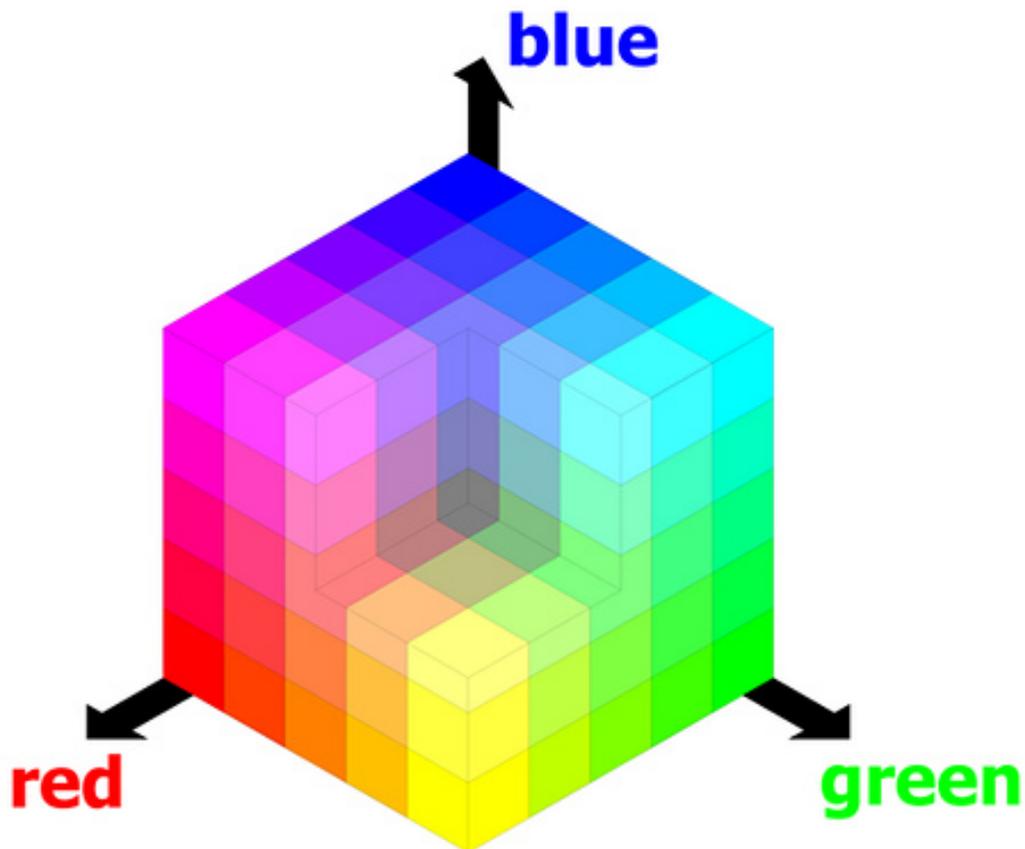


Figura 3.7: Cubo RGB com subdivisões [7]

$$r = \text{Int}\left(\frac{Cr * (n-1)}{255}\right) \quad (3.2) \quad g = \text{Int}\left(\frac{Cg * (n-1)}{255}\right) \quad (3.3) \quad b = \text{Int}\left(\frac{Cb * (n-1)}{255}\right) \quad (3.4)$$

$\text{Int}(x)$ designa a parte inteira de x . Os valores Cr , Cg e Cb correspondem, respectivamente, as componentes vermelha, verde e azul da cor do *pixel*.

No final da análise percorre-se a matriz e verifica-se qual o microcubo com maior frequência. Considera-se que a cor dominante da área varrida é definida pelas três componentes RGB desse microcubo.

Apresentam-se de seguida mais detalhadamente os vários passos do algoritmo, considerando:

- $indR$, $indG$ e $indB$ os índices no microcubo correspondentes às componentes vermelha, verde e azul do *pixel*, respectivamente;
- $pixeisAComparar$ a lista de *pixels* a verificar a que microcubo pertencem;
- $indMaxRed$, $indMaxGreen$, $indMaxBlue$ os índices correspondentes ao microcubo com maior frequência de *pixels*;

- *freqMax* essa mesma frequência;
- *rgbDominante* a cor dominante que resulta desta análise:

Agrupar pixels por microcubos

```
for (i = 0; i < tamanho de pixeisAComparar; i++)
{
    indR = (pixeisAComparar[i]->Vermelho * (subdivisoos - 1)) / 255
    indG = (pixeisAComparar[i]->Verde * (subdivisoos - 1)) / 255
    indB = (pixeisAComparar[i]->Azul * (subdivisoos - 1)) / 255

    matrizRGB[indR][indG][indB][0] ++
    matrizRGB[indR][indG][indB][1] += pixeisAComparar[i]->Vermelho
    matrizRGB[indR][indG][indB][2] += pixeisAComparar[i]->Verde
    matrizRGB[indR][indG][indB][3] += pixeisAComparar[i]->Azul
}
```

Determinar a cor dominante

```
freqMax = 0
for (i = 0; i < n; i++)
{
    for (int j = 0; j < tamanho de n[i]; j++)
    {
        for (int k = 0; k < tamanho de n[i][j]; k++)
        {
            if (matrizRGB[i][j][k][0] > freqMax)
            {
                freqMax = matrizRGB[i][j][k][0];
                indMaxRed = i;
                indMaxGreen = j;
                indMaxBlue = k;
            }
        }
    }
}
```

Devolver cor dominante

```
red = 0, green = 1, blue = 2
rgbDominante[red] =
```

```

(matrizRGB[indMaxRed][indMaxGreen][indMaxBlue][1] /
  matrizRGB[indMaxRed][indMaxGreen][indMaxBlue][0])

rgbDominante[green] =
  (matrizRGB[indMaxRed][indMaxGreen][indMaxBlue][2] /
    matrizRGB[indMaxRed][indMaxGreen][indMaxBlue][0])

rgbDominante[blue] =
  (matrizRGB[indMaxRed][indMaxGreen][indMaxBlue][3] /
    matrizRGB[indMaxRed][indMaxGreen][indMaxBlue][0])

```

3.3 Adaptação dos Símbolos

Consideraram-se várias soluções de adaptação dos símbolos gráficos a sobrepor às marcas. Para ensaiar estas diferentes soluções construiu-se uma aplicação com uma interface que permite variar interactivamente os valores dos parâmetros de cada solução. São explicadas em seguida as soluções propostas, os respectivos parâmetros e a aplicação desenvolvida para ensaiar as várias soluções.

3.3.1 Características a Adaptar nos Símbolos

A um símbolo gráfico que tenha uma cor semelhante ao fundo sobre o qual é desenhado há que aplicar alguma variação que o faça destacar-se o mais possível. Optou-se pela utilização de símbolos com formas geométricas simples (quadrado, triângulo, etc) com fundo liso e com dois caracteres (duas letras ou uma letra e um número, de cor preta). Depois de realizados alguns testes escolheram-se alguns tipos de variações a aplicar aos símbolos: acrescento de um rebordo com variação de tamanho do mesmo, variação do tamanho do símbolo, alteração da cor das letras usadas no símbolo e alteração de tom da cor do símbolo.

Estas adaptações tiveram em atenção a bibliografia consultada. No trabalho de Wolfe e Horowitz [67] refere-se que a cor é uma das características dos objectos que mais chama a atenção. Por este motivo uma adaptação tem a ver com a variação de cor. Outra das características consideradas relevantes por estes autores é a variação de tamanho do símbolo.

O trabalho de Nivala et al. [49] é uma referência em termos de variação do aspecto dos símbolos. Estes autores propõem o uso de símbolos com rebordo para os utilizadores de faixas etárias mais elevadas. Por isso, no que respeita a melhorar a perceptibilidade, um dos aspectos considerados no trabalho desenvolvido foi juntar um rebordo aos símbolos.

Nas adaptações que se propõem optou-se por não fazer alterações muito drásticas ao símbolo para não confundir o utilizador. Por exemplo, se se mudasse a cor do símbolo

para uma cor complementar, o símbolo ficaria mais perceptível, contudo poderia mudar drasticamente o significado que o utilizador lhe atribuía anteriormente [58].

Na abordagem adoptada determina-se qual a cor dominante da imagem que envolve a marca sobre a qual o símbolo vai ser desenhado e a seguir compara-se esta cor com a do símbolo. Esta comparação usa um parâmetro pré-definido que define o limiar de diferença entre o valor das componentes do fundo e os respectivos valores das componentes do símbolo. Caso se verifique que a diferença entre as três componentes do símbolo e as três componentes da imagem, respectivamente, é menor que o parâmetro estabelecido, considera-se que as duas cores são semelhantes e aplica-se o tipo de adaptação escolhido.

Em seguida explicam-se as possíveis adaptações a aplicar ao símbolo.

Acresento de um rebordo ao símbolo

Aos símbolos desenhados pode acrescentar-se um rebordo, cuja espessura é ajustável.

Alteração da cor do rebordo

A cor do rebordo pode ser branca ou preta, em alternativa.

Alteração de tamanho do símbolo

É também possível aumentar o tamanho do símbolo, tamanho esse igualmente ajustável na interface.

Alteração da cor das letras do símbolo

A cor das letras do símbolo pode ser branca ou cor preta, em alternativa.

Alteração do tom do símbolo

Caso a variação escolhida seja a alteração do tom, aplica-se um algoritmo que vai verificar qual ou quais a(s) componente(s) dominante(s) da cor do símbolo. O objectivo é alterar a componente, ou componentes, dominantes na cor. Para determinar qual a componente dominante é usado um parâmetro pré-definido, designado por *diferençaCorSímbolo*. Uma componente é dominante sobre outra se a diferença entre os seus valores for maior que *diferençaCorSímbolo*. Duas componentes são semelhantes entre si se a diferença dos seus valores é menor que *diferençaCorSímbolo*.

A verificação de dominância é feita da seguinte maneira:

Começa-se por analisar cada componente individualmente. A componente Vermelho (*Red*) é dominante sobre a componente Verde (*Green*) e sobre a componente Azul (*Blue*) se a diferença de valor entre Vermelho e Verde e a diferença de valor entre Vermelho e Azul são maiores que o *diferençaCorSímbolo*. Caso isto não se verifique o processo é repetido para as restantes componentes.

Caso nenhuma componente seja individualmente dominante sobre as outras, passa-se a averiguar se duas componentes semelhantes entre si são dominantes em relação a uma terceira.

Se os dois casos gerais acima descritos não se confirmarem é porque nenhuma componente do símbolo é dominante. Logo, são ajustadas as três componentes que constituem a cor.

A variação de cor a aplicar à(s) componente(s) dominante(s) depende do valor atribuído a um parâmetro (designado por amplitude) que é somado ou subtraído ao valor da componente. Tendo em conta que o valor de uma componente varia entre 0 e 255, se ao somar o valor da amplitude a uma componente, esta ultrapassar o valor máximo, subtrai-se o valor da amplitude às componentes a alterar. Deste modo, garante-se que a variação do tom é feita dentro da amplitude de variação definida, ou para mais escuro, ou para mais claro.

É de notar que estas opções são exclusivas, ou seja, apenas pode ser seleccionada uma de cada vez.

3.3.2 Aplicação para Ensaio dos Parâmetros de Adaptação dos Símbolos

Para testar as características a alterar nos símbolos foi criada uma aplicação que implementa os algoritmos explicados anteriormente e que permite a visualização das diferentes adaptações a um símbolo para que se torne o mais perceptível possível. Com esta aplicação é possível ensaiar os valores a atribuir aos parâmetros que foram identificados para realizar a adaptação de simbologia.

Para a criação desta aplicação, foram feitos os levantamentos dos requisitos funcionais e estruturais dos parâmetros necessários ao funcionamento da mesma (Apêndice B). O diagrama de classes da aplicação é apresentado no Apêndice C

Ao executar a aplicação abre-se uma janela no ecrã que mostra a imagem captada pela câmara do computador. Se for colocada no campo de visão da câmara a marca fiducial definida para esta aplicação, é desenhado sobre essa o símbolo previamente definido com a adaptação seleccionada.

Recorrendo a esta aplicação foi possível criar algumas situações que testam o problema apresentado e visualizar algumas das suas possíveis soluções.

Em seguida, apresentam-se a interface que permite uma alteração dinâmica dos parâmetros de adaptação dos símbolos, a janela com informação sobre as cores de fundo e do símbolo visíveis na imagem e o ficheiro de configuração inicial.

Explicação da interface

A interface desta aplicação permite alterar o tipo de símbolos usados e os parâmetros que controlam o seu aspecto final. Esta, tem três zonas (Figura 3.8): mais à esquerda encontra-se a zona de alteração dos valores dos parâmetros; ao centro é possível seleccio-

nar o formato do símbolo e à direita encontram-se opções de variação do aspecto final do símbolo.

Na zona de alteração dos valores dos parâmetros são usadas barras de deslocamento (*sliders*) para seleccionar um valor num intervalo previamente definido. Os parâmetros são os seguinte:

- Cores *Threshold* que é o limiar usado para decidir se a cor do símbolo é ou não semelhante à área envolvente na imagem;
- Cores Símbolo *Threshold* que é o limiar que define qual ou quais a(s) componente(s) dominante(s) de um símbolo;
- Área *Threshold* que é o limiar usado para definir a área envolvente da marca;
- Declive *Threshold* que é o limiar usado para determinar se a marca está ou não alinhada com os eixos principais;
- Amplitude que é o valor usado para alterar a(s) componente(s) dominante(s) do símbolo (como já referido anteriormente este valor é somado ou subtraído à(s) componente(s));
- Tamanho do símbolo (em milímetros);
- Espessura do rebordo do símbolo (em milímetros).

Na zona central da interface é possível alterar o formato do símbolo desenhado. Este pode ser: cubo, quadrado, triângulo, círculo e pentágono. A principal função do cubo é a visualização de um objecto 3D.

Na zona direita são definidas cinco opções de adaptação do símbolo caso a cor deste seja semelhante à cor do fundo. Pode obter-se por manter o símbolo base ou podem efectuar-se as seguintes alterações: variação do tom da cor do símbolo, acrescento de rebordo branco ou preto, aumento de tamanho do símbolo e alteração da cor da letra para branco.

Com as opções acrescento de rebordo ou aumento de tamanho de símbolo activas é possível, recorrendo ao uso das barras de deslocamento que controlam o intervalo de variação destas características, aumentar ou diminuir o tamanho do símbolo e a espessura do rebordo, respectivamente.

Existe ainda a possibilidade de serem guardados os parâmetros acima definidos (parâmetros estes alterados durante o decorrer do programa). Para usufruir desta possibilidade utiliza-se o botão "Gravar Configuração".

Recorrendo à opção Menu (Figura 3.9) é possível escolher um entre oito símbolos identificados por C1, C2,..., C8. Cada símbolo tem uma cor distinta (C1 é vermelho, C2 é verde, ...). Estas cores podem ser configuráveis, como se verá adiante.

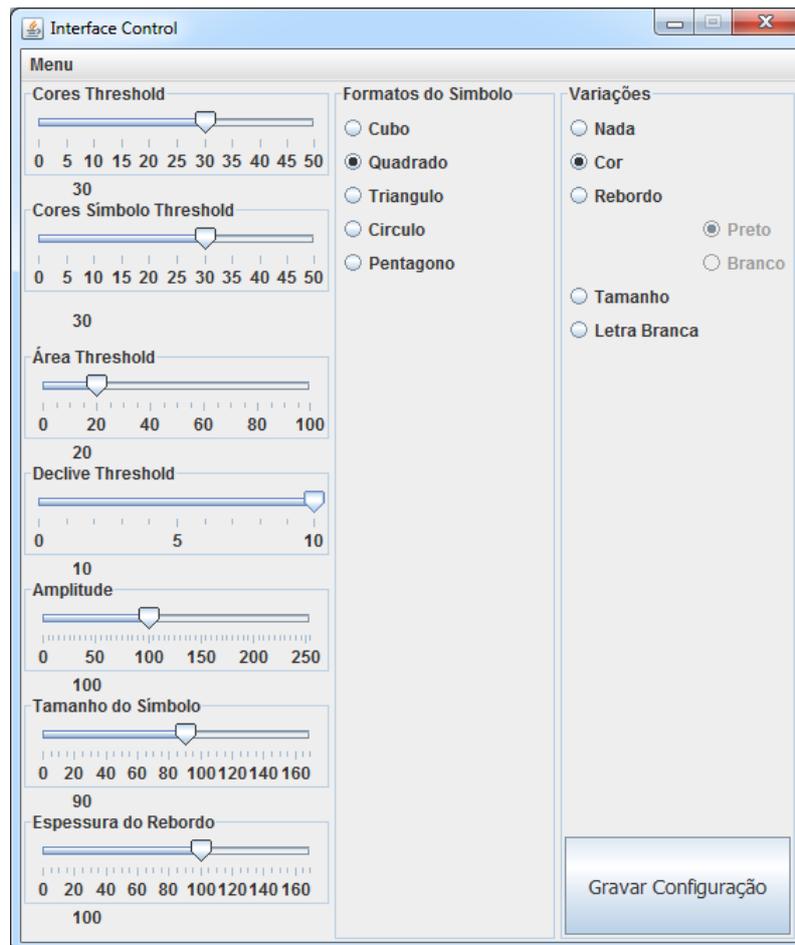


Figura 3.8: Interface da aplicação construída

Informações sobre a cor dominante do fundo e do símbolo

O programa cria também uma janela de output onde são escritas as componentes RGB da cor do fundo, da cor seleccionada para o símbolo e da cor em que o símbolo é desenhado (Figura 3.10). Se não estiver activada a adaptação de cor do símbolo, a cor seleccionada e a cor do desenho coincidem.

Esta informação permite ao utilizador modificar os valores pré-definidos para a cor do símbolo e ensaiar várias soluções.

Inicialização de parâmetros através de um ficheiro de configuração

Os valores iniciais dos parâmetros podem ser definidos previamente, num ficheiro XML [21], agrupados por tipo de parâmetro. Estes parâmetros, já explicados anteriormente são os seguintes: número de sub-divisões, amplitude (aumento ou decréscimo da(s) componentes do símbolo), *thresholds* de ajuda à análise da imagem e apresentação do símbolo, como a variância da diferença de cor na comparação de cor do fundo e da diferença de cor na comparação de cor do símbolo. Também o *threshold* que define o número de *pixels* à

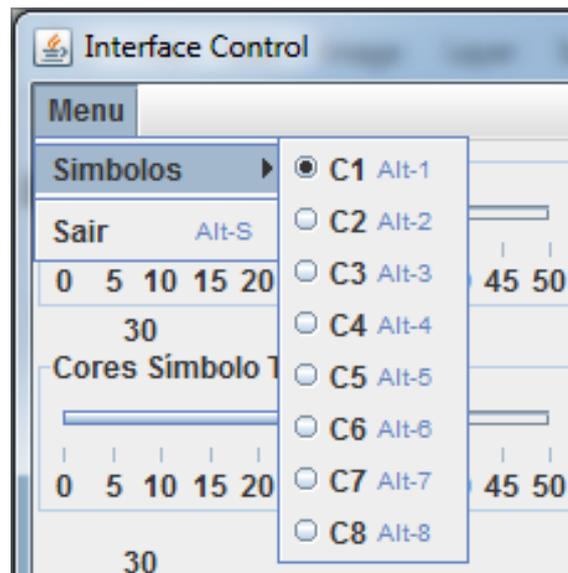


Figura 3.9: Interface com pormenor do menu de escolha dos símbolos com diferente cor

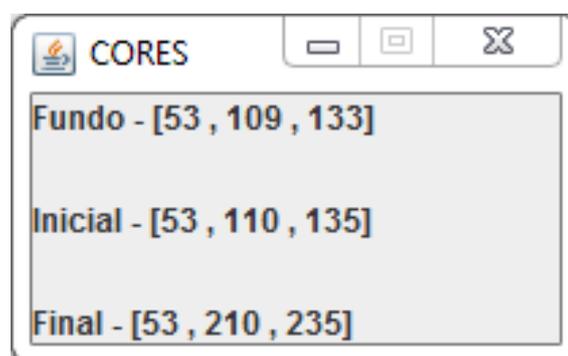


Figura 3.10: Interface detalhes da cor de fundo, cor do símbolo original e cor do símbolo final

volta da marca que deve ser varrida para comparar a cor dos mesmos e também o que define a partir de que diferença de coordenadas, em altura, é que uma marca detectada está inclinada para incluir também os *pixels* junto a esta como explicado anteriormente. Este ficheiro inclui também os parâmetros que definem o tamanho do símbolo a apresentar e do seu rebordo. Após isto juntou-se ao ficheiro um conjunto de símbolos pré-definidos (cubo, quadrado, triângulo, círculo ou pentágono) a que estão associadas cores específicas (C1, C2,..., C8) e a adaptação a aplicar.

Na mesma interface, é possível, em qualquer altura, guardar para um ficheiro XML (através do botão "Gravar Configuração"), no mesmo formato, os parâmetros actuais definidos na mesma.

A Figura 3.11 mostra um exemplo de ficheiro XML usado nesta aplicação.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<parameterConfigs>
  <!--Ficheiro de configuracoes-->
  <!--Numero de tons (Unidades)-->
  <subdivisions>4</subdivisions>
  <!--Aumento (ou decrémento) da(s) componentes do si'mbolo (Unidades)-->
  <amplitude>100</amplitude>
  <!--Thresholds para tratamento de cor da imagem (Unidades)-->
  <thresholds>
    <!--Threshold de diferenca de cor na comparacao de cor do fundo-->
    <thresholdBackgroundColor>30</thresholdBackgroundColor>
    <!--Threshold de diferenca de cor na comparacao de cor do si'mbolo-->
    <thresholdSymbolColor>30</thresholdSymbolColor>
    <!--A'rea de pixeis 'a volta da marca para verificar cor dominante-->
    <thresholdArea>20</thresholdArea>
    <!--Threshold que define o momento em que a marca esta'-->
    <!-- inclinada perante a camara-->
    <declivityThreshold>10</declivityThreshold>
  </thresholds>
  <!--Dimensoes do si'mbolo e do seu rebordo (Unidades, tamanho visualizado por mm)-->
  <dimensions>
    <!--Tamanho do si'mbolo-->
    <symbolDimension>90</symbolDimension>
    <!--Tamanho do rebordo do si'mbolo-->
    <outlineDimension>100</outlineDimension>
  </dimensions>
  <!--Escolhas do si'mbolo a apresentar, de formato deste-->
  <!-- e a variacao a aplicar caso a cor do mesmo seja parecida com o fundo-->
  <opcodes>
    <!--Si'mbolo escolhido (1 - C1, 2 - C2, 3 - C3, 4 - C4, 5 - C5, 6 - C6, 7 - C7, 8 - C8)-->
    <symbolChosen>1</symbolChosen>
    <!--Tipo de Simbolo escolhido (0 - Cubo, 1 - Quadrado, 2 - Triangulo, 3 - Circulo, 4 - Pentagono)-->
    <symbolFormat>1</symbolFormat>
    <!--Variacao a aplicar escolhida (0 - Nada, 1 - Cor, 2 - Rebordo, 3 - Tamanho, 4 - Letra Branca)-->
    <variation>1</variation>
    <!--Cor do rebordo do si'mbolo (0 - Preto, 1 - Branco)-->
    <borderColor>0</borderColor>
  </opcodes>
  <!--Cor de si'mbolo possi'vel de escolher (em RGB entre 0 e 255)-->
  <colors>
    <C1>53,110,135</C1>
    <C2>0,255,0</C2>
    <C3>255,255,0</C3>
    <C4>255,0,255</C4>
    <C5>0,255,255</C5>
    <C6>255,123,0</C6>
    <C7>255,255,255</C7>
    <C8>255,255,123</C8>
  </colors>
</parameterConfigs>

```

Figura 3.11: Exemplo de um ficheiro XML de configuração de parâmetros

3.3.3 Exemplos de adaptação dos símbolos

Apresentam-se em seguida alguns exemplos que o protótipo criado possibilita, com diferentes ensaios dos parâmetros de adaptação.

Procedeu-se à captura de uma imagem com uma marca fiducial sobre a qual se pretende desenhar um símbolo gráfico.

O símbolo tem forma, cor e dimensão pré-definidos e o objectivo é fazer variar automaticamente o seu aspecto, em função da adaptação seleccionada através da interface da aplicação, quando a sua cor é semelhante com a cor dominante do fundo.

Concretizaram-se quatro alterações possíveis para o aspecto do símbolo: troca de tom da cor (caso a cor de fundo seja escura, o símbolo fica claro e vice-versa), o acrescento de

um rebordo, o aumento de tamanho ou a alteração da cor das letras do símbolo com cor preta ou branca.

O protótipo permite testar várias situações em vários contextos, com diferentes cores de fundo. De seguida é apresentado um caso que reflecte o problema apresentado e suas possíveis adaptações.

Através da interface é possível escolher a variação a aplicar ao símbolo e assim gerar diferentes testes de escolha por parte dos utilizadores.

Na Figura 3.12 apresenta-se a marca usada para a análise da imagem circundante e posterior desenho do símbolo gráfico.

Na Figura 3.13 apresenta-se o símbolo base a que foi atribuído a cor $R = 53$, $G = 110$ e $B = 135$, semelhante à cor de fundo $R = 53$, $G = 109$ e $B = 133$. Na Figura 3.14 mostra-se a adaptação da cor do símbolo para $R = 157$, $G = 150$ e $B = 151$ através do parâmetro amplitude explicado na subsecção anterior.

A Figura 3.15 mostra a variação de tamanho do símbolo.

A Figura 3.16 mostra a adaptação através da inclusão de um rebordo preto enquanto que a Figura 3.17 mostra a adaptação através da inclusão de um rebordo branco. A cor e a espessura deste rebordo foram escolhidos pela selecção na interface do rebordo preto e de ajustamento do parâmetro .

O resultado de alterar a cor das letras é apresentado na Figura 3.18.

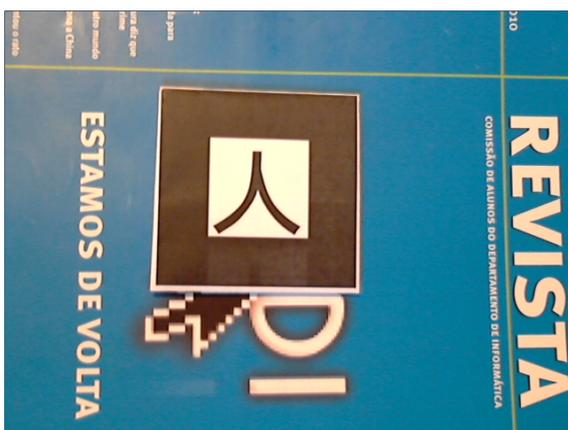


Figura 3.12: Marca visível sem símbolo desenhado

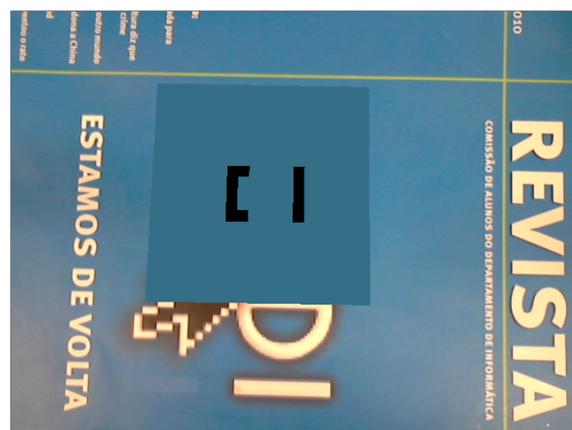


Figura 3.13: Símbolo sem nenhuma variação aplicada

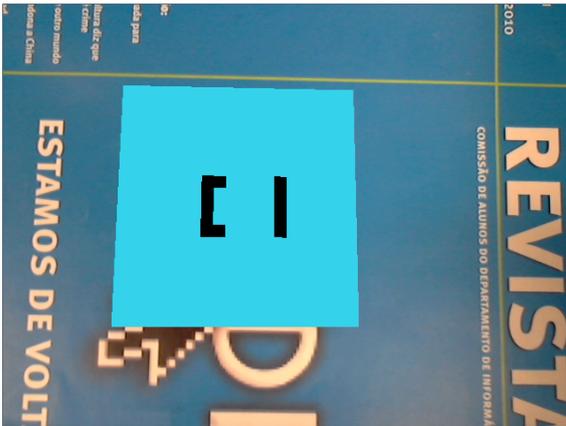


Figura 3.14: Variação de cor aplicada ao símbolo

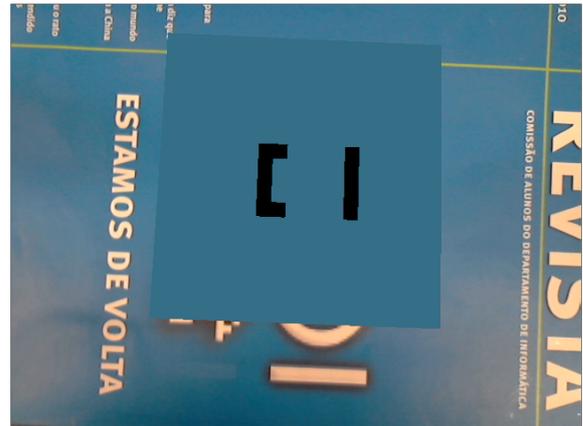


Figura 3.15: Aumento de tamanho do símbolo

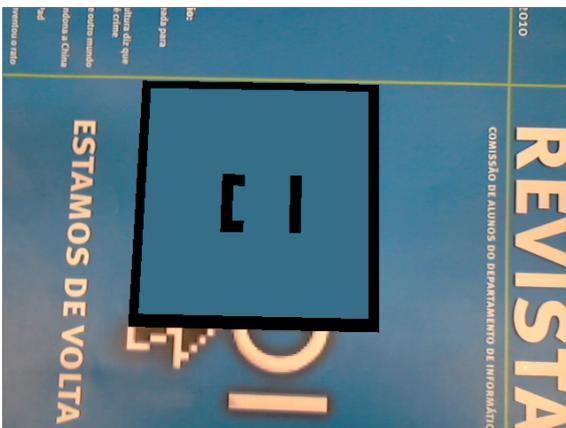


Figura 3.16: Acrescento de rebordo de cor preta ao símbolo

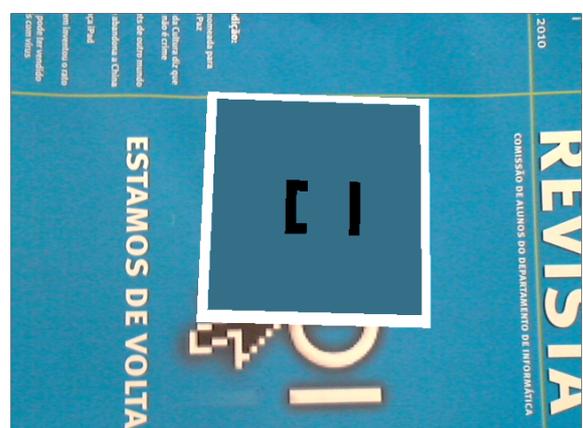


Figura 3.17: Acrescento de rebordo de cor branca ao símbolo

3.4 Conclusões

Neste capítulo foi apresentado o trabalho desenvolvido para criar um conjunto de propostas de adaptação de símbolos e a aplicação desenvolvida para o seu ensaio. Apresentou-se o *software* que permitiu a criação da aplicação de ensaio das soluções propostas. Explicaram-se os algoritmos utilizados para o varrimento da área adjacente à marca fiducial e para verificação da cor dominante nessa área.

De seguida, descreveram-se as variações a aplicar ao símbolo, caso este tenha uma cor semelhante com a imagem e a aplicação para testar as alterações do símbolo.

A aplicação criada, serve para ensaio dos parâmetros de adaptação dos símbolos apresentados e possibilita, através de uma interface de controlo, a criação de testes e simulação de contextos de aplicações RA. Foram apresentados exemplos das possibilidades desta aplicação.

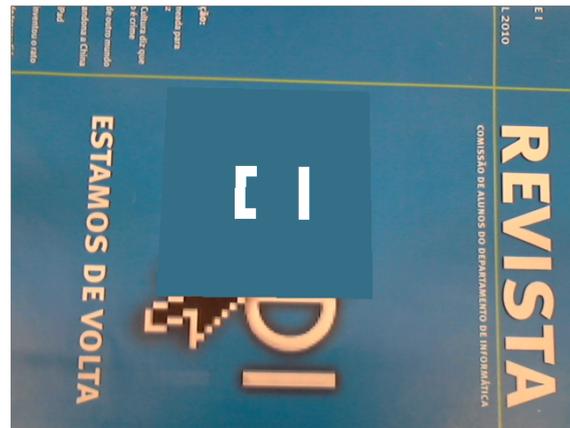


Figura 3.18: Alteração da cor das letras para branco

No capítulo seguinte apresentam-se os testes realizados com voluntários, que visaram verificar as melhores adaptações a aplicar aos símbolos quando estes têm uma cor semelhante à da imagem.

Capítulo 4

Testes com utilizadores

Como já foi referido, um dos problemas de RA é o de, por vezes, alguns símbolos gráficos poderem ter uma cor parecida com o fundo em que são inseridos e tornarem-se imperceptíveis. Para tentar resolver este problema apresentaram-se no capítulo anterior algumas propostas para adaptação dos símbolos de forma a tornarem-se mais perceptíveis.

Neste capítulo descrevem-se os testes realizados com utilizadores para avaliar se as adaptações propostas são perceptíveis sem confundir os utilizadores e qual ou quais as adaptações mais eficazes.

Apresentam-se em seguida as hipóteses a testar, os testes concebidos, os objectivos de cada teste, o procedimento para a realização dos testes e os resultados obtidos.

4.1 Hipóteses a testar

As propostas de adaptação apresentadas no capítulo 3 tiveram em atenção que as alterações a efectuar não devem modificar exageradamente os símbolos para não interferir na interpretação que o utilizador faz desses símbolos.

No estudo que a seguir se descreve, pretendem-se avaliar quatro formas de adaptação que alteram ligeiramente os símbolos.

Consideraram-se como hipóteses a testar no estudo que as seguintes adaptações melhoram a percepção dos símbolos:

1. Alteração do tom do símbolo

Considerou-se que quando a cor do fundo é clara se deve tornar o símbolo mais escuro e, reciprocamente, quando a cor do fundo é escura, o símbolo deverá ficar mais claro.

2. Acrescentar um rebordo ao símbolo

Considerou-se que quando a cor do fundo é clara se deve juntar um rebordo preto e, inversamente, quando a cor do fundo é escura se deve juntar um rebordo branco.

3. Variação do tamanho do símbolo

Considerou-se que aumentar a dimensão do símbolo o torna mais perceptível.

4. Alteração da cor das letras

Considerou-se que se a cor do símbolo é escura se devem colocar letras brancas neste e que quando a cor do símbolo é clara, essas letras devem ser pretas.

4.2 Concepção dos testes

Para que todos os utilizadores realizassem os mesmos testes, nas mesmas condições, não criando adulteração do resultado devido a diferentes contextos onde tenham sido efectuados, os testes foram efectuados recorrendo a imagens estáticas (fotografias de ambientes reais), simulando as adaptações testadas na aplicação de ensaio.

Pretendem-se simular a colocação de símbolos identificando pontos de interesse numa paisagem. Consideraram-se por isso símbolos quadrados com cor uniforme e com dois caracteres sobrepostos, duas letras ou uma letra e um algarismo, de cor preta.

Em cada imagem designam-se por símbolos base os símbolos com cor semelhante à cor dominante do fundo da fotografia e que correspondem aos símbolos sem adaptação.

Atendendo à dimensão do ecrã que foi usado para a realização dos testes (ver descrição do equipamento usado na secção 4.4) em cada fotografia colocaram-se treze símbolos. O número de símbolos colocados em cada fotografia foi testado informalmente com os elementos da equipa do projecto. Concluiu-se que treze símbolos seria um número adequado porque não sobrecarrega a imagem e por outro lado, não são todos perceptíveis de imediato.

Para diversificar os testes foram usados três tipos de fotografias que se designaram por:

- Homogéneas escuras

Imagem com um tom predominantemente escuro (Figura 4.1), em que foram usados símbolos base escuros;

- Homogéneas claras

Imagem com um tom predominantemente claro (Figura 4.2), em que foram usados símbolos base claros;

- Heterogéneas

Imagem com zonas claras e outras escuras (Figura 4.3), em que foram usados símbolos base de cor semelhante à cor dominante da imagem.



Figura 4.1: Exemplo de uma fotografia predominantemente escura



Figura 4.2: Exemplo de uma fotografia predominantemente clara



Figura 4.3: Exemplo de uma fotografia com tons claros e escuros

Para as várias adaptações usaram-se fotografias dos diferentes tipos.

Dividiram-se os testes em cinco blocos perfazendo um total de vinte e duas imagens. Os blocos designados por A, B, C e D avaliaram, respectivamente, a colocação de rebordo, a variação de tamanho, a adaptação de cor do símbolo e a alteração de cor dos caracteres. No bloco E misturaram-se símbolos com diferentes formas de adaptação.

Em cada bloco mostraram-se sucessivamente ao utilizador imagens apenas com o símbolo base e imagens em que se misturam o símbolo base com símbolos adaptados. Esta mistura de tipos de símbolos teve por objectivo avaliar se o participante no estudo prefere o símbolo base ou a adaptação e no caso de haver mais do que uma adaptação, qual das adaptações prefere.

A disposição dos símbolos variou de imagem para imagem para evitar que o utilizador memorizasse as localizações dos símbolos e os reconhecesse mais rapidamente em visualizações sucessivas.

Apresentaram-se aos utilizadores os quatro primeiros blocos de teste por ordem diferente para que o resultado final não prejudicasse sistematicamente a(s) mesma(s) adaptação(ões) ou por cansaço do utilizador ou por desconhecimento ou por aprendizagem do processo.

Cada teste consistiu em mostrar uma imagem ao utilizador. Em alguns testes pediu-se ao utilizador para contar os símbolos que distinguiu na imagem. Deu-se um tempo limite de oito segundos para fazer essa contagem. Este limite de tempo para contagem de símbolos foi estipulado após testes informais com elementos da equipa do projecto. Considerou-se que oito segundos seria o tempo adequado para que os utilizadores conseguissem contar os símbolos, de modo a que, por um lado os utilizadores não se sentissem

frustrados por não conseguirem contar todos os símbolos que estavam a ver e por outro lado, não tivessem tempo excessivo que lhes permitisse encontrar sempre todos os símbolos.

Noutros testes, posteriormente à contagem, mostrou-se novamente a imagem e perguntou-se ao utilizador qual o símbolo que considerava melhor.

As respostas dos utilizadores foram registadas numa folha de inquérito (ver apêndice A).

Na secção seguinte descrevem-se com mais detalhe os vários testes efectuados.

4.3 Descrição dos testes

Nesta secção descrevem-se os objectivos e os detalhes de cada bloco de testes realizado. As imagens usadas apresentam-se no apêndice D.

4.3.1 Bloco A - Aumento de rebordo

O objectivo deste bloco é o de verificar se o aumento de um rebordo ao símbolo (neste caso com uma espessura de 10 *pixels*) provoca alguma melhoria em termos de visualização e percepção do símbolo em comparação com o símbolo base.

Neste bloco foram realizados seis testes.

Teste 1 e Teste 2

Nos testes 1 e 2 foi utilizada uma fotografia classificada como homogénea escura.

No teste 1 (Figura D.1) usaram-se símbolos base e pediu-se ao participante para contar o número de símbolos.

No teste 2 (Figura D.2) usaram-se três tipos de símbolos, os símbolos base, símbolos com rebordo preto e símbolos com rebordo branco. Foi pedido ao participante para contar quantos símbolos via. Posteriormente mostrou-se novamente a imagem e pediu-se ao participante que indicasse qual o símbolo que considerava mais visível.

O objectivo é tentar identificar se há preferência pelo símbolo base ou pelo símbolo adaptado.

Teste 3 e Teste 4

Nos testes 3 e 4 foi utilizada uma fotografia classificada como homogénea clara.

No teste 3 (Figura D.3) usaram-se símbolos base e pediu-se ao participante para contar o número de símbolos.

No teste 4 (Figura D.4) usaram-se três tipos de símbolos, os símbolos base, símbolos com rebordo preto e símbolos com rebordo branco. Foi pedido ao participante para contar

quantos símbolos via. Posteriormente mostrou-se novamente a imagem e pediu-se ao participante que indicasse qual o símbolo que considerava mais visível.

O objectivo é tentar identificar se há preferência pelo símbolo base ou pelo símbolo adaptado.

Teste 5 e Teste 6

Nestes testes procurou-se perceber se o acrescento de um rebordo aos símbolos os torna mais perceptíveis quando estes estão dispostos numa imagem heterogénea. Para estas imagens, não foram apresentados símbolos base pois o objectivo era perceber qual a cor do rebordo que torna o símbolo mais perceptível. Assim, no teste 5 (Figura D.5) foram dispostos os símbolos todos com rebordo branco e pedido ao participante quantos símbolos contava. De maneira análoga, foi realizado o teste 6 (Figura D.6), mas com símbolos com rebordo preto.

4.3.2 Bloco B - Variação do tamanho

O objectivo deste bloco é o de verificar se o aumento de tamanho do símbolo (neste caso de 50%) provoca alguma melhoria em termos de visualização e percepção do mesmo símbolo em comparação com o símbolo base.

Neste bloco foram realizados cinco testes.

Teste 7 e Teste 8

Nos testes 7 e 8 foi utilizada uma fotografia classificada como homogénea escura.

No teste 7 (Figura D.7) usaram-se símbolos base e pediu-se ao participante para contar o número de símbolos.

No teste 8 (Figura D.8) usaram-se dois tipos de símbolos, os símbolos base e símbolos aumentados 50%. Foi pedido ao participante para contar quantos símbolos via. Posteriormente mostrou-se novamente a imagem e pediu-se ao participante que indicasse qual o símbolo que considerava mais visível.

O objectivo é tentar identificar se há preferência pelo símbolo base ou pelo símbolo adaptado.

Teste 9 e Teste 10

Nos testes 9 e 10 foi utilizada uma fotografia classificada como homogénea clara.

No teste 9 (Figura D.9) usaram-se símbolos base e pediu-se ao participante para contar o número de símbolos.

No teste 10 (Figura D.10) usaram-se dois tipos de símbolos, os símbolos base e símbolos aumentados 50%. Foi pedido ao participante para contar quantos símbolos via. Posteri-

ormente mostrou-se novamente a imagem e pediu-se ao participante que indicasse qual o símbolo que considerava mais visível.

O objectivo é tentar identificar se há preferência pelo símbolo base ou pelo símbolo adaptado.

Teste 11

Neste teste foi utilizada uma fotografia classificada como heterogénea.

Para esta imagem, foram utilizados dois tipos de símbolos, símbolos base e símbolos aumentados 50% (Figura D.11). Foram colocados em zonas claras e escuras e pediu-se ao participante para contar o número de símbolos.

Posteriormente mostrou-se novamente a imagem e pediu-se ao participante que indicasse qual o símbolo que considerava mais visível.

O objectivo é tentar perceber se a variação de tamanho é percebida nas duas zonas.

4.3.3 Bloco C - Adaptação da cor

O objectivo deste bloco é o de verificar se a variação de tom de cor do símbolo provoca alguma melhoria em termos de visualização e percepção do mesmo símbolo em comparação com o símbolo base.

Neste bloco foram realizados seis testes.

Teste 12 e Teste 13

Nos testes 12 e 13 foi utilizada uma fotografia classificada como homogénea escura.

No teste 12 (Figura D.12) usaram-se símbolos base e pediu-se ao participante para contar o número de símbolos.

No teste 13 (Figura D.13) usaram-se três tipos de símbolos, os símbolos base, símbolos com valor da(s) componente(s) RGB dominante(s) incrementado 50 unidades que se designam por símbolos claro+ e símbolos mais claros ainda, em que o incremento foi de 100 unidades, que se designam por claro++. Foi pedido ao participante para contar quantos símbolos via. Posteriormente mostrou-se novamente a imagem e pediu-se ao participante que indicasse qual o símbolo que considerava mais perceptível.

O objectivo é tentar identificar se há preferência pelo símbolo base ou pelos símbolos adaptados e, no segundo caso, qual das adaptações prefere.

Teste 14 e Teste 15

Nos testes 14 e 15 foi utilizada uma fotografia classificada como homogénea clara.

No teste 14 (Figura D.14) usaram-se símbolos base e pediu-se ao participante para contar o número de símbolos.

No teste 15 (Figura D.15) usaram-se três tipos de símbolos, os símbolos base, símbolos com valor da(s) componente(s) RGB dominante(s) decrementado 50 unidades que se designam por símbolos escuro+ e símbolos mais escuros ainda, em que o decremento foi de 100 unidades, que se designam por escuro++. Foi pedido ao participante para contar quantos símbolos via. Posteriormente mostrou-se novamente a imagem e pediu-se ao participante que indicasse qual o símbolo que considerava mais perceptível.

O objectivo é tentar identificar se há preferência pelo símbolo base ou pelos símbolos adaptados e, no segundo caso, qual das adaptações prefere.

Teste 16 e Teste 17

Nos testes 16 e 17 foi usada uma fotografia classificada como heterogénea.

Escolheu-se para cor do símbolo base a cor dominante do fundo. Como a imagem é heterogénea, em algumas zonas este símbolo base não se confunde com o fundo.

No teste 16 (Figura D.16) usaram-se símbolos base e pediu-se ao participante para contar o número de símbolos.

No teste 17 (Figura D.17), sobre a mesma fotografia são apresentados três tipos de símbolos: símbolos base, símbolos claro+ e símbolos claro++. Neste caso, para manter a coerência do algoritmo de adaptação automática de cor, apenas os símbolos cuja cor é semelhante à cor do fundo na zona onde estão colocados são alterados. Os restantes mantêm a sua cor base.

Neste teste perguntou-se, além da contagem dos símbolos, qual o símbolo que o participante distinguia melhor.

4.3.4 Bloco D - Variação da cor dos caracteres

O objectivo deste bloco é o de verificar se a alteração de cor dos caracteres do símbolo (neste caso para branco) provoca alguma melhoria em termos de visualização e percepção do mesmo símbolo em comparação com ter apenas o símbolo base.

Neste bloco foram realizado dois testes. Apenas se considerou o caso de fotografia homogénea escura, em que os símbolos base são escuros mas em que é possível distinguir os caracteres pretos. A adaptação realizada consistiu em mudar a cor dos caracteres para branco.

Não se considerou a utilização de fotografias claras porque, se uma fotografia é clara, um símbolo que se confunde com o fundo será claro. Mas com um símbolo claro não faz sentido ter letras brancas porque isso originaria um símbolo desadequado.

Teste 18 e Teste 19

No teste 18 (Figura D.18) usaram-se símbolos base e pediu-se ao participante para contar o número de símbolos.

No teste 19 (Figura D.19) usaram-se dois tipos de símbolos, os símbolos base com letras pretas e símbolos com letras brancas. Foi pedido ao participante para contar quantos símbolos via. Posteriormente mostrou-se novamente a imagem e pediu-se ao participante que indicasse qual o símbolo que considerava mais perceptível.

O objectivo é tentar identificar se há preferência pelo símbolo base ou pelos símbolos adaptados.

4.3.5 Bloco E - Combinação das várias adaptações

O objectivo deste bloco é o de verificar quais as alterações que foram testadas nos blocos anteriores funcionam melhor em termos de ambientes de RA. Para isso, todas as variações anteriores foram introduzidas em cada teste deste bloco excepto a alteração dos caracteres do símbolo para branco. Para manter a coerência com a abordagem usada no bloco D, esta última alteração está presente apenas no teste 20 em que se usa uma imagem homogénea escura.

Neste bloco foram realizados três testes.

Teste 20

No teste 20 foi usada uma fotografia classificada como homogénea escura.

Foram utilizados símbolos base e todas as outras adaptações previamente apresentadas (Figura D.20). Neste caso, nos símbolos com variação de tom da cor, esta foi adaptada para claro+ e claro++. Foi pedido ao participante que contasse quantos símbolos via.

Posteriormente mostrou-se novamente a imagem e pediu-se ao participante que indicasse qual o símbolo que preferia.

O objectivo é o de se perceber qual das adaptações previamente apresentadas melhor funciona num ambiente predominantemente escuro.

Teste 21

No teste 21 foi usada uma fotografia classificada como homogénea clara.

Foram utilizados símbolos base, símbolos com inclusão de rebordo de cor preta e branca, símbolos com adaptação de tamanho e símbolos com adaptação do tom da cor do símbolo (Figura D.21). Neste caso, nos símbolos com variação de tom da cor, esta foi adaptada para escuro+ e escuro++. Foi pedido ao participante que contasse quantos símbolos via.

Posteriormente mostrou-se novamente a imagem e pediu-se ao participante que indicasse qual o símbolo que preferia.

O objectivo é o de se perceber qual das adaptações previamente apresentadas melhor funciona num ambiente predominantemente claro.

Teste 22

Neste teste foi usada uma fotografia classificada como heterogénea.

Foram utilizados símbolos basesímbolos base, símbolos com inclusão de rebordo de cor preta e branca, símbolos com adaptação de tamanho e símbolos com adaptação do tom da cor do símbolo (Figura D.22). Neste caso, nos símbolos com variação de tom da cor, esta foi adaptada para escuro+ e escuro++. Foi pedido ao participante que contasse quantos símbolos via.

Posteriormente mostrou-se novamente a imagem e pediu-se ao participante que indicasse o símbolo que preferia.

O objectivo é o de se perceber qual das adaptações previamente apresentadas melhor funciona num ambiente com zonas escuras e zonas claras.

As tabelas seguintes resumem os testes realizados.

Nº da Imagem	Caracterização do Fundo	Característica presente na imagem	O que perguntar ao utilizador
1	Fundo homogéneo escuro	Todos os símbolos iguais	Quantos símbolos consegue contar?
2	Fundo homogéneo escuro	Sem rebordo (Base) Com rebordo branco Com rebordo preto	1. Quantos símbolos consegue contar? 2. Qual o símbolo que considera melhor?
3	Fundo homogéneo claro	Todos os símbolos iguais	Quantos símbolos consegue contar?
4	Fundo homogéneo claro	Sem rebordo (Base) Com rebordo branco Com rebordo preto	1. Quantos símbolos consegue contar? 2. Qual o símbolo que considera melhor?
5	Fundo heterogéneo	Com rebordo branco	Quantos símbolos consegue contar?
6	Fundo heterogéneo	Com rebordo preto	Quantos símbolos consegue contar?

Tabela 4.1: Bloco A - Testar o acrescento de rebordo

Nº da Imagem	Caracterização do Fundo	Característica presente na imagem	O que perguntar ao utilizador
7	Fundo homogéneo escuro	Todos os símbolos iguais	1. Quantos símbolos consegue contar?
8	Fundo homogéneo escuro	Símbolo base Símbolo ampliado	1. Quantos símbolos consegue contar? 2. Qual o símbolo que considera melhor?
9	Fundo homogéneo claro	Todos os símbolos iguais	Quantos símbolos consegue contar?
10	Fundo homogéneo claro	Símbolo base Símbolo ampliado	1. Quantos símbolos consegue contar? 2. Qual o símbolo que considera melhor?
11	Fundo heterogéneo	Símbolo base Símbolo ampliado	1. Quantos símbolos consegue contar? 2. Qual o símbolo que considera melhor?

Tabela 4.2: Bloco B - Testar a variação de tamanho

Nº da Imagem	Caracterização do Fundo	Característica presente na imagem	O que perguntar ao utilizador
12	Fundo homogéneo escuro	Todos os símbolos iguais	Quantos símbolos consegue contar?
13	Fundo homogéneo escuro	Cor semelhante ao fundo Cor mais clara um tom Cor mais clara dois tons	1. Quantos símbolos consegue contar? 2. Qual o símbolo que considera melhor?
14	Fundo homogéneo claro	Todos os símbolos iguais	Quantos símbolos consegue contar?
15	Fundo homogéneo claro	Cor semelhante ao fundo Cor mais escura um tom Cor mais escura dois tons	1. Quantos símbolos consegue contar? 2. Qual o símbolo que considera melhor?
16	Fundo heterogéneo	Todos os símbolos iguais	Quantos símbolos consegue contar?
17	Fundo heterogéneo	Cor semelhante ao fundo Cor mais escura um tom Cor mais escura dois tons	1. Quantos símbolos consegue contar? 2. Qual o símbolo que considera melhor?

Tabela 4.3: Bloco C - Testar a variação de tom de cor

Nº da Imagem	Caracterização do Fundo	Característica presente na imagem	O que perguntar ao utilizador
18	Fundo homogéneo escuro	Todos os símbolos iguais	Quantos símbolos consegue contar?
19	Fundo homogéneo escuro	Símbolo base Símbolo com cor dos caracteres branca	1. Quantos símbolos consegue contar? 2. Qual o símbolo que considera melhor?

Tabela 4.4: Bloco D - Testar a alteração da cor dos caracteres para branca

Nº da Imagem	Caracterização do Fundo	Característica presente na imagem	O que perguntar ao utilizador
18	Fundo homogéneo escuro	Todos os símbolos iguais	Quantos símbolos consegue contar?
19	Fundo homogéneo escuro	Símbolo base Símbolo com cor dos caracteres branca	1. Quantos símbolos consegue contar? 2. Qual o símbolo que considera melhor?

Tabela 4.5: Bloco E - Testar em simultâneo diversas variantes de símbolos

4.4 Ambiente de testes

Os testes foram realizados usando um portátil Toshiba U500, com ecrã LCD de 13.3 polegadas de ecrã e resolução de 1280x800 *pixels*. As fotografias foram apresentadas em ecrã inteiro, usando o Microsoft PowerPoint 2010. Esta aplicação dá a possibilidade de apresentar slides durante um determinado período de tempo, possibilitando assim a apresentação das imagens para a contagem de símbolos pelos utilizadores num intervalo de tempo limitado que neste caso se fixou em oito segundos.

O portátil foi colocado numa mesa e o participante sentou-se em frente ao mesmo de modo a observar o ecrã sem reflexos de luz e a perceber o conteúdo das imagens. Explicou-se ao participante em que consistiam os testes e o tempo previsto.

No apêndice A pode ler-se o texto com a explicação dada aos utilizadores, como introdução ao questionário.

4.5 Participantes

Fez-se um pequeno inquérito inicial aos participantes do estudo para identificar o seu perfil. O teste foi realizado com uma amostra de 55 utilizadores. Destes, 22 são homens e 33 mulheres. Registaram-se algumas características que se considerou que poderiam influenciar as escolhas dos participantes: a formação (secundário ou menos, licenciatura e mestrado ou mais), uso de internet (diariamente, frequentemente ou nunca) e uso de mapas na internet (frequentemente, raramente ou nunca). Estas duas últimas características estão relacionadas com a tarefa de identificação de pontos de interesse, que no fundo tem semelhanças com os testes realizados.

Dos 55 utilizadores, 19 têm o ensino secundário ou menos, 22 têm o grau de licenciatura ou estão a frequentá-la e 14 estão em mestrado ou têm esse grau ou mais. 40 usam internet diariamente, 3 usam-na frequentemente e 12 nunca usaram internet. Por fim, 19 utilizam mapas na internet frequentemente, 23 raramente e 13 nunca utilizaram.

A distribuição dos voluntários pelas várias características pode ser vista na Tabela 4.6.

Perfil	Faixa Etária	Menor que 25 anos		Entre 25 e 50 anos		Maior que 50 anos	
		Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
Formação	>= Mestrado	3	0	6	5	0	0
	Licenciatura	6	14	1	1	0	0
	<= Secundário	1	0	1	4	4	9
Uso de Internet	Diariamente	10	13	8	7	1	1
	Frequentemente	0	1	0	1	0	1
	Nunca	0	0	0	2	3	7
Uso de Mapas na Internet	Frequentemente	4	6	5	4	0	0
	Raramente	6	8	3	3	1	2
	Nunca	0	0	0	3	3	7

Tabela 4.6: Tabela com o perfil dos voluntários no estudo

4.6 Análise dos resultados dos testes

Os resultados dos testes realizados foram analisados através de estatísticas elementares como a média e o desvio padrão. Também foram contabilizados os símbolos escolhidos como preferenciais em cada teste.

Nesta secção, são apresentados os resultados e as conclusões tiradas.

4.6.1 Contagem de símbolos

Nesta secção são analisados os resultados dos testes em que se pediu aos participantes que contassem quantos símbolos viam no tempo estipulado.

Apresenta-se na Figura 4.4 um gráfico com a média de contagens dos participantes, por teste realizado. Deste, pelo menos uma ilação é possíveis extrair:

- Nas imagens homogéneas escuras, em que o símbolo base é escuro e as letras são pretas, como é o caso da imagem do teste 1 (Figura D.1), teste 7 (Figura D.7) ou a do teste 12 (Figura D.12), os resultados indiciam uma maior dificuldade de percepção dos símbolos, mesmo com símbolos com variação do tom de cor como é o caso da imagem do teste 13 (Figura D.13). Em qualquer dos casos o desvio padrão é elevado.

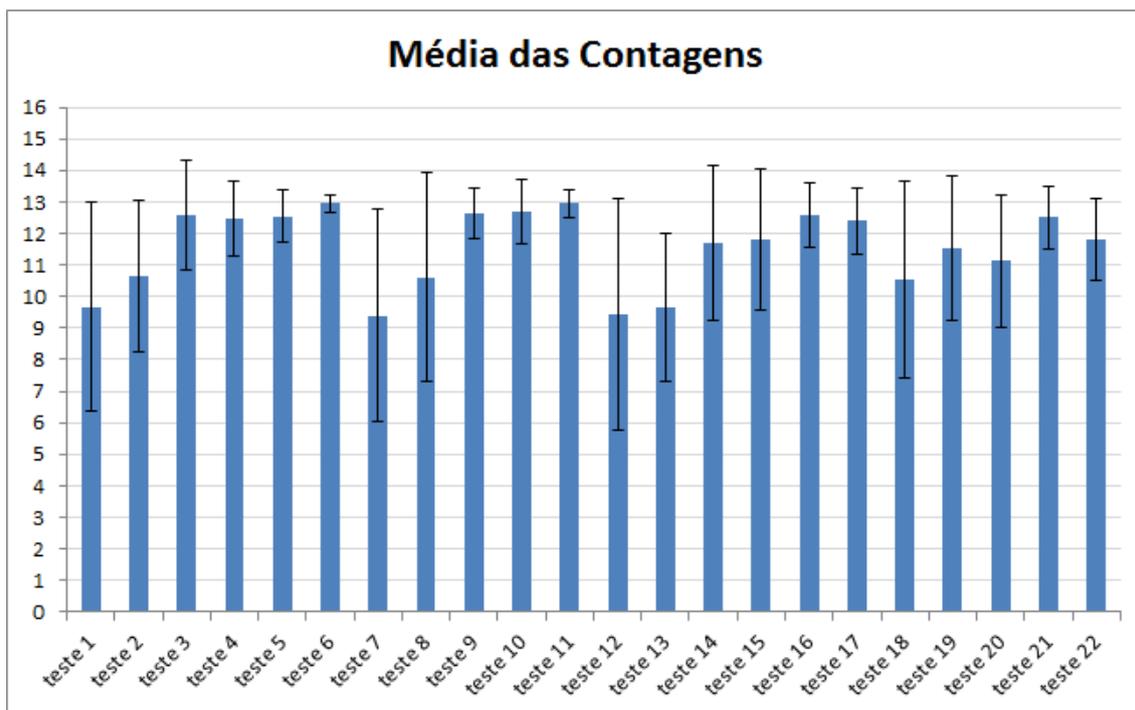


Figura 4.4: Média das contagens de símbolos e respectivo desvio padrão, por teste

4.6.2 Comparação de símbolos

Nesta secção são analisados os resultados dos testes em que se pediu aos participantes que identificassem os símbolos que preferiam. Os resultados são apresentados agrupados por blocos, evidenciando cada uma das adaptações testadas.

Bloco A - Símbolos com um acrescento de rebordo

Em termos de imagens homogéneas escuras, 82% dos participantes do estudo escolheram como adaptação do símbolo um acrescento de rebordo branco (Figura 4.5). Em termos de imagens homogéneas claras, 85% dos participantes do estudo escolheram como adaptação do símbolo um acrescento de rebordo preto (Figura 4.6).

Estes resultados levam a concluir que a hipótese 2 apresentada para teste é válida.

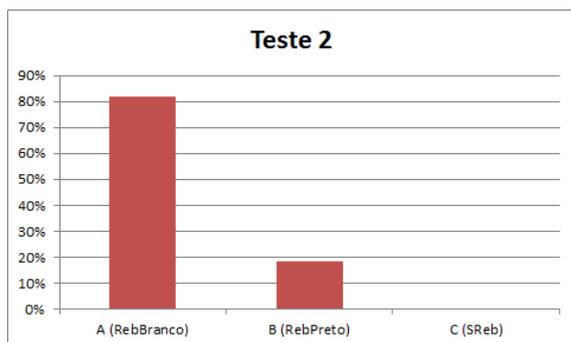


Figura 4.5: Resultados das escolhas do teste 2 do Bloco A

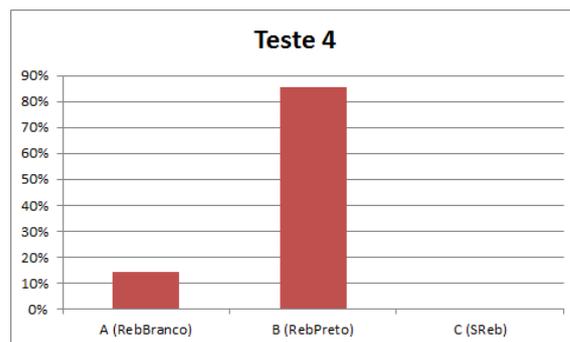


Figura 4.6: Resultados das escolhas do teste 4 do Bloco A

Bloco B - Símbolos com variação do tamanho

Em termos da imagem homogénea escura, 54% dos participantes do estudo escolheram símbolos que faziam contraste de cor (Figura D.8), não havendo diferença se o símbolo tinha o tamanho base ou se era maior. Conclui-se assim, que em imagens escuras, os símbolos mais perceptíveis são aqueles que fazem contraste de cor e não que tenham um tamanho maior. Este teste foi realizado com o uso de uma fotografia escura e predominantemente verde (Figura 4.7).

Em termos da imagem homogénea clara (Figura D.10) não houve uma clara diferença em termos de escolha do melhor símbolo em relação à adaptação apresentada neste bloco. Embora 36%, a maior percentagem de escolha, tenha sido para o símbolo ampliado (Figura 4.8). Algumas das opiniões dadas pelos utilizadores neste teste reflectiram o facto de o símbolo ampliado sobressair do edifício (como que um cortar da imagem, eventualmente devido às características da imagem).

No teste 11 (imagem heterogénea) os participantes do estudo preferiram os símbolos claros colocados na zona escura dando mais destaque aos maiores dessa mesma zona.

Conclui-se que o tamanho só por si não salienta o símbolo uma vez que nenhum participante escolheu o símbolo ampliado na zona clara, concluindo-se que a hipótese 3 não se confirma.

Bloco C - Símbolos com adaptação da cor

Em termos de imagens homogéneas escuras (teste 13), 95% dos participantes do estudo escolheram como adaptação do símbolo a variação mais acentuada de tom (Figura 4.9). Neste caso, um aumento de 100 unidades dos valores das componentes RGB dominantes do símbolo. Ou seja, para o símbolo se tornar perceptível neste tipo de ambiente, é preciso tornar o símbolo bastante mais claro para que este se torne mais perceptível.

Em termos de imagens homogéneas claras (teste 15) (no caso usada uma imagem predominantemente branca), à volta de 40% dos participantes tanto escolheram variações de cor de decremento de 100 unidades como de apenas 50 unidades dos valores das compo-

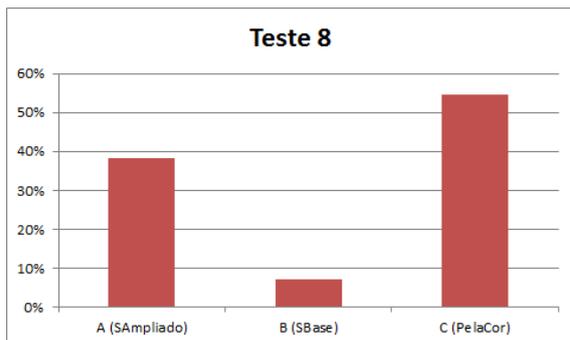


Figura 4.7: Resultados das escolhas do teste 8 do Bloco B

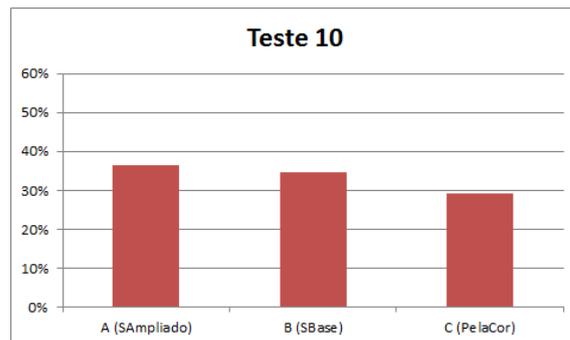


Figura 4.8: Resultados das escolhas do teste 10 do Bloco B

nentes RGB dominantes do símbolo (Figura 4.10). Ou seja, neste caso, o escurecimento do símbolo, mesmo sem ser acentuado, é suficiente para o tornar perceptível neste tipo de ambientes.

Este resultado poderá dever-se a que os símbolos são claros e têm caracteres pretos, o que ajuda a fazer contraste a com zona envolvente.

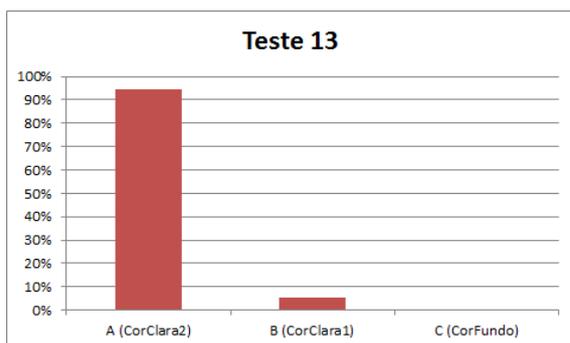


Figura 4.9: Resultados das escolhas do teste 13 do Bloco C

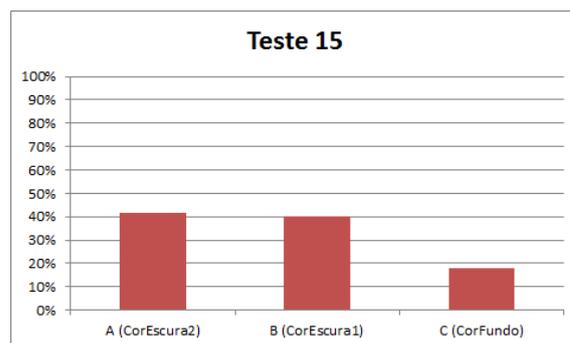


Figura 4.10: Resultados das escolhas do teste 15 do Bloco C

No teste 17 (imagem heterogénea), uma vez que também há símbolos base que não se confundem com o fundo, nem sempre os símbolos que são adaptados têm o melhor desempenho.

Isto é, no teste 17 há símbolos base (de cor clara) que estão sobre zonas escuras e que são mais perceptíveis que os símbolos adaptados, correspondentes a símbolos base colocados em zonas claras (Figura D.17). Ou seja, há situações de contraste que desviam a atenção das zonas onde houve adaptação de símbolos.

Pode-se concluir neste caso que o mais importante é o contraste do símbolo com o fundo e as adaptações que se aplicarem aos símbolos não conseguem ter o mesmo impacto, apesar de melhorarem a sua percepção.

Note-se no entanto que o objectivo é não alterar muito o símbolo base e por isso não se propõe que haja uma alteração acentuada da cor.

Destes tests, conclui-se também que a hipótese 1 é válida.

Bloco D - Símbolos com letras brancas

Como já foi explicado, para este bloco apenas foi usada uma fotografia homogénea escura. Neste caso, para uma fotografia predominantemente verde, 96,364% dos participantes escolheram como adaptação do símbolo a alteração da cor das letras do símbolo para branco (Figura 4.11). Questionados sobre esta questão, responderam que a letra branca nos símbolos, no ambiente escuro apresentado, realça o símbolo o suficiente para este se tornar perceptível.

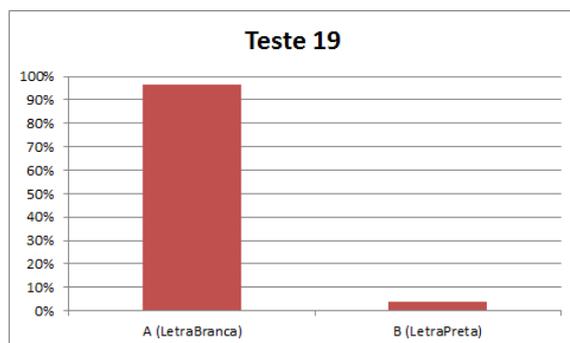


Figura 4.11: Resultados das escolhas do teste 19 do Bloco D

