

Visualização de Objetos *Off-Screen* em Realidade Aumentada Móvel

Gonçalo Silva¹Maria Beatriz Carmo¹Ana Paula Afonso²Ana Paula Cláudio¹António Ferreira²¹ BiolSI, Biosystems & Integrative Sciences Institute, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa² LaSIGE, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa

Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal

fc45337@alunos.fc.ul.pt, {mbcarmo, apafonso, apclaudio, amferreira}@fc.ul.pt

Abstract

Augmented Reality (AR) on mobile devices is an expanding area. In the last decade, we have seen a huge growth in the development of applications that use this technology to add useful information to the user concerning the environment that surrounds him. However, the use of AR in small devices is challenging. For example, when visualizing points of interest, there is no prior control over their number and location, thus, the overlapping of several symbols may occur. On the other hand, the addition of information to the real image does not have to be confined to objects in the user's field of view. The inclusion of clues about the existence of relevant objects outside the field of view (off-screen objects) is an important contribution for navigation through the space of information available to the user. Another aspect to keep in mind is the ability to express the information's relevance, this is, adapt the representation according to user's preferences. This paper presents a prototype developed for Android that proposes new techniques to reduce symbol occlusion, represent object relevance, and include cues for off-screen objects in mobile augmented reality environments.

Keywords

Augmented reality, mobile devices, off-screen objects, relevance, overlapping.

Sumário

A realidade aumentada (RA) em dispositivos móveis é uma área em crescente expansão. Na última década tem-se assistido a um desenvolvimento acentuado de aplicações que fazem uso desta tecnologia para acrescentar informação útil ao utilizador relativamente ao ambiente que o rodeia. No entanto, o uso da RA em dispositivos de pequenas dimensões coloca alguns desafios. Por exemplo, ao visualizar pontos de interesse, não existe controlo prévio sobre o seu número e localização, podendo ocorrer a sobreposição de vários símbolos. Por outro lado, a adição de informação à imagem real não tem que ficar confinada aos objetos presentes no campo de visão do utilizador. A inclusão de pistas sobre a existência de objetos fora do campo de visão (objetos *off-screen*) é um contributo importante para a navegação pelo espaço de informação. Outro aspeto a ter em conta é a capacidade de expressar a relevância da informação, ou seja, adaptar a representação de acordo com as preferências do utilizador. Este artigo apresenta um protótipo desenvolvido em Android, que propõe novas técnicas para reduzir sobreposições de símbolos, representar a relevância dos objetos, e incluir pistas para objetos *off-screen* em ambientes de realidade aumentada móvel.

Palavras-Chave

Realidade aumentada, dispositivos móveis, objetos *off-screen*, relevância, sobreposições.

1. INTRODUÇÃO

A realidade aumentada (RA) consiste em sobrepor elementos virtuais, em tempo real, à imagem do mundo físico capturada pela câmara de um dispositivo. Para uma experiência mais rica, os elementos virtuais devem movimentar-se no ecrã, acompanhando o movimento do dispositivo nas mãos do utilizador [Azuma97]. Com o crescimento massivo do uso de *smartphones* e *tablets* que integram vários sensores tais como *GPS*, acelerómetro,

magnetómetro, giroscópio, entre outros, estão reunidas as condições para o desenvolvimento de aplicações de RA para estes dispositivos. Um exemplo deste padrão emergente consiste no aumento da popularidade de aplicações na área do turismo, que sinalizam pontos de interesse em dispositivos móveis, tais como a Layar¹ ou a

¹ <https://www.layar.com/>

Wikitude². Estas aplicações, para além de mostrarem pontos de interesse num ambiente de RA, são usadas para obter variadas informações através de elementos textuais e visuais colocados sobre esses mesmos pontos [Pence10]. Um dos desafios destas aplicações é mostrar a informação de forma adequada, permitindo uma análise e compreensão que estimulem uma reação apropriada e intuitiva por parte do utilizador que a observa.

No entanto, quando as aplicações de RA são usadas em dispositivos móveis, apresentam várias restrições. Um dos principais problemas é que na RA o utilizador está limitado ao campo de visão da câmara, mas a informação encontra-se 360º à sua volta [Mulloni10]. Assim, a informação fora do campo de visão da câmara não é visível no ecrã, limitando drasticamente a perceção do utilizador sobre aquilo que o rodeia, obrigando-o a rodar o dispositivo verticalmente e horizontalmente até encontrar os objetos pretendidos. De forma a mitigar este problema, é necessário conseguir fornecer informação no ecrã relativa à existência de objetos fora da área visível (objetos *off-screen*).

Outra restrição dos dispositivos móveis é o ecrã pequeno, que causa frequentes sobreposições entre as representações dos objetos, que se traduzem em problemas de navegação e de perceção da informação mostrada [Nóbrega15].

Por fim, outro tópico abordado é como apresentar a informação para que o utilizador identifique o que é relevante de acordo com as suas preferências, permitindo que a sua tarefa de navegação seja mais rápida e intuitiva, e o seu objetivo seja concluído com menos esforço.

Como resposta aos problemas expostos, neste artigo é descrito o protótipo de uma aplicação para o sistema operativo Android, que serve para visualizar pontos de interesse em RA móvel, explorando a representação de pontos *off-screen*, a sua relevância, e o tratamento de sobreposições.

Este artigo está organizado da seguinte forma: na próxima secção é identificado o principal trabalho relacionado, na secção 3 é apresentado o protótipo desenvolvido e as suas principais funcionalidades, e a secção 4 é dedicada às conclusões e trabalho futuro.

2. TRABALHO RELACIONADO

Existem já algumas técnicas que fazem a sinalização de pontos *off-screen* em RA móvel, apesar de nenhuma propor métodos de representação de relevância e tratamento de sobreposições. Nesta secção apresentam-se as principais técnicas que inspiraram o protótipo desenvolvido.

2.1 Radar

A técnica designada por Radar segue uma estratégia *overview+detail*, e é frequentemente usada em RA. Fornece uma vista extra (*overview*) representativa do mundo real, visto de cima, estando o utilizador no centro,

² <https://www.wikitude.com/>

o que permite perceber claramente onde se encontra e que objetos o rodeiam [Schinke10].

No entanto, esta técnica exige uma constante conversão da vista 2D apresentada para a vista real 3D, o que apesar de ser um processo mental automático dos utilizadores, pode causar alguma demora e confusão quando usado com um grande conjunto de pontos. Além disto, a limitação desta técnica para representar alturas torna desconfortável a sua utilização, pois não sendo possível saber a que altura está um objeto, o utilizador é obrigado a rodar o dispositivo verticalmente até encontrar o ponto pretendido [Aretz92].

Ainda assim, esta aproximação continua a ser uma técnica largamente utilizada, principalmente em cenários virtuais, pela sua simplicidade e eficácia em ambientes com um número de objetos limitado.

2.2 Setas 3D

De forma a resolver os problemas associados ao Radar, as setas 3D têm sido frequentemente utilizadas como meio de sinalização *off-screen* [Chitarro04]. Esta técnica consiste na utilização de setas desenhadas tridimensionalmente, que apontam para objetos *off-screen* [Burigat07].

Apesar de solucionar o problema da representação de alturas e não ser necessária qualquer conversão mental, visto que tanto o mundo físico como as setas estão representados tridimensionalmente, quando utilizada com um grande conjunto de pontos esta técnica apresenta níveis de oclusão elevados. Assim, torna-se muito difícil seguir as indicações fornecidas, pois a sobreposição entre setas torna-as ilegíveis [Chitarro04].

Foram propostas algumas alternativas, nomeadamente, a diminuição do tamanho das setas de forma a reduzir a probabilidade de interseção. Todavia, neste caso perde-se a informação dada através da morfologia da seta, por exemplo, no caso da distância do utilizador ao ponto ser representada pelo comprimento da seta.

Outro problema é o facto da vista fornecida pela técnica estar em conflito com o eixo de referência humano, o que pode tornar difícil seguir o movimento proposto pelas setas e até confundir o utilizador relativamente à direção indicada pelas mesmas [Carlson-Radvansky93].

2.3 AroundPlot

A técnica AroundPlot, proposta por Jo *et al.* [Jo11], adota uma abordagem *focus+context*, e por isso combina a vista detalhada e a vista geral numa só, o que contribui para a fácil comparação entre as vistas em tarefas de movimento e mudança de direção. A vista detalhada corresponde ao mundo real captado pela câmara do dispositivo, enquanto a vista de contexto ocupa uma moldura junto à borda do ecrã. Esta moldura é transparente e limitada por um retângulo que envolve a zona central da imagem. Os objetos *off-screen* são representados por pequenos círculos desenhados na moldura, a uma distância do bordo que é proporcional à distância do objeto à região visível na imagem.

Uma das principais vantagens desta técnica é a região da moldura onde aparece um ponto *off-screen* indicar o

sentido da rotação que deve ser efetuada para que este se torne visível (*on-screen*), induzindo um movimento intuitivo, claro e completamente alinhado com o eixo de referência humano ao contrário das setas 3D.

Por outro lado, em comparação com o radar, permite representar a altura através das regiões horizontais existentes em cima e em baixo, no ecrã. Por fim, como estas barras são demasiado estreitas para representarem uma parte tão grande do mundo real (tudo o que não é visível), surge uma funcionalidade de ampliação dinâmica das mesmas consoante o movimento do utilizador. Se o utilizador quer que um ponto colocado na barra direita se torne visível, este terá de rodar para a direita, e nesse momento, a região direita será ampliada (ampliação dinâmica) para que os pontos se possam dispersar mais livremente, e simultaneamente, proporcionando uma ideia mais precisa de quando o ponto se irá tornar visível.

Contudo, quando esta técnica é usada com muitos pontos, a moldura fica demasiado preenchida o que torna a leitura da informação sobre os objetos *off-screen* confusa e, ainda que a ampliação dinâmica reduza grande parte desse problema, os cantos continuam a ser uma zona com elevada densidade de pontos, porque pertencem simultaneamente a uma região horizontal e a uma região vertical.

2.4 SideARs

O SideARs foi proposto por Siu *et al.* [Siu13] com o intuito de fornecer suporte e apoio aos bombeiros que possuem fracas condições de comunicação, tentando aumentar a sua perceção relativamente aos recursos que os rodeiam. Os autores desta técnica fazem referência a todas as anteriormente mencionadas, afirmando que nenhuma delas faz agrupamento de pontos de interesse por tipo. O SideARs surge na tentativa de colmatar essa falha.

O protótipo do SideARs usa duas regiões retangulares verticais, uma de cada lado do ecrã, contendo vários símbolos representativos dos objetos *off-screen*, semelhante à técnica do AroundPlot. Porém, existe a funcionalidade de agrupamento de pontos consoante o tipo, como camiões, estações de polícia, entre outros. Cada agrupamento é representado por um símbolo que mostra um número indicativo do número de objetos existentes daquele tipo, e a distância até chegar ao mais próximo.

Por fim, este protótipo dá ainda a possibilidade de configurar quais os tipos de pontos que devem estar visíveis na aplicação, pois o que é relevante para um bombeiro pode não ser para outro, dependendo da sua função. Desta forma, para além de fazer a sinalização *off-screen*, o SideARs permite aos bombeiros filtrar e encontrar os objetos relevantes com maior rapidez e eficiência.

Contudo, os autores não fazem qualquer referência à representação de alturas e as indicações *off-screen* não fornecem nenhuma informação sobre quando é que o objeto vai entrar na área visível, tornando impossível

para o utilizador antecipar esse momento e abrandar a rotação.

2.5 Sparkle

Desenvolvido por Boll *et al.* [Boll14], o Sparkle, apesar de não ser usado em RA, é aqui abordado por usar a região envolvente da imagem para a sinalização de objetos *off-screen*. Esta técnica foca-se no uso de uma superfície de LEDs que emite luz, que permite indicar a localização de pontos *off-screen* sem a necessidade de colocar indicações no ecrã. Ou seja, até agora todas as técnicas de sinalização de pontos fora da área visível colocavam pistas no próprio ecrã para os encontrar, ao contrário do Sparkle, que mantém o ecrã totalmente disponível para pontos *on-screen* e usa uma superfície luminosa exterior para a sinalização *off-screen*, o que é inovador.

Para conseguir este efeito, o dispositivo é colocado sob uma superfície de LEDs emissores de luz de diferentes cores, intensidades e formas, tornando possível ao utilizador perceber onde estão os pontos *off-screen*. Esta técnica provou ser robusta, diminuindo a carga cognitiva e aumentando a perceção sobre o que rodeia o utilizador de forma intuitiva, tendo obtido bons resultados.

Porém, é uma técnica limitada na medida em que implica ter um suporte de LEDs para usar em conjunto com o dispositivo, sendo apenas viável em situações muito concretas e não no dia-a-dia do utilizador comum.

3. EXPLORAÇÃO DE PONTOS DE INTERESSE EM REALIDADE AUMENTADA MÓVEL

Nesta secção é descrito em detalhe de que forma o protótipo desenvolvido pretende resolver os problemas de representação de relevância, sinalização *off-screen*, e tratamento de sobreposições.

3.1 Contexto

O protótipo desenvolvido permite a visualização de pontos de interesse, no qual o utilizador pode navegar livremente num ambiente de RA usando dispositivos móveis.

Mais especificamente, o protótipo utiliza dados georreferenciados sobre caixas multibanco em Portugal, que constituem os pontos de interesse apresentados na aplicação. Pretendendo este protótipo ser uma prova de conceito, são considerados apenas três bancos: Caixa Geral de Depósitos (CGD), Banif (Ban) e Novo Banco (NB), que são suficientes para demonstrar as funcionalidades desenvolvidas.

3.2 Representação da Relevância

Apesar da evolução dos dispositivos móveis, os ecrãs continuam a impor restrições severas ao nível da visualização e interação, particularmente aquando da exploração de grandes quantidades de dados geográficos. Filtrar a informação no ecrã de acordo com a sua importância pode tornar-se demasiado complexo se os objetos mais relevantes não “saltarem à vista” comparativamente aos restantes, principalmente devido à capacidade de atenção limitada do ser humano [Swienty08]. É importante, no meio de tanta informação navegável, conseguir salientar a que é mais importante

para o utilizador, para que este possa encontrar o que pretende de forma rápida e eficiente.

Para desenvolver o protótipo, e de acordo com um estudo desenvolvido por Gonçalves *et al.* [Gonçalves11a], a cor foi o atributo escolhido para a representação da relevância. Neste estudo utilizou-se a analogia *warm-cold* em que as cores mais frias representam objetos menos relevantes, e as cores mais quentes objetos de maior relevância. Juntou-se ainda a variação de opacidade, sendo representados com maior opacidade os objetos mais relevantes e maior transparência os menos relevantes.

Dentro do mesmo grau de relevância, o grau de transparência varia também em função da distância do objeto ao observador. Assim, os pontos mais transparentes estão mais longe e os mais opacos mais perto. A Figura 1 resume a abordagem de cores e transparências adotada.



Figura 1: Esquema de cores e transparências usado no protótipo [Gonçalves11b].

Deste modo, cada símbolo representativo de um ponto de interesse possui uma cor e um grau de transparência em função da sua relevância e distância ao utilizador, respetivamente.

No protótipo aqui apresentado, a relevância foi atribuída *a priori* consoante o banco. Contudo, poderia ter-se considerado a atribuição da relevância através de uma função de grau de interesse com base em vários critérios, como sugerido por Pombinho *et al.* [Pombinho09].

Quanto à transparência, é preciso notar que, como ilustrado na Figura 1, um ponto muito relevante é sempre mais opaco que um outro pouco relevante, mesmo estando o último muito mais perto do utilizador, uma vez que o objetivo é conseguir que o utilizador se foque no que é mais importante. Por isso, a transparência apenas pode ser usada para comparar distâncias entre pontos da mesma relevância. Consequentemente, usámos a Tabela 1 como referência para implementar o mecanismo de transparência, variando esta num intervalo [0, 255], correspondendo o zero à maior transparência.

Tabela 1: Distribuição da cor e transparência de acordo com a relevância dos pontos de interesse [Gonçalves11a].

Relevância	Cor	Transparência
Elevada	Vermelho	[190, 255]
Intermédia	Roxo	[64, 189]
Baixa	Azul	[0, 63]

Para conseguir o comportamento pretendido, criou-se uma função $alpha$ (1) que permite interpolar o valor da transparência em função da distância d e relevância r de

um ponto, sabendo para cada r o respetivo valor máximo e mínimo da transparência e ainda o raio de pesquisa de pontos relativamente à posição do observador:

$$alpha(r, d) = \left(\frac{t_{max}(r) - t_{min}(r)}{raio} \right) \times d + t_{min}(r) \quad (1)$$

O raio de pesquisa na função (1) é um parâmetro de configuração, que pode ser modificado pelo utilizador. A aplicação só irá considerar os POI cuja distância ao utilizador seja igual ou inferior ao valor atribuído a este parâmetro.

Para facilitar a comparação da distância dos objetos à posição do observador, além da variação do grau de transparência, como proposto por Gonçalves *et al.* [Gonçalves11a], recorreu-se também à variação do tamanho do símbolo: objetos mais distantes correspondem a símbolos mais pequenos.

Optou-se, assim, por usar dois atributos do símbolo, transparência e tamanho, para expressar a distância. Por um lado, como não é possível controlar o conteúdo da imagem do fundo, a variação do grau de transparência pode não ser perceptível, ao contrário do que acontece com a variação do tamanho. Por outro lado, como a variação da transparência é usada nos símbolos *off-screen*, como se explicará adiante, manteve-se a variação deste atributo para manter a coerência entre as duas representações.

O resultado final da combinação de cores, transparências, e tamanhos é ilustrado na Figura 2, que mostra as três cores usadas para representar relevância, respetiva transparência e variação do tamanho, consoante a distância ao utilizador.



Figura 2: Exemplo do uso de cores e transparências no protótipo.

Se o utilizador pretende comparar a distância entre objetos de diferentes relevâncias, deverá focar-se no tamanho do símbolo, que será maior quanto mais perto este estiver do utilizador. É ainda de referir que não é feita qualquer adaptação da simbologia de acordo com o ambiente exterior, por isso todos os símbolos possuem um rebordo preto, por ser uma das formas preferidas dos utilizadores distinguirem claramente os símbolos do *background*, de acordo com um estudo realizado por Carmo *et al.* [Carmo12].

3.3 Sinalização Off-Screen

Atualmente existem várias técnicas para sinalizar objetos fora da área visível no ecrã, mas muitas delas são pouco escaláveis ou confusas. Além disso, não existem técnicas que simultaneamente deem pistas para a localização dos objetos *off-screen* e informem sobre a sua relevância.

Para resolver esta limitação, seguiu-se uma abordagem *focus+context* com uma moldura de sinalização, semelhante ao *AroundPlot*. A técnica desenvolvida usa cores e transparência para representar a distância e relevância dos pontos *off-screen* e *on-screen*.

O protótipo tem ainda um modo alternativo de visualização, que complementa a RA recorrendo a um mapa 2D, para que o utilizador possa intercalar entre ambos de forma a encontrar o que pretende de forma mais rápida. Em seguida, cada um dos modos é descrito de forma detalhada.

3.3.1 Realidade Aumentada

Na camada de RA, foram criadas duas barras horizontais e duas barras verticais ligeiramente translúcidas, que formam uma moldura à volta da área visível. As duas barras que representam pontos *off-screen* na horizontal estão posicionadas nos lados esquerdo e direito do ecrã (Figura 3a), e as outras duas, que representam pontos *off-screen* na vertical, estão posicionadas nas partes superior e inferior do ecrã (Figura 3b).

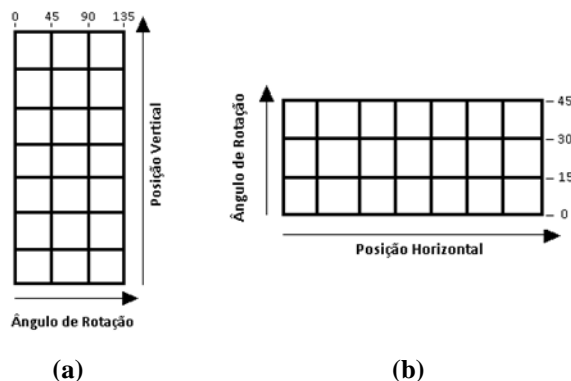


Figura 3: Barras da camada de RA: a) vertical direita, e b) horizontal superior.

De modo a evitar sobreposições, cada uma destas barras está dividida numa quadrícula para permitir agrupar os objetos *off-screen* de acordo com a sua posição no espaço.

Se um objeto está dentro do campo de visão da câmara no plano vertical, isto é, não está a uma altura demasiado elevada ou reduzida que o utilizador não o possa ver, mas está fora do campo de visão da câmara no plano horizontal (por exemplo, atrás das costas), então isso significa que o ponto aparecerá ou na barra direita ou na barra esquerda. Visto que esse mesmo ponto pode tornar-se visível rodando para a esquerda ou para a direita, o símbolo é colocado na barra que corresponde ao movimento de rotação de mais rápido acesso ao ponto.

O mesmo raciocínio é aplicado a um objeto que esteja dentro dos limites horizontais, mas fora dos limites verticais. Nesse caso, o objeto *off-screen* está a uma

altura demasiado alta ou baixa e não está dentro do ângulo de visão da câmara, pelo que deverá aparecer na barra superior ou inferior. A diferença reside em não considerar a possibilidade do utilizador rodar para além dos 180° (apontar para o céu) ou aquém dos 0° (apontar para o chão), pois seriam movimentos impossíveis para a anatomia humana e pouco expectáveis de serem realizados com o dispositivo.

O posicionamento dos símbolos representativos dos objetos *off-screen* nas barras verticais e horizontais depende da abertura da câmara e da posição do objeto relativamente à direção em que a câmara está a apontar, tanto na horizontal como na vertical. Um dos parâmetros de configuração da aplicação é o ângulo de abertura da câmara, que neste caso foi inicializado a 90°, sendo este o valor que serviu de referência aos ângulos apresentados nas Figuras 3 e 4.

Relativamente ao plano horizontal, consideraram-se 7 zonas, ilustradas na Figura 4a. Estas zonas são identificadas pelo ângulo entre a direção em que se encontra o objeto e a direção em que está apontado o dispositivo, correspondente ao ângulo 0°: a zona 0 cobre a área visível no ecrã; as zonas 1, 2 e 3 são, respetivamente, a 1ª, 2ª e 3ª colunas da barra direita, começando a contar do bordo interior da moldura; e as zonas 4, 5 e 6 são a 1ª, 2ª e 3ª colunas da barra esquerda, a contar do bordo interior da moldura.

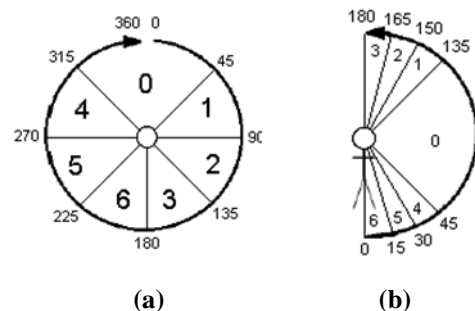


Figura 4: Rotações: a) horizontal vista de cima, e b) vertical vista de lado.

Quanto à disposição dos pontos na vertical, seguiu-se uma divisão análoga à considerada para o plano horizontal. Consideraram-se também 7 zonas, em que a zona 0 corresponde à área visível no ecrã e as restantes zonas às áreas das barras superior e inferior (Figura 4b).

Um objeto pode pertencer à interseção de duas barras. Por exemplo, se estiver simultaneamente acima e à esquerda da área visível no ecrã, pertencerá à interseção da barra superior com a barra esquerda. Tendo em atenção as áreas definidas, mostram-se na Figura 3 os limites dos ângulos de rotação a aplicar para ver no ecrã os pontos *off-screen* colocados em cada coluna e linha, respetivamente.

No protótipo construído, a determinação da célula em que é mostrado o ponto *off-screen* baseia-se no cálculo do azimute e da altitude em relação à posição do utilizador. O azimute é o ângulo formado entre o norte geográfico (*true north*) e uma outra direção, neste caso a

direção de observação do utilizador. A altitude é o ângulo formado entre o plano do horizonte e o objeto. Estes valores foram calculados usando a API Android tendo em conta os valores do GPS, magnetómetro e acelerómetro do dispositivo móvel. A partir destes valores, a posição do ponto é *on-screen* ou *off-screen* consoante o azimute (y) e altitude (p) e de acordo com os valores da função $posiçãoPonto(y,p)$ (2):

$$\begin{cases}
 \textit{on-screen}, & \text{se } (315 \leq y \leq 360 \vee 0 \leq y \leq 45) \\
 & \wedge (45 \leq p \leq 135) \\
 \textit{off-screen left}, & \text{se } 180 < y < 315 \\
 \textit{off-screen right}, & \text{se } 45 < y \leq 180 \\
 \textit{off-screen top}, & \text{se } p < 45 \\
 \textit{off-screen bottom}, & \text{se } p > 135
 \end{cases} \quad (2)$$

Uma vez determinada a posição do símbolo, este será desenhado com a cor e transparência correspondentes, respetivamente à sua relevância e distância ao utilizador (Figuras 5a e 5b).

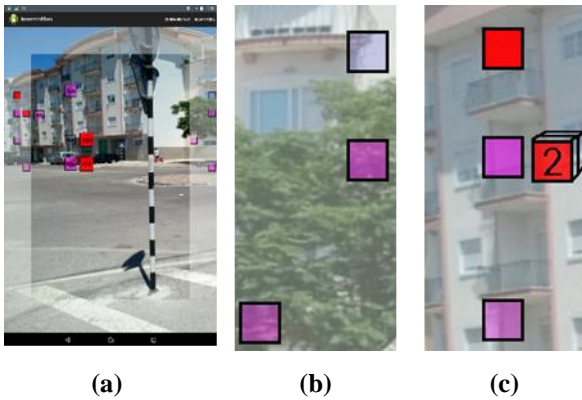


Figura 5: Sinalização *off-screen*: a) barras de sinalização, b) pontos únicos sinalizados, e c) pontos agregados sinalizados.

Resumindo, o protótipo permite ao utilizador obter as seguintes informações relativas a um ponto no ecrã: a sua relevância (dada pela cor), comparar a distância deste ao utilizador com outros pontos da mesma relevância (a partir da transparência), saber qual o lado de acesso mais rápido ao ponto (indicado pela barra onde o ponto aparece) e ainda ter noção da amplitude da rotação horizontal e/ou vertical necessária para que ele se torne visível (informação fornecida pela coluna e/ou linha onde está inserido).

Por fim, se existe mais de um ponto na mesma célula da grelha de uma das barras de sinalização, então o símbolo é desenhado com linhas adjacentes ao quadrado para dar o efeito de perspetiva, que designamos por pilha, e será mostrado um número indicativo de quantos pontos estão ali agregados. A pilha assume a cor e transparência do ponto mais relevante e mais próximo de entre todos os agregados naquela célula (Figura 5c).

3.3.2 Mapa 2D

A aplicação desenvolvida fornece uma opção de Mapa 2D, que surge como uma alternativa complementar à RA.

A RA exige que o utilizador adote uma postura vertical e segure o dispositivo firmemente de forma prolongada, o que pode causar fadiga e desconforto, visto esta ser uma posição pouco natural [Nóbrega15]. Ao fornecer o modo de Mapa 2D, permitimos que o utilizador use a RA para encontrar o que pretende e se oriente nessa direção, e que de seguida possa mudar para outro modo mais confortável, podendo voltar ao modo anterior sempre que entender.

Por outro lado, a RA pode estar a indicar pontos *on-screen* que ainda não são visíveis no mundo real, por existirem obstáculos entre o utilizador e o ponto, ou por a distância entre eles ser ainda demasiado grande. Desta forma, alternando para o Mapa, o utilizador pode situar-se e, além disso, perceber qual a posição dos pontos de interesse em relação à sua posição no terreno. O mapa, além de mostrar a localização atual do utilizador com um ponto azul, indica também os pontos que estavam na RA com a mesma cor e transparência para haver coerência nas duas representações. Por último, sobre o Mapa 2D é ainda colocado um Radar que permite visualizar o raio de pesquisa e a área *on-screen* (Figura 6).



Figura 6: Modo Radar.

A aplicação tem ainda a capacidade de rodar o mapa conforme a orientação do utilizador de modo a que a orientação do mapa esteja alinhada com a do utilizador. Ao clicar sobre um ponto no mapa conseguimos obter algumas informações como o local onde fica, número de telefone, e o nome do banco. Este modo foi construído usando a API do GoogleMaps, à exceção do raio de visão que foi adicionado neste protótipo.

3.4 Tratamento de Sobreposições *On-Screen*

Um dos problemas recorrentes da RA é a facilidade com que ocorrem sobreposições de diferentes elementos virtuais, dificultando a visualização das informações fornecidas. Por isso, a aplicação desenvolvida preocupa-se em fazer o tratamento das sobreposições, permitindo

apresentar a informação de forma organizada e clara ao utilizador.

Optou-se, então, por transportar o conceito de pilha também para a área *on-screen*. De forma geral, a ideia é que sempre que dois pontos de interesse ocupem um espaço muito próximo, sejam agregados e apresentados como uma pilha, a qual, além de tomar a cor e transparência do mais relevante e mais próximo, assume também o seu tamanho (que indica a distância do ponto ao utilizador).

A pilha mostra um número indicativo da quantidade de pontos ali agregados. Ao contrário das pilhas formadas nas barras de sinalização, quando existe uma pilha na área visível é possível desagregá-la, clicando sobre a mesma. Quando uma pilha é desagregada, esta mostra separadamente os pontos que estavam agregados indicando a posição exata de cada um no ecrã. Os pontos desagregados voltam a agregar-se após 7 segundos. O resultado final da implementação do processo de tratamento de sobreposições é ilustrado na Figura 7.

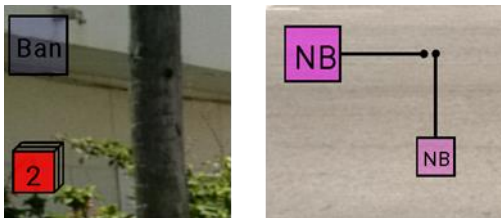


Figura 7: Tratamento de sobreposições:
a) agregação, e b) desagregação.

De seguida é explicado como é que o processo de agregação é feito internamente. Primeiramente, é necessário dividir o mundo em sectores circulares, para que a grelha criada para representar o mundo esteja fixa ao mesmo e não agarrada ao ecrã do dispositivo. Em seguida, para cada ponto, com base na sua localização geográfica, é calculado o azimute e a altitude, para determinar em que sector circular do mundo o ponto está situado.

A opção por trabalhar em coordenadas do mundo e não do ecrã tem a vantagem de evitar sucessivas agregações e desagregações de símbolos à medida que se muda a orientação do dispositivo. Ou seja, se a grelha estivesse associada às coordenadas de ecrã, ao rodar o dispositivo, a grelha rodaria. Assim a grelha passaria a estar associada a outra área do mundo e consequentemente as células corresponderiam também a outras sub-regiões. Isto implicaria que os pontos de interesse associados às células iriam variar e os símbolos de agregação também, havendo uma descontinuidade nas representações.

Dividimos o mundo horizontalmente e verticalmente em fatias de 9° cada e sabendo que a zona visível cobre uma área de 90° , o utilizador é capaz de ver 10 ($90^\circ/9$) fatias do mundo real *on-screen*. Os restantes 270° do mundo real representam as restantes 30 ($270^\circ/9$) fatias *off-screen*.

Como já foi referido, a grelha que divide o mundo em fatias depende das coordenadas do mundo (*lat*, *lon*) e não do ecrã, e, por essa razão, à medida que o utilizador muda

a sua orientação, a grelha não se move mas o utilizador passa a olhar para outras células.

Contudo, durante a maior parte do tempo, a orientação do utilizador não vai capturar na área visível exatamente 10 fatias mas sim 11, isto porque a câmara do dispositivo vai cobrir 9 fatias inteiras e outras 2 não totalmente cobertas, como ilustrado na Figura 8a.

Para resolver este caso, é verificada qual das 2 fatias tem maior proporção coberta e essa é a escolhida para ser representada inteiramente, descartando a outra. No caso da Figura 8a, como a fatia 1 é menos coberta do que a 11, é feito um ajuste à visualização, representando toda a última fatia e descartando a primeira como mostrado na Figura 8b. O mesmo raciocínio é aplicado às fatias verticais.

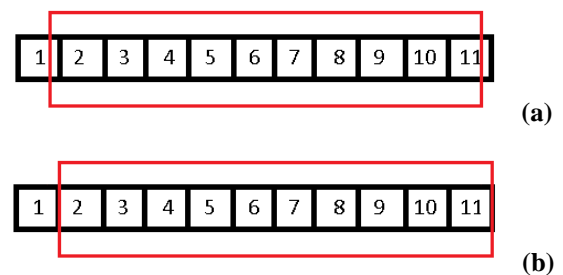


Figura 8: a) caso com fatias não totalmente cobertas, e b) resultado após o ajuste na visualização.

4. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Neste artigo foi apresentado o protótipo de uma aplicação Android que permite localizar pontos de interesse em ambientes de realidade aumentada móvel.

Esta aplicação permite a navegação e exploração dos pontos de interesse em RA com sinalização de objetos *off-screen*, representação da relevância e tratamento de sobreposições, quer para pontos *on-screen*, quer para pontos *off-screen*. Além disto, fornece ainda um modo de Mapa 2D que poderá ser usado de forma complementar à RA, permitindo ao utilizador reconhecer mais facilmente a posição relativa de todos os objetos assinalados.

Estão em curso testes com utilizadores. Os resultados destes testes ajudarão a corrigir problemas que venham a ser detetados e a identificar as preferências dos utilizadores na combinação de RA com a visualização em mapas.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio material da unidade de I&D BioISI, UID/MULTI/04046/2013, financiada pela FCT/MCTES/ PIDDAC e da unidade de I&D LaSIGE, através do projeto estratégico PEst-OE/EEI/UI0408/2014, Portugal.

6. REFERÊNCIAS

- [Aretz92] Aretz, A. J., & Wickens, C. D. (1992). The mental rotation of map displays. *Human performance*, 5(4), 303-328.
- [Azuma97] Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence*, 6(4), 355-385.

- [Boll14] Müller, H., Löcken, A., Heuten, W., & Boll, S. (2014). Sparkle: an ambient light display for dynamic off-screen points of interest. In *Proceedings of the ACM 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational*, pp. 51-60.
- [Burigat07] Burigat, S., & Chittaro, L. (2007). Navigation in 3D virtual environments: Effects of user experience and location-pointing navigation aids. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65(11), 945-958.
- [Carlson-Radvansky93] Carlson-Radvansky, L. A., & Irwin, D. E. (1993). Frames of reference in vision and language: Where is above?. *Cognition*, 46(3), 223-244.
- [Carmo12] Carmo, M. B., Cláudio, A. P., Ferreira, A., Afonso, A. P., Simplício, R. (2012). Improving Symbol Saliency in Augmented Reality. In *Proceedings of the International Conference on Computer Graphics Theory and Applications, GRAPP 2013*, pp. 367-372.
- [Chitarro04] Chittaro, L., & Burigat, S. (2004). 3D location-pointing as a navigation aid in Virtual Environments. In *Proceedings of the ACM working conference on Advanced visual interfaces*, pp. 267-274.
- [Gonçalves11a] Gonçalves, T., Afonso, A. P., Carmo, M. B., & Pombinho, P. (2011). HaloDot: Visualization of the Relevance of Off-Screen Objects. In *Atas do V Simpósio Ibero-Americano de Computação Gráfica, SIACG 2011*, pp. 117-120.
- [Gonçalves11b] Gonçalves, T. (2011). *Visualização da relevância da informação geográfica em aplicações móveis*, Tese de mestrado em Engenharia Informática, DI-FCUL.
- [Jo11] Jo, H., Hwang, S., Park, H., & Ryu, J. H. (2011). Aroundplot: Focus+context interface for off-screen objects in 3D environments. *Computers & Graphics*, 35(4), 841-853.
- [Mulloni10] Mulloni, A., Dünser, A., & Schmalstieg, D. (2010). Zooming interfaces for augmented reality browsers. In *Proceedings of the ACM 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services*, pp. 161-170.
- [Nóbrega15] Nóbrega, R., Cabral, D., Jacucci, G., & Coelho, A. (2015). NARI: Natural Augmented Reality Interface. In *Proceedings of the International Conference on Computer Graphics Theory and Applications, GRAPP*, pp. 504-510.
- [Pence10] Pence, H. E. (2010). Smartphones, smart objects, and augmented reality. *The Reference Librarian*, 52(1-2), 136-145.
- [Pombinho09] Pombinho, P., Carmo, M. B., & Afonso, A. P. (2009). Evaluation of overcluttering prevention techniques for mobile devices. In *Proceedings of the 13th International Conference on Information Visualisation*, pp. 127-134.
- [Schinke10] Schinke, T., Henze, N., & Boll, S. (2010). Visualization of off-screen objects in mobile augmented reality. In *Proceedings of the ACM 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services*, pp. 313-316.
- [Siu13] Siu, T., & Herskovic, V. (2013). SidebARs: improving awareness of off-screen elements in mobile augmented reality. In *Proceedings of the ACM 2013 Chilean Conference on Human-Computer Interaction*, pp. 36-41.
- [Swienty08] Swienty, O., Reichenbacher, T., Reppermund, S., & Zihl, J. (2008). The role of relevance and cognition in attention-guiding geovisualisation. *The Cartographic Journal*, 45(3), 227-238.