

Avaliação da interacção com Envolvimentos Virtuais através de matrizes de exploração do espaço

Emília Duarte
UNIDCOM/IADE – Escola Superior
de Design
Av. D. Carlos I, 4, 1200-649 Lisboa
emilia.duarte@iade.pt

Júlia Teles
Unidade de Métodos Matemáticos
Faculdade de Motricidade Humana
Estrada da Costa, 1499-002 Cruz
Quebrada, Dafundo
jteles@fmh.utl.pt

Luís Teixeira Francisco Rebelo
Laboratório de Ergonomia
Faculdade de Motricidade Humana
Estrada da Costa, 1499-002 Cruz Quebrada, Dafundo
lmeixeira@fmh.utl.pt; frebelo@fmh.utl.pt

Sumário

Este estudo teve como objectivo principal a avaliação da interacção com Envolvimentos Virtuais (EVs) através de matrizes de exploração do espaço. As matrizes são o resultado da exploração de um EV, com dois níveis de poluição visual, onde foram aplicados dois tipos de avisos de segurança, estáticos e dinâmicos, tendo ainda sido considerada uma condição de controlo. Participaram neste estudo 150 indivíduos, 30 em cada uma de 5 condições experimentais, aos quais foi pedido que efectuassem uma tarefa, relacionada com avisos de segurança, que implicava a procura de botões distribuídos por diversas zonas do EV. Partindo do pressuposto que os avisos mais salientes (dinâmicos) seriam detectados mais facilmente, foi colocada a hipótese de que existiriam diferenças na exploração do espaço e que essas diferenças estariam reflectidas nas matrizes. O sistema de Realidade Virtual (RV) imersiva – ErgoVR – recolheu automaticamente diversos dados da interacção, entre os quais se destacam a posição do participante no EV, os tempos e as distâncias percorridas. Esses dados permitiram gerar matrizes de exploração do espaço, por condição experimental, contendo indicação das quadriculas pisadas e a frequência com que o foram. O “acordo” da exploração espacial, nas 5 condições experimentais, foi avaliado através da aplicação do Coeficiente de Correlação de Concordância sobre as frequências com que as quadriculas foram pisadas. Os resultados obtidos revelam valores bastante elevados de “acordo” entre as matrizes, o que permite afirmar que a exploração do espaço no EV não foi fortemente influenciada pela condição experimental.

Palavras-chave

Realidade Virtual, interacção, exploração do espaço, avisos de segurança

1. INTRODUÇÃO

Na maioria das situações do nosso quotidiano somos confrontados com inúmeros estímulos (ex. cartazes, sinais, luzes, sons, pessoas), presentes no envolvimento, que competem em simultâneo pela nossa atenção. Porém, apesar de sermos capazes de dividir a atenção por mais do que um estímulo, tanto a capacidade de dar atenção, como os recursos cognitivos usados no processamento activo da informação são limitados [Anderson00]. Nesse sentido, somos selectivos e, por vezes, focamo-nos na procura activa de um certo tipo de estímulo, ignorando os restantes.

Haverá situações em que não dar ou não manter a atenção, numa determinada informação, poderá não ser grave, mas o mesmo não se pode dizer tratando-se de

informação de segurança (ex. avisos e sinais). O processamento de avisos pode ser sequenciado, de forma geral, em três grandes etapas: dar atenção, compreender e agir em conformidade. Se a eficácia na última etapa é considerada, por diversos autores, como a avaliação mais importante [e.g. Kalsher06; Silver99; Wogalter87], aquilo que acontece na etapa da atenção é crucial, no sentido em que pode estancar, logo no início, todo o processo subsequente. Dificilmente poderemos agir em conformidade com um aviso que não detectámos. Adicionalmente, diversos estudos revelaram a existência de uma relação entre a saliência dos avisos e o sucesso na promoção do comportamento consonante [e.g. Wogalter93]. No entanto, em parte, a importância do grau de saliência também está dependente das experiências e conhe-

cimentos prévios dos indivíduos. Por exemplo, a exposição repetida ao mesmo aviso leva à formação de uma memória que, por sua vez, leva a que o mesmo se torne menos saliente para o receptor em resultado de uma habituação [Wogalter06]. É claro que o processo da atenção não é tão simples quanto o aqui exposto, mas estas noções básicas servem para enquadrar o trabalho desenvolvido.