Estes resultados confirmam claramente a hipótese 4 apresentada.

Bloco E - Imagens com as variações apresentadas anteriormente

Analisando as escolhas que os participantes deram para cada um dos casos deste bloco chegaram-se às seguintes conclusões.

Para uma imagem predominantemente escura (teste 20), de todas as adaptações possíveis do símbolo, 42% dos participantes decidiram que o acrescento de um rebordo branco num símbolo escuro permite a melhor visualização do símbolo de entre as adaptações apresentadas (Figura 4.12). Para segunda e terceira possíveis adaptações, ficaram a adaptação do tom de cor para claro++ com 31% e o acrescento de um rebordo preto com 27%, respectivamente.

Para uma imagem predominantemente clara (teste 21), de todas as adaptações possíveis do símbolo, 71% dos participantes decidiram que o acrescento de um rebordo preto permite a melhor visualização do símbolo de entre as adaptações apresentadas (Figura 4.13). Para segunda e terceira possíveis adaptações, ficaram o acrescento de um rebordo branco com 24% e a adaptação do tom de cor para escuro++ com 5%, respectivamente. A diferença de percentagem para a escolha na imagem homogénea escura faz entender que se nota melhor algo escuro em cima de uma imagem clara do que o inverso. Poderá

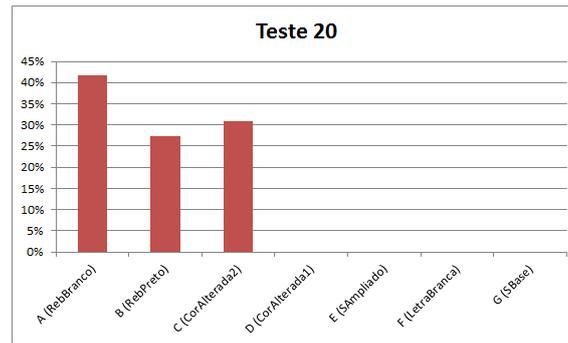


Figura 4.12: Resultados das escolhas do teste 20 do Bloco E

também aqui haver influência da utilização de caracteres de cor preta em símbolos claros, que ajudam a aumentar a contraste.

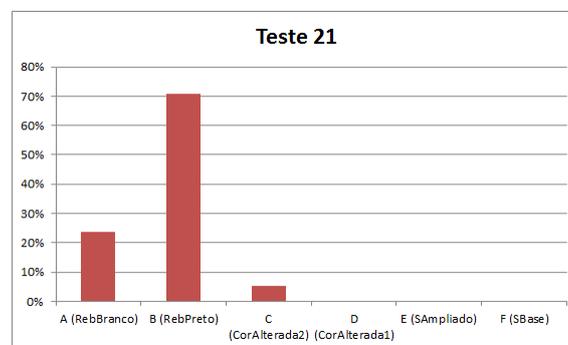


Figura 4.13: Resultados das escolhas do teste 21 do Bloco E

Para uma imagem heterogénea num ambiente com edifícios (teste 22), de todas as adaptações possíveis do símbolo, 82% dos participantes decidiram que o acrescento de um rebordo preto num símbolo claro permite a melhor visualização do símbolo de entre as adaptações apresentadas (Figura 4.14). Para segunda e terceira possíveis adaptações, ficaram o aumento de tamanho do símbolo com 11% e o símbolo base com 4%, respectivamente, embora a justificação dada pelos participantes tenha sido que esta última escolha advém do facto de a cor do símbolo base fazer algum contraste com o fundo e tornar-se perceptível. Conclui-se desta imagem heterogénea o que já se viu na imagem predominantemente clara. Um utilizador apercebe-se melhor da parte clara de uma imagem e, aí, de algum símbolo que faça o contraste (escuro).

4.6.3 Análise dos resultados por perfil de participante

Nesta secção analisam-se os resultados obtidos em função do perfil dos participantes.

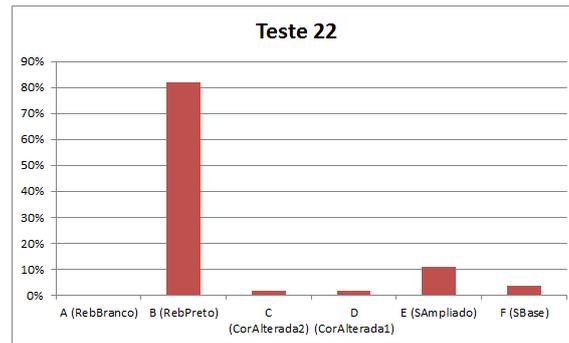


Figura 4.14: Resultados das escolhas do teste 22 do Bloco E

Análise de resultados pelo género dos participantes

Não existem diferenças significativas nas escolhas entre os dois sexos exceptuando dois casos.

1. No teste 3, imagem homogéna clara com símbolos claros (Figura D.3) e no teste 12, imagem homogéna escura com símbolos escuros (Figura D.12), foi pedido aos participantes para contar quantos símbolos viam. E, através da análise feita, é possível verificar que o sexo feminino tem uma capacidade maior de encontrar os símbolos na imagem apresentada. Na Figura 4.15 é possível ver que a diferença entre as contagens dos dois géneros foi mais significativa nesses testes.

Esta situação pode indiciar uma maior sensibilidade visual das mulheres em relação aos homens.

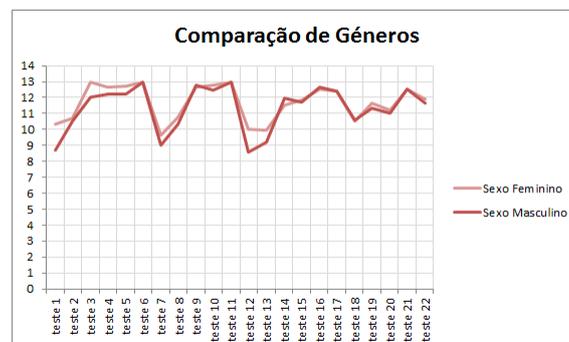


Figura 4.15: Resultados das contagens por género

2. No teste 15, imagem homogéna clara com símbolos claros (Figura D.15), os participantes do sexo feminino escolheram em maior percentagem o símbolo com um adaptação claro+ e não a claro++. Isto pode indiciar um maior sensibilidade à alteração de cor, por pouca que seja, que os participantes do sexo masculino (Figura 4.16).

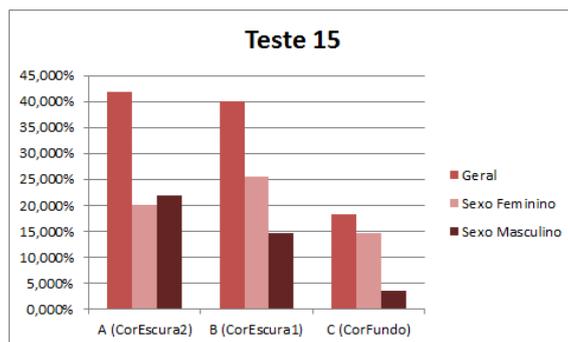


Figura 4.16: Resultados das escolhas por gênero do teste 15 do Bloco C

Outros resultados

Consultando a tabela resumos das características dos participantes (Tabela 4.6), verificou-se que os participantes com mais de 50 anos são também os que têm menor formação, menor utilização de internet e, por conseguinte, a menor utilização de mapas na internet.

Percebe-se por isso que nos gráficos das figuras 4.17, 4.18, 4.19 e 4.20 que o comportamento destes grupos em cada um dos gráficos seja semelhante. Por este motivo, considerou-se que com esta amostra não é possível extrair informação fidedigna analisando separadamente cada um destes grupos.

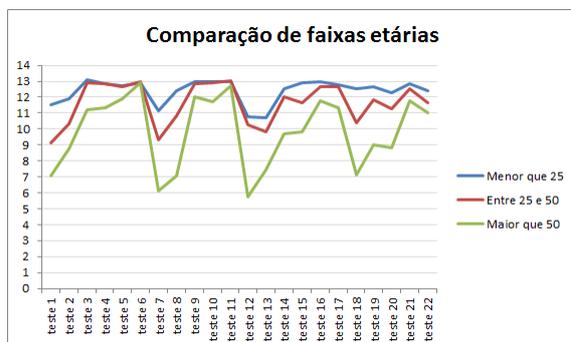


Figura 4.17: Resultados das contagens de símbolos, por faixa etária

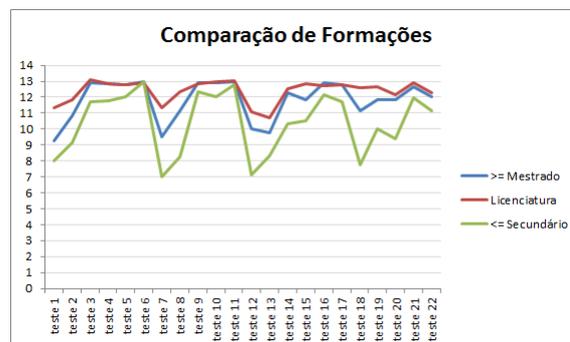


Figura 4.18: Resultados das contagens de símbolos, por formação dos participantes

4.6.4 Conclusões

Um dos problemas na criação de aplicações de RA é o de tornar os símbolos gráficos usados perceptíveis em várias situações. Este problema é mais evidente nas situações em que os símbolos têm uma cor muito parecida com o fundo. Para isso, há que testar que tipo adaptações podem ser aplicadas a estes símbolos para que se tornem mais perceptíveis.

Consideraram-se algumas hipóteses de adaptação dos símbolos, apresentadas na secção 4.1, e conceberam-se testes, descritos nas secções 4.2 e 4.3, para aferir a validade destas hipóteses.

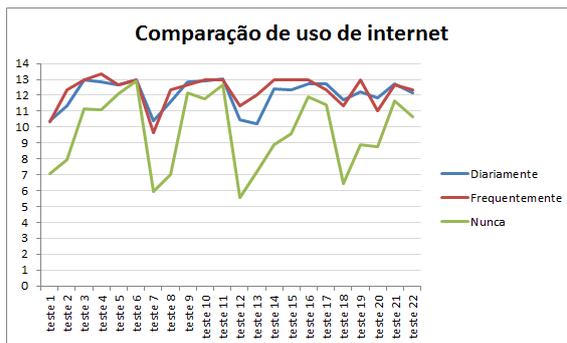


Figura 4.19: Resultados das contagens de símbolos, por uso de internet

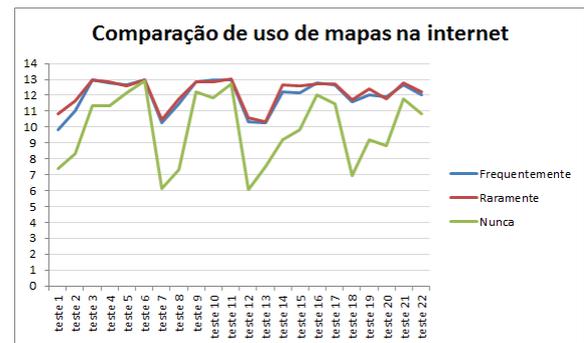


Figura 4.20: Resultados das contagens de símbolos, por uso de mapas na internet

Com a ajuda de 55 voluntários, realizaram-se os testes dos quais se extraíram as seguintes conclusões.

1. Como aspecto importante a realçar na adaptação de símbolos, a alteração de tamanho não melhora substancialmente a percepção dos símbolos. Ou seja, o aumento do tamanho de um símbolo não altera a sua percepção por parte dos utilizadores, se a cor deste não fizer contraste com o fundo em que está inserido.
2. Constata-se, também através da opinião dada pelos participante, que o uso de rebordos nos símbolos ajudam à percepção destes, desde que a cor desse rebordo produza contraste suficiente com o fundo em que o símbolo está inserido.
3. Em termos de contagem do número de símbolos não há diferenças muito significativas quando há variação no tom. Contudo, os utilizadores expressaram em vários comentários a importância do contraste de cor e nos testes de variação de tom preferiram maioritariamente a variação de tom mais acentuada.
4. A alteração da cor dos caracteres para branco em símbolos com cor base escura, melhorou significativamente a percepção dos símbolos.
5. Verifica-se que nas imagens em que o fundo é mais homogêneo (Figura D.7 e Figura D.12) houve uma maior dificuldade em contar os símbolos base, ou seja, nestas imagens os símbolos base confundem-se mais com o fundo.

Capítulo 5

Conclusão

Neste documento apresentado um estudo sobre a adaptação dos símbolos gráficos em Realidade Aumentada.

Neste capítulo apresenta-se um resumo do trabalho realizado, as conclusões obtidas e apontam-se algumas sugestões de trabalho a prosseguir nesta área de investigação.

5.1 Conclusões

Foram apresentados vários projectos nesta área, nas mais variadas frentes. Um dos problemas detectados na utilização desta técnica é a difícil percepção dos símbolos gráficos quando as suas cores são semelhantes à cor do fundo. Uma vez que as imagens capturadas pela câmara podem ser muito diversas, o ideal será adaptar automaticamente os símbolos de forma a tornarem-se mais perceptíveis.

Para isso, foram propostas diferentes formas de adaptação dos símbolos e foi criada uma aplicação para ensaio das várias adaptações.

Posteriormente foram realizados testes com utilizadores para avaliar as seguintes adaptações: variação da cor, variação do tamanho, acrescento de um rebordo e variação da cor dos caracteres.

Em termos gerais, da análise feita aos testes realizados com os participantes concluiu-se o seguinte:

- A adaptação do símbolo preferida dos participantes do estudo é o acrescento de um rebordo ao símbolo com uma cor que faça contraste com o fundo (rebordo de cor preta para fundo claro e rebordo de cor branca para fundo escuro);
- A adaptação do símbolo que não melhora a percepção do símbolo é o aumento de tamanho do símbolo, quando efectuado de maneira exclusiva. Ou seja, apenas o aumento de tamanho do símbolo não é eficaz no melhoramento da sua percepção.
- Em termos de contagem do número de símbolos não há diferenças muito significativas quando há variação no tom. Contudo, os utilizadores expressaram em vários

comentários a importância do contraste de cor e nos testes de variação de tom preferiram maioritariamente a variação de tom mais acentuada.

- A alteração da cor dos caracteres para branco em símbolos com cor base escura, melhorou significativamente a percepção dos símbolos.
- Por último, para ambientes muito homogéneos em termos de cor, existiram indícios para uma maior dificuldade por parte dos utilizadores em detectar os símbolos gráficos na imagem.

5.2 Trabalho Futuro

Para trabalho futuro, existe ainda alguns aspectos a investigar no aperfeiçoamento da visualização de símbolos em RA.

- Em relação à simbologia em si, pode estudar-se para além da sua cor, o significado do próprio símbolo, ou seja, atribuir um significado ao símbolo (através dos caracteres por exemplo) verificando se esse é entendido pelos utilizadores.
- A forma do símbolo deve também ser estudada de modo a que torne o mesmo o mais legível e perceptível possível.
- Realização de mais testes com mais participantes, possivelmente daltónicos, pois dará um outro tipo de parecer aos testes realizados.
- Calcular a percentagem de homogeneidade de uma fotografia segundo uma métrica a definir.
- Realização de testes usando fundos com outras cores dominantes que não as usadas neste estudo tendo em atenção que o ser humano é pouco sensível à cor azul.

Tudo isto para conseguir o objectivo da Realidade Aumentada, sobrepor objectos virtuais ao mundo real, de forma a acrescentar informação válida e também perceptível.

Apêndice A

Questionário dos testes com utilizadores

Símbolos em RA

Introdução

Realidade Aumentada consiste em sobrepor a imagens do mundo real, estáticas ou em movimento, conteúdo gerado em computador, normalmente associado a algum objecto ou edifício presente (ou não) nessa mesma imagem. Quando os elementos gráficos gerados em computadores têm cores muito parecidas com as imagens onde estão sobrepostos, é difícil distingui-los.

Os testes serão feitos usando fotografias com símbolos sobrepostos que simulam o comportamento de uma aplicação de Realidade Aumentada.

Estes testes têm como objectivo avaliar quais as características de um símbolo que o tornam mais facilmente reconhecível.

Neste contexto, vamos desenhar símbolos gráficos sobre imagens reais. Neste teste irá ver um tipo de símbolo: Quadrado (□) com uma cor base e duas letras (ou uma letra e um número) sobre o mesmo.

Serão mostradas 22 imagens. Em algumas delas será dado um tempo limite de 8 segundos para contar o número de símbolos que consegue ver na imagem. Noutras será dado tempo livre para escolher qual o símbolo que reconhece melhor.

Duração prevista do Teste: 20 min a 25 min

Perfil do utilizador

Identificador:

Idade:

Género: F M

Formação base: <= Secundário Licenciatura >= Mestrado

Usa a Internet: Diariamente Frequentemente Nunca

Usa mapas na internet (ex: *Google maps*)? Frequentemente Raramente Nunca

Preenchimento: sublinhar a resposta pretendida

Bloco A

Nº da Imagem	Pergunta	Resposta
1	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
2	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
2	Qual o símbolo que considera melhor?	SReb RebBr RebPr
3	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
4	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
4	Qual o símbolo que considera melhor?	SReb RebBr RebPr
5	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
6	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	

Preenchimento: nas questões de contagem, escrever o número de símbolos encontrados. Nas questões de qual o símbolo que considera melhor, sublinhar a resposta pretendida.

Bloco B

Nº da Imagem	Pergunta	Resposta
7	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
8	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
8	Qual o símbolo que considera melhor?	SBase SAmpliado
9	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
10	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
10	Qual o símbolo que considera melhor?	SBase SAmpliado
11	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
11	Qual o símbolo que considera melhor?	SBase SAmpliado

Preenchimento: nas questões de contagem, escrever o número de símbolos encontrados. Nas questões de qual o símbolo que considera melhor, sublinhar a resposta pretendida.

Bloco C

Nº da Imagem	Pergunta	Resposta
12	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
13	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
13	Qual o símbolo que considera melhor?	CorFundo CorClara1 CorClara2
14	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
15	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
15	Qual o símbolo que considera melhor?	CorFundo CorEscura1 CorEscura2
16	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
17	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
17	Qual o símbolo que considera melhor?	CorNeutra OutroTom1 OutroTom2

Preenchimento: nas questões de contagem, escrever o número de símbolos encontrados. Nas questões de qual o símbolo que considera melhor, sublinhar a resposta pretendida.

Bloco D

Nº da Imagem	Pergunta	Resposta
18	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
19	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
19	Qual o símbolo que considera melhor?	Letra Preta Letra Branca

Preenchimento: nas questões de contagem, escrever o número de símbolos encontrados. Nas questões de qual o símbolo que considera melhor, sublinhar a resposta pretendida.

Bloco E

Nº da Imagem	Pergunta	Resposta
20	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
20	Qual o símbolo que considera melhor?	
21	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
21	Qual o símbolo que considera melhor?	
22	Quantos símbolos consegue contar nesta imagem?	
22	Qual o símbolo que considera melhor?	

Preenchimento: nas questões de contagem, escrever o número de símbolos encontrados. Nas questões de qual o símbolo que considera melhor, sublinhar a resposta pretendida.

Opinião:

O que melhoraria nos símbolos para que se pudessem distinguir melhor na imagem?

--

Apêndice B

Requisitos dos parâmetros da aplicação

Para construir o protótipo, identificaram-se quais os parâmetros que deviam ser definidos para permitir ensaiar as várias adaptações propostas.

B.1 Requisitos Estruturais

Descrevem-se em seguida os requisitos de cada um dos parâmetros.

1. Em relação ao varrimento da área adjacente à marca fiducial *pixels*
 - (a) Area Threshold
 - i. Parâmetro que define a área de *pixels* a varrer;
 - ii. É um número inteiro positivo;
 - iii. Tem sempre de existir;
 - iv. Tem o valor máximo de 100;
 - (b) Declive Threshold
 - i. Parâmetro que define quando a marca está inclinada;
 - ii. É um número inteiro positivo;
 - iii. Tem sempre de existir;
 - iv. Tem o valor máximo de 10;
2. Em relação à determinação da cor de fundo dominante
 - (a) Subdivisões
 - i. Parâmetro que define o número de subdivisões de cor;
 - ii. É um número inteiro positivo;
 - iii. Tem sempre de existir;
3. Em relação ao desenho do símbolo

- (a) Tamanho do símbolo
 - i. Parâmetro que define o tamanho do símbolo;
 - ii. É um número inteiro positivo;
 - iii. Tem sempre de existir;
 - iv. Tem o valor máximo de 170;
- (b) Tamanho do rebordo do símbolo
 - i. Parâmetro que define o tamanho do rebordo do símbolo;
 - ii. É um número inteiro positivo;
 - iii. Tem sempre de existir;
 - iv. Tem o valor máximo de 170;
- (c) Threshold para comparação de cor do símbolo com cor de fundo
 - i. Parâmetro que define se a cor do símbolo é parecida com a cor de fundo;
 - ii. É um número inteiro positivo;
 - iii. Tem sempre de existir;
 - iv. Tem o valor máximo de 50;
- (d) Threshold para verificação de componente dominante do símbolo
 - i. Parâmetro para verificação de componente dominante do símbolo;
 - ii. É um número inteiro positivo;
 - iii. Tem sempre de existir;
 - iv. Tem o valor máximo de 50;
- (e) Amplitude (valor a alterar as componentes do símbolo)
 - i. Parâmetro que define valor a alterar as componentes do símbolo;
 - ii. É um número inteiro positivo;
 - iii. Tem sempre de existir;
 - iv. Tem o valor máximo de 255;
- (f) Opções de forma do símbolo
 - i. Opções da forma geométrica do símbolo;
 - ii. É um algarismo inteiro positivo;
 - iii. Tem sempre de existir;
 - iv. Toma valores entre 0 e 4;
- (g) Opções de variação a aplicar ao símbolo
 - i. Opções de variação a aplicar ao símbolo;
 - ii. É um algarismo inteiro positivo;

- iii. Tem sempre de existir;
- iv. Toma valores entre 0 e 4;
- (h) Opções de variação de cor a aplicar ao rebordo do símbolo
 - i. Opções de variação de cor a aplicar ao rebordo do símbolo;
 - ii. É um algarismo inteiro positivo;
 - iii. Tem sempre de existir;
 - iv. Toma valores entre 0 e 1;
- (i) Opções de cores (com letras distintas) do símbolo
 - i. Opções de 8 cores (com letras distintas) do símbolo;
 - ii. É um algarismo inteiro positivo;
 - iii. Tem sempre de existir;
 - iv. Toma valores entre 1 e 8;

B.2 Requisitos Funcionais

1. Varrimento da área adjacente à marca fiducial

- (a) Parâmetro `areaThreshold` é lido
 - i. Parâmetro: `areaThreshold`;
 - ii. Para este parâmetro aplica-se o RE 1.a;
 - iii. O sistema regista o parâmetro;
- (b) Parâmetro `decliveThreshold` é lido
 - i. Parâmetro: `decliveThreshold`;
 - ii. Para este parâmetro aplica-se o RE 1.b;
 - iii. O sistema regista o parâmetro;
- (c) O sistema guarda os *pixels* da área adjacente à marca fiducial
 - i. É gerada uma área de varrimento de *pixels*;
 - ii. São guardados os *pixels* dessa área;
 - iii. É devolvida a lista de *pixels* para comparação de cor;

2. Determinação da cor dominante do fundo

- (a) Parâmetro `subdivisões` é lido
 - i. Parâmetro: `subdivisões`;
 - ii. Para este parâmetro aplica-se o RE 2.a;
 - iii. O sistema regista o parâmetro;

- (b) Determinação dos índices do microcubo
 - i. Através do parâmetro subdivisões, calcular o índice que corresponde a cada componente;
 - ii. Incrementar a frequência do microcubo detectado;
 - iii. Guardar cada componente da cor do *pixel*;
- (c) Determinar a frequência máxima de cor
 - i. Verificar qual o microcubo com maior frequência;
 - ii. Guardar a cor desse índice (dominante);
 - iii. Devolver a cor dominante;

Apêndice C

Diagrama de classes da aplicação criada

Classes da aplicação criada

A aplicação de ensaio das adaptações dos símbolos foi criada com o uso de onze classes Java. As funções principais destas são explicadas de seguida.

- **Main**

Carrega as configurações iniciais da aplicação e lança a janela de visualização e restante interface.

- **Captura**

Classe que delega as várias funções da aplicação. Inicializa a biblioteca NyARToolKit e respectiva procura da marca fiducial na imagem filmada. Chama as funções de geração da lista de *pixels* para análise da cor dominante e posterior desenho do símbolo gráfico.

- **ColorPicker**

Classe que devolve a lista de *pixels* para análise da cor dominante da imagem.

- **CompareRGB**

Classe que devolve o microcubo com a cor dominante do fundo.

- **Desenho**

Classe de desenho do símbolo gráfico sobre a imagem de fundo, com a adaptação seleccionada.

- **ControloCor**

Classe onde é comparada a cor dominante do símbolo com a cor dominante do fundo e alterada a cor do símbolo caso a adaptação de variação do tom de cor esteja seleccionada.

- **PixelRGB**

Classe que define um *pixel* pela sua posição e respectivas componentes RGB.

- **Options**

Classe que define a interface de controlo para adaptação dos parâmetros de adaptação dos símbolos gráficos.

- **SaveXML**

Classe para gravar os parâmetros definidos na interface de controlo num ficheiro XML para uso posterior.

- **CarregarConfigsXML**

Classe de carregamento dos parâmetros iniciais da aplicação através de um ficheiro XML.

O diagrama de classes resumido da aplicação de ensaio pode ser vista na sua versão resumida na Figura C.1 e em formato completo na página seguinte (Figura C.2).

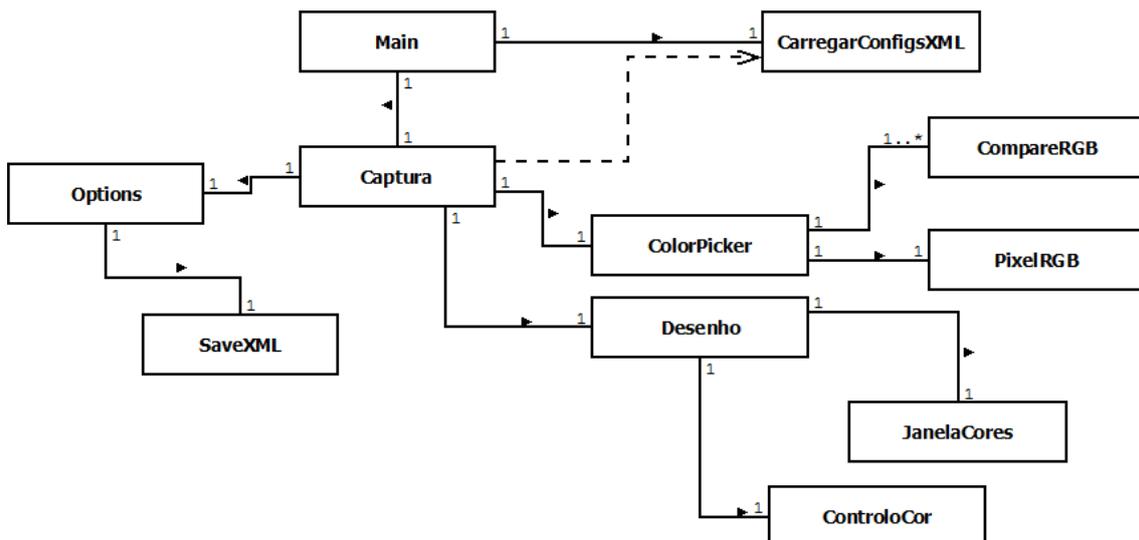


Figura C.1: Resumo do diagrama de classes da aplicação

Apêndice D

Imagens usadas no estudo



Figura D.1: Imagem usada no teste 1 do estudo: Imagem homogênea escura com símbolos base



Figura D.2: Imagem usada no teste 2 do estudo: Imagem homogénea escura com símbolos base, símbolos com rebordo preto e símbolos com rebordo branco



Figura D.3: Imagem usada no teste 3 do estudo: Imagem homogénea clara com símbolos base



Figura D.4: Imagem usada no teste 4 do estudo: Imagem homogénea clara com símbolos base, símbolos com rebordo preto e símbolos com rebordo branco



Figura D.5: Imagem usada no teste 5 do estudo: Imagem heterogénea com símbolos base e símbolos com rebordo branco



Figura D.6: Imagem usada no teste 6 do estudo: Imagem heterogénea com símbolos base e símbolos com rebordo preto



Figura D.7: Imagem usada no teste 7 do estudo: Imagem homogénea escura com símbolos base



Figura D.8: Imagem usada no teste 8 do estudo: Imagem homogénea escura com símbolos base e símbolos ampliados

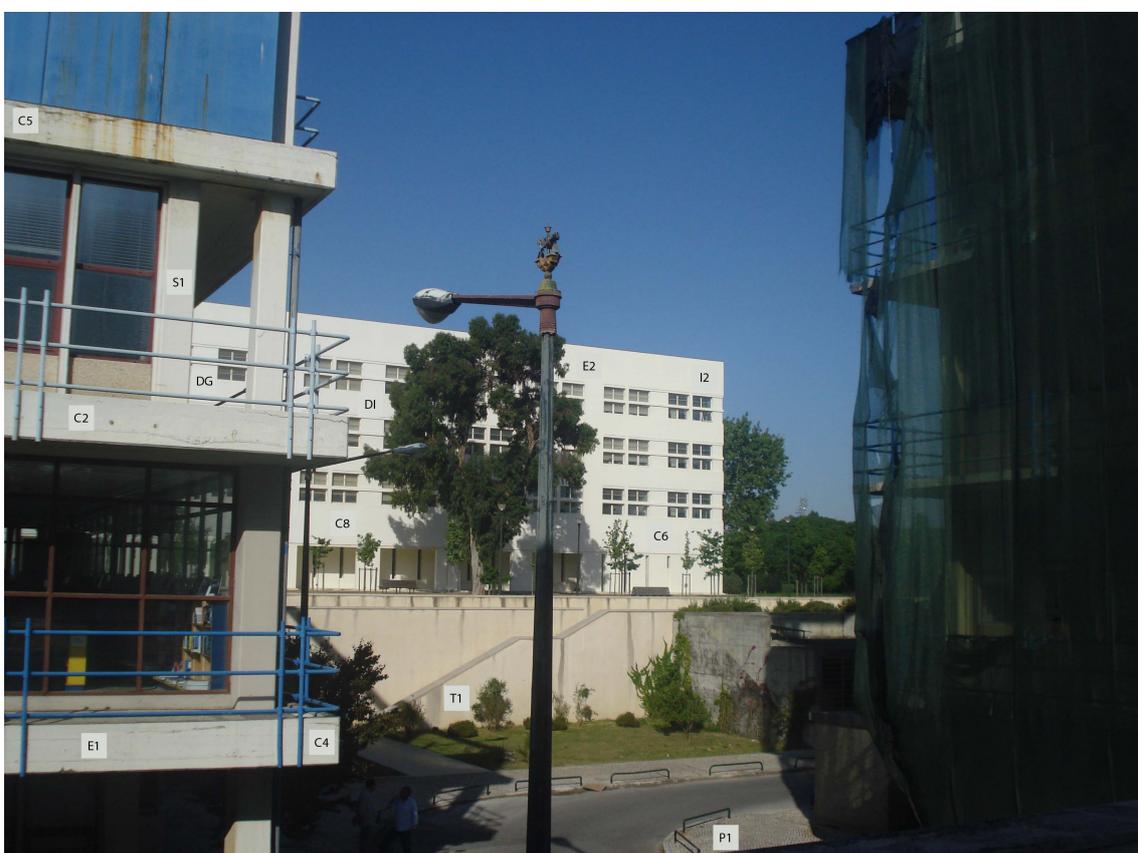


Figura D.9: Imagem usada no teste 9 do estudo: Imagem homogénea clara com símbolos base



Figura D.10: Imagem usada no teste 10 do estudo: Imagem homogênea clara com símbolos base e símbolos ampliados



Figura D.11: Imagem usada no teste 11 do estudo: Imagem heterogênea com símbolos base e símbolos ampliados



Figura D.12: Imagem usada no teste 12 do estudo: Imagem homogênea escura com símbolos base



Figura D.13: Imagem usada no teste 13 do estudo: Imagem homogênea escura com símbolos base, símbolos claro+ e símbolos claro++

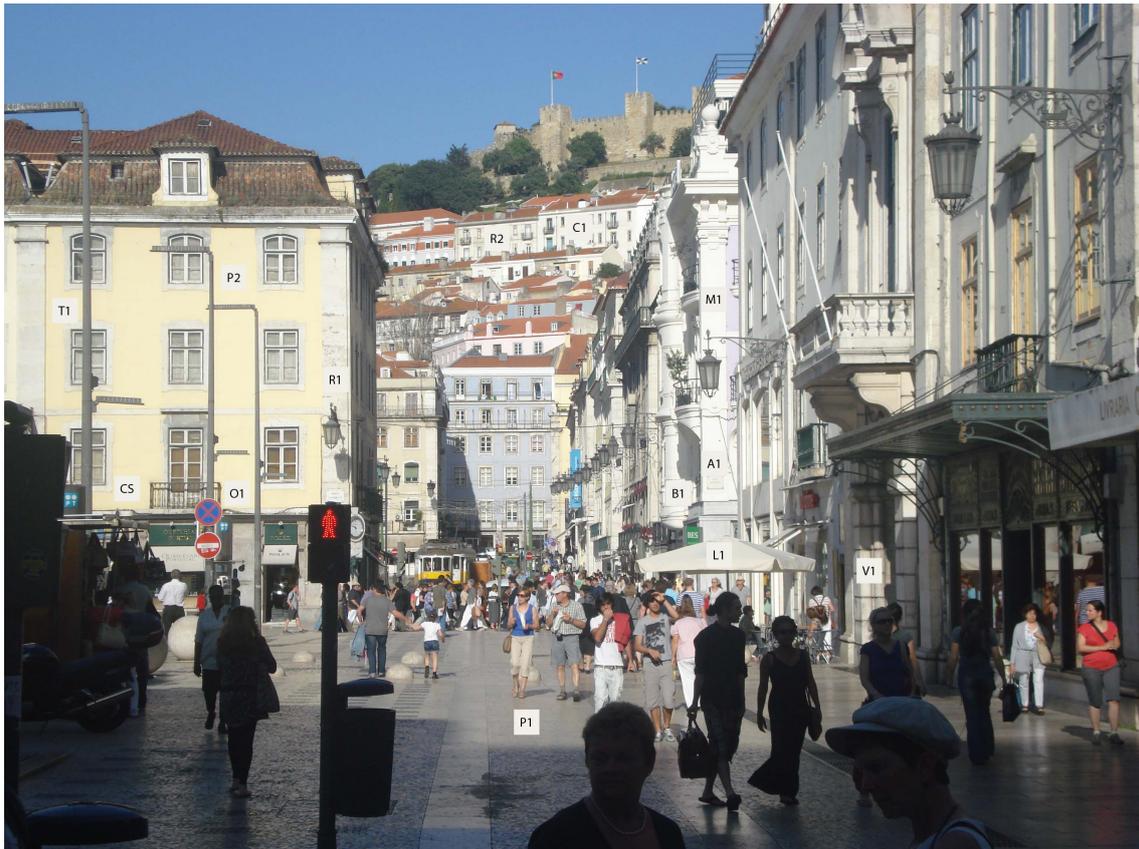


Figura D.14: Imagem usada no teste 14 do estudo: Imagem homogênea clara com símbolos base

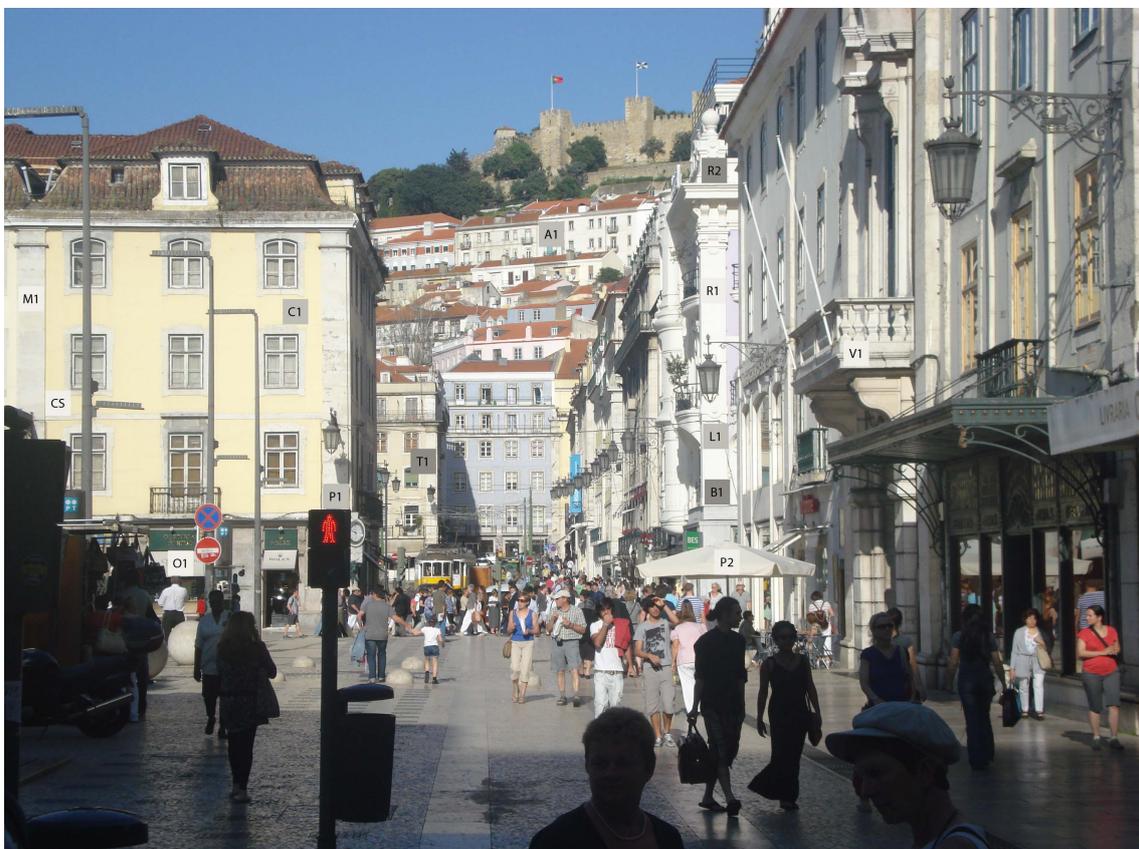


Figura D.15: Imagem usada no teste 15 do estudo: Imagem homogênea clara com símbolos base, símbolos escuro+ e símbolos escuro++



Figura D.16: Imagem usada no teste 16 do estudo: Imagem heterogénea com símbolos base



Figura D.17: Imagem usada no teste 17 do estudo: Imagem heterogénea com símbolos base, símbolos escuro+ e símbolos escuro++



Figura D.18: Imagem usada no teste 18 do estudo: Imagem homogênea escura com símbolos base



Figura D.19: Imagem usada no teste 19 do estudo: Imagem homogênea escura com símbolos base e símbolos com letras de cor branca

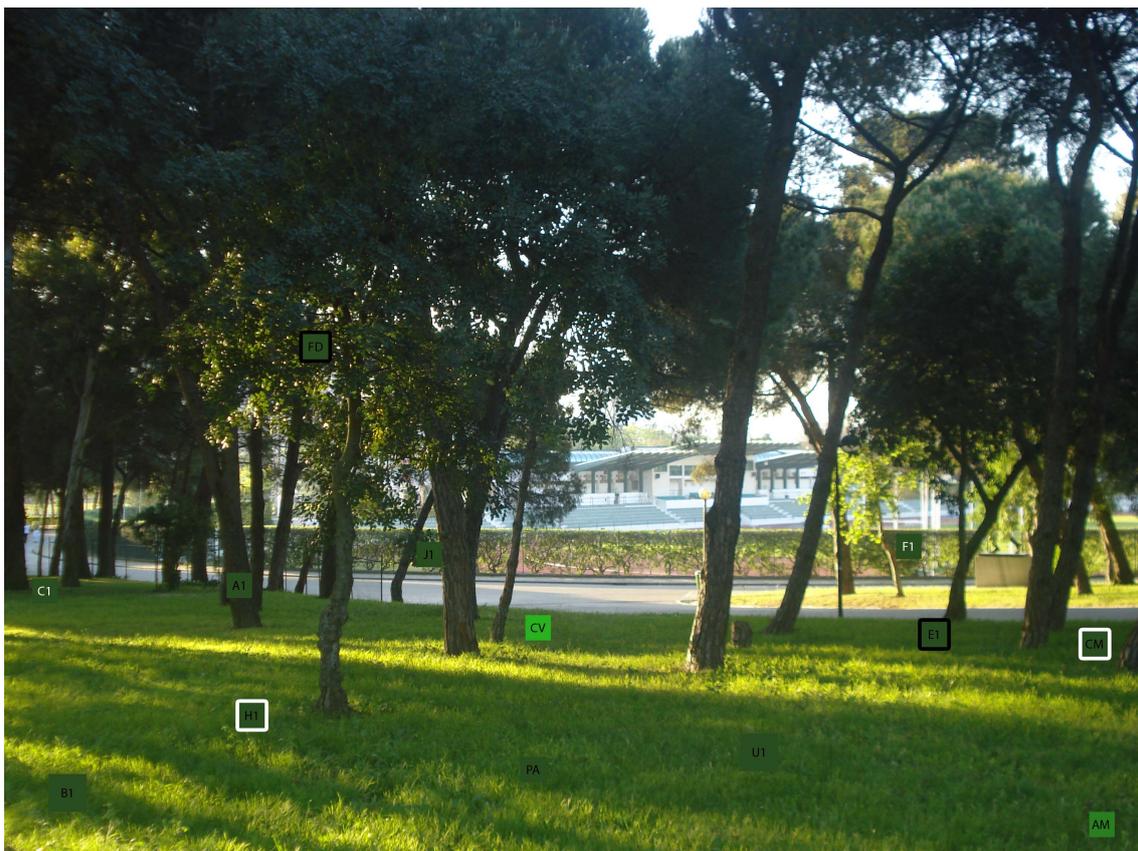


Figura D.20: Imagem usada no teste 20 do estudo: Imagem homogénea escura com símbolos base e todas as outras variações vistas nos testes anteriores



Figura D.21: Imagem usada no teste 21 do estudo: Imagem homogénea clara com símbolos base e outras variações vistas nos testes anteriores



Figura D.22: Imagem usada no teste 22 do estudo: Imagem heterogénea com símbolos base e outras variações vistas nos testes anteriores

Bibliografia

- [1] AiRScouter, projecto de *Brother Industries Inc.* (data de último acesso 06-09-2011). <http://www.brother.co.jp/news/2010/airscouter/index.htm>.
- [2] ARTag (data de último acesso 06-09-2011). <http://www.artag.net/>.
- [3] ArToolKit (data de último acesso 06-09-2011). <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>.
- [4] Biblioteca de Realidade Aumentada NyARToolKit (data de último acesso 19-08-2011). <http://nyatla.jp/nyartoolkit/wiki/index.php?FrontPage.en>.
- [5] Cubo CMY (data de último acesso 19-08-2011). <http://www.jgiesen.de/ColorTheory/gifs/cmyCube.gif>.
- [6] Cubo RGB (data de último acesso 19-08-2011). <http://www.jgiesen.de/ColorTheory/gifs/rgbCube.gif>.
- [7] Cubo RGB Subdividido (data de último acesso 19-08-2011). <http://www.flickr.com/photos/ethanhein/3103830956>.
- [8] Diagrama de um Olho Humano (data de último acesso 19-08-2011). <http://www.nei.nih.gov/health/eyediagram/images/NEA08.gif>.
- [9] EmguCV (data de último acesso 06-09-2011). <http://www.emgu.com>.
- [10] Histograma de Cores de uma Imagem (data de último acesso 05-09-2011). http://blog.epicedits.com/wp-content/uploads/pict3285_h.jpg.
- [11] Laboratório de Desenvolvimento de ARToolKit (data de último acesso 19-08-2011). <http://www.artoolworks.com/>.
- [12] Manual de OpenCV (data de último acesso 19-08-2011). <http://www.cs.unc.edu/Research/stc/FAQs/OpenCV/OpenCVReferenceManual.pdf>.
- [13] OpenCV (data de último acesso 06-09-2011). <http://opencv.willowgarage.com>.

- [14] OpenGL (data de último acesso 19-08-2011). <http://www.opengl.org/>.
- [15] Pirâmide HSV (data de último acesso 19-08-2011). <http://www.blackice.com/images/SingleHexagonHSVColorModel.jpg>.
- [16] Plataforma de desenvolvimento MONO (data de último acesso 19-08-2011). http://www.mono-project.com/Main_Page.
- [17] Plataforma de Desenvolvimento .Net (data de último acesso 19-08-2011). <http://www.microsoft.com/net/>.
- [18] Sistema Operativo Android (data de último acesso 19-08-2011). <http://www.android.com/>.
- [19] Tutorial de Configuração de NyARToolKit (data de último acesso 19-08-2011). <http://sixwish.jp/Nyartoolkit/Java/>.
- [20] Uso de Marcas Fiduciais (data de último acesso 06-09-2011). <http://www.mperfect.net/wpfAugReal/>.
- [21] XML (data de último acesso 19-08-2011). <http://www.w3.org/XML/>.
- [22] K. Asai, T. Kondo, H. Kobayashi, and A. Mizuki. A Geographic Surface Browsing Tool Using Map-based Augmented Reality. In *Visualisation, 2008 International Conference*, pages 93–98, 2008.
- [23] E. Azevedo and A. Conci. *Computação Gráfica Vol I*. Editora Campus, 2003.
- [24] R. T. Azuma. A Survey of Augmented Reality. *Presence-Teleoperators and Virtual Environments*, Volume 4(August):355–385, 1997.
- [25] M. Bajura, H. Fuchs, and R. Ohbuchi. *Merging Virtual Objects with the Real World: seeing ultrasound imagery within the patient*, volume Volume 26, pages 203–210. ACM, 1998.
- [26] D. H. Ballard and C. M. Brown. *Computer Vision*. Prentice Hall Inc., 1982.
- [27] C. Bichlmeier, S. M. Heining, M. Feuerstein, and N. Navab. The Virtual Mirror: A new interaction paradigm for augmented reality environments. *Medical Imaging, IEEE Transactions on*, Volume 28(9):1498–1510, 2009.
- [28] V. Bruce, P. R. Green, and M. A. Georgeson. *Visual Perception, Physiology, Psychology and Ecology*. Psychology Press, 2003.
- [29] B. Carmo. Guião da Disciplina de Animação e Ambientes Virtuais sobre realidade aumentada. *Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa*, pages 1–22, 2010.

- [30] L. Chien-Yu, J.-T. Chao, and H.-S. Wei. Augmented Reality-based Assistive Technology for Handicapped Children. In *Computer Communication Control and Automation (3CA), 2010 International Symposium on*, volume 1, pages 61–64, 2010.
- [31] S. K. Feiner, A. C. Webster, T. E. Krueger III, B. MacIntyre, and E. J. Keller. Architectural Anatomy. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 4(3):318–325, 1995.
- [32] M. Fiala. Designing Highly Reliable Fiducial Markers. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 32(7):1317–24, 2010.
- [33] C. Furmanski, R. Azuma, and M. Daily. Augmented-Reality Visualizations Guided by Cognition: perceptual heuristics for combining visible and obscured information. In *Mixed and Augmented Reality, 2002. ISMAR 2002. Proceedings. International Symposium on*, pages 215–320, 2002.
- [34] J.L. Gabbard, J.E. Swan, J. Zedlitz, and W.W. Winchester. More than Meets the Eye: An engineering study to empirically examine the blending of real and virtual color spaces. In *Virtual Reality Conference (VR), 2010 IEEE*, pages 79–86, 2010.
- [35] G. Gordon, M. Billinghamurst, M. Bell, J. Woodfill, B. Kowalik, A. Erendi, and J. Tiplander. The Use of Dense Stereo Range Data in Augmented Reality. In *Mixed and Augmented Reality, 2002. ISMAR 2002. Proceedings. International Symposium on*, pages 14–23, 2002.
- [36] N. Hagbi, O. Bergig, J. El-Sana, K. Kedem, and M. Billinghamurst. In-place Augmented Reality. In *Mixed and Augmented Reality, 2008. ISMAR 2008. 7th IEEE/ACM International Symposium on*, pages 135–138, 2008.
- [37] R. M. Haralick and G. L. Kelly. Pattern Recognition with Measurement Space and Spatial Clustering for Multiple Images. In *Proc IEEE*, volume 57, pages 654–665, 1969.
- [38] J. Herling and W. Broll. Diminished Reality. Technical report, Ilmenau University of Technology, Department of Virtual Worlds / Digital Games, 2010.
- [39] D. Kalkofen, E. Mendez, and D. Schmalstieg. Comprehensible Visualization for Augmented Reality. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, Volume 15(2):193–204, 2009.
- [40] P. R. Keller and M. M. Keller. *Visual Cues: Practical Data Visualization*. IEEE Press, 1993.

- [41] J. B. Kim. A Personal Identity Annotation Overlay System Using a Wearable Computer for Augmented Reality. *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, Volume 49(4):1457–1467, 2003.
- [42] M. A. Kunar, R. Carter, M. Cohen, and T. S. Horowitz. Telephone Conversation Impairs Sustained Visual Attention Via a Central Bottleneck. *Psychonomic Bulletin & Review*, 15(6):1135–1140, 2008.
- [43] W. Lee and W. Woo. Exploiting Context-Awareness in Augmented Reality Applications. In *Ubiquitous Virtual Reality, 2008. ISUVR 2008. International Symposium on*, pages 51–54, 2008.
- [44] M.A. Livingston, J.H. Barrow, and C.M. Sibley. Quantification of Contrast Sensitivity and Color Perception Using Head-worn Augmented Reality Displays. In *Virtual Reality Conference, 2009. VR 2009. IEEE*, pages 115–122, 2009.
- [45] G.M. Mair. Telepresence-the technology and its economic and social implications. In *Technology and Society, 1997. 'Technology and Society at a Time of Sweeping Change'. Proceedings., 1997 International Symposium on*, pages 118–124, 1997.
- [46] T. Miyashita, P. Meier, T. Tachikawa, S. Orlic, T. Eble, V. Scholz, A. Gapel, O. Gerl, S. Arnaudov, and S. Lieberknecht. An Augmented Reality Museum Guide. In *Mixed and Augmented Reality, 2008. ISMAR 2008. 7th IEEE/ACM International Symposium on*, pages 103–106, 2008.
- [47] G. Nascimento, J. Costa, and L. Lopes. Relatório BIC: Visualização de dados relativos a barragens em formatos compatíveis com software de realidade aumentada. 2010.
- [48] S. Nilsson. *Augmentation in the Wild: User Centered Development and Evaluation of Augmented Reality Applications*. PhD thesis, Linköping University, 2010.
- [49] A.-M. Nivala and T. L. Sarjakoski. User Aspects of Adaptive Visualization for Mobile Maps. *Cartography and Geographic Information Science*, 34(4):275–284, 2007.
- [50] C.L. Novak and S.A. Shafer. Anatomy of a Color Histogram. In *Computer Vision and Pattern Recognition, 1992. Proceedings CVPR '92., 1992 IEEE Computer Society Conference on*, pages 599–605, jun 1992.
- [51] R. Paucher and M. Turk. Location-based Augmented Reality on Mobile Phones. In *Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2010 IEEE Computer Society Conference on*, pages 9–16, 2010.

- [52] S.D. Peterson, M. Axholt, M. Cooper, and S.R. Ellis. Visual Clutter Management in Augmented Reality: Effects of three label separation methods on spatial judgments. In *3D User Interfaces, 2009. 3DUI 2009. IEEE Symposium on*, pages 111–118, 2009.
- [53] Y. Pinto, P.D.L. Howe, M.A. Cohen, and T.S. Horowitz. The More Often You See an Object, the Easier it Becomes to Track it. *Journal of Vision*, 10(10):1–15, 2010.
- [54] H. Regenbrecht, G. Baratoff, and W. Wilke. Augmented Reality Projects in the Automotive and Aerospace Industries. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, Volume 25(6):48–56, 2005.
- [55] J. Rekimoto. *Matrix: A Realtime Object Identification and Registration Method for Augmented Reality*, pages 63–68. IEEE Comput. Soc, 1998.
- [56] F. Sauer, A. Khamene, B. Bascle, L. Schinunang, F. Wenzel, and S. Vogt. Augmented Reality Visualization of Ultrasound Images: system description, calibration, and features. In *Augmented Reality, 2001. Proceedings. IEEE and ACM International Symposium on*, pages 30–39, 2001.
- [57] W. R. Sherman and A. B. Craig. *Understanding Virtual Reality: Interface, Application and Design*. Morgan Kaufmann Publishers, 2003.
- [58] S. Silva, B. S. Santos, and J. Madeira. Using Color in Visualization: A survey. In *Computers & Graphics*, volume 35, pages 320–333, 2011.
- [59] Z. Soferman, D. Blythe, and N.W. John. Advanced Graphics Behind Medical Virtual Reality: evolution of algorithms, hardware, and software interfaces. *Proceedings of the IEEE*, Volume 86(3):531–554, 1998.
- [60] A. State, M. A. Livingston, G. Hirota, W. F. Garrett, M. C. Whitton, H. Fuchs, and E. D. Pisano. Technologies for Augmented-Reality Systems: Realizing ultrasound-guided needle biopsies. *SIGGRAPH 96 Conference Proceedings*, Volume 30(Annual Conference Series):439–446, 1996.
- [61] I. Sutherland. A Head-Mounted Three Dimensional Display. *Proceedings of the December 9/11 1968 fall joint computer conference part I on AFIPS 68 Fall part I*, Volume 1866(16):757, 1968.
- [62] E.J. Toledo, J.J. Martinez, E.J. Garrigos, and J.M. Ferrandez. FPGA Implementation of an Augmented Reality Application for Visually Impaired People. In *Field Programmable Logic and Applications, 2005. International Conference on*, pages 723–724, 2005.

- [63] M. Tonnis, L. Klein, and G. Klinker. Perception Thresholds for Augmented Reality Navigation Schemes in Large Distances. In *Mixed and Augmented Reality, 2008. ISMAR 2008. 7th IEEE/ACM International Symposium on*, pages 189–190, 2008.
- [64] A. Torralba. Modeling Global Scene Factors in Attention. *Journal of the Optical Society of America. A, Optics, image science, and vision*, 20(7):1407–1418, 2003.
- [65] J. Tumler, F. Doil, R. Mecke, G. Paul, M. Schenk, E. A. Pfister, A. Huckauf, I. Bockelmann, and A. Roggentin. Mobile Augmented Reality in Industrial Applications: Approaches for solution of user-related issues. *2008 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pages 87–90, 2008.
- [66] R. B. Welch. *Perceptual Modification: Adapting to altered sensory environments. Academic Press*, 1978.
- [67] J. M. Wolfe and T. S. Horowitz. Perspectives. *Nature Publishing Group*, Volume 5, 2004.
- [68] J.M. Wolfe, T.S. Horowitz, and N.M. Kenner. Rare Items Often Missed in Visual Searches. *Nature*, 435(7041):439–440, 2005.
- [69] R. Yamada and K. Kishimoto. Development of an Augmented Reality Based 3D Catalog for Electronic Commerce. In *IECON 02 [Industrial Electronics Society, IEEE 2002 28th Annual Conference of the]*, volume 4, pages 3001–3006, 2002.
- [70] F. Zhou, H.B.-L. Duh, and M. Billinghurst. Trends in Augmented Reality Tracking, Interaction and Display: A review of ten years of ismar. In *Mixed and Augmented Reality, 2008. ISMAR 2008. 7th IEEE/ACM International Symposium on*, pages 193–202, 2008.