Em termos genéricos, a tendência será dar atenção (ex. olhar, escutar) aos estímulos mais conspícuos, isto é, àqueles que, devido às suas propriedades ou características, se destacam ou são mais proeminentes no envolvimento. A este respeito, estudos recentes sugerem que avisos dinâmicos, por vezes multimodais, habitualmente de base tecnológica, são mais eficientes do que os equivalentes tradicionais (estáticos), uma vez que possuem características que os tornam mais salientes e mais resistentes à habituação [e.g. Wogalter02; Mayhorn03; Smith-Jackson04; Wogalter05]. O resultado pode ser a obtenção de níveis mais elevados de consonância comportamental. A atenção, tal como acontece com outras etapas do processamento da informação, não pode ser avaliada directamente. Assim, a sua avaliação é feita através de variáveis que, potencialmente, reflectem o fenómeno (definições operativas) como, por exemplo, o tempo de detecção/resposta, o comportamento de observação, fixações oculares, diversas avaliações subjectivas (ex. classificar a saliência de diversas alternativas), entre outras.

A Realidade Virtual (RV) tem sido usada, como ferramenta de investigação na área dos avisos de segurança, nomeadamente, na avaliação da influência dessa informação durante evacuações de emergência [Glover97; Ren08; Gamberini03; Tang09]. As suas potencialidades, para esta área de investigação, são diversas, destacando-se o potencial para disponibilizar contextos de uso realistas, bastante interactivos e com elevados níveis de imersividade, podendo beneficiar a validade externa ou ecológica dos estudos. A RV pode também, com custos relativamente baixos, viabilizar o acesso a todo o tipo de contextos, especialmente aqueles de difícil alcance. Com a RV os estudos podem ser repetidos e replicados, de forma sistemática e rigorosa, sem que as variáveis independentes sofram alterações, beneficiando a validade interna dos estudos. Adicionalmente, a RV pode permitir superar alguns dos constrangimentos relacionados com as questões éticas e de segurança dos participantes, que limitam muitos destes estudos [Duarte, *in print*].

Neste contexto, este estudo teve como objectivo principal a avaliação da interacção com Envolvimentos Virtuais (EVs), através de matrizes de exploração do espaço. As matrizes analisadas foram elaboradas com os dados recolhidos automaticamente, durante a simulação em RV, pelo sistema *ErgoVR*, entre os quais se destacam a posição do participante dentro do EV, os tempos e as distâncias percorridas. Foram avaliadas cinco matrizes, resultantes da interacção com EVs com dois níveis de poluição visual, onde foram aplicados dois tipos de

avisos de segurança (estáticos e dinâmicos), tendo ainda sido incluída uma condição de controlo (neutra). Partindo do pressuposto que os avisos mais salientes (dinâmicos) seriam detectados mais facilmente, foi colocada a hipótese de que essas diferenças estariam reflectidas na exploração espacial do EV. Esperava-se que nas condições experimentais onde os avisos são menos salientes (estáticos) e o ambiente se apresenta mais poluído, houvesse uma maior deambulação do participante no EV, originando uma dispersão quanto às quadrículas pisadas (indicador de maior procura, por áreas mais vastas), bem como frequências mais elevadas de “pisadelas” em algumas quadrículas (indicador de hesitação e/ou de necessidade de uma busca mais detalhada naquela zona).

O “acordo” nas matrizes de exploração espacial, para as zonas de interesse, foi avaliado através da aplicação do Coeficiente de Correlação de Concordância (CCC) [Lin89; Barnhart02; Lin02], considerando como variável de interesse a frequência com que as quadrículas foram pisadas. O CCC é um índice de reprodutibilidade, proposto por Lin [Lin89], que permite quantificar o “acordo” entre duas medições efectuadas numa escala quantitativa contínua, podendo também ser usado para medições numa escala quantitativa discreta [Carrasco05]. Este coeficiente tem duas componentes: precisão, que avalia o quanto as observações se afastam da recta de regressão linear ajustada, e a exactidão, que tem em conta o afastamento entre a recta de regressão e a recta de concordância. Para quantificar o “acordo” entre mais de duas medições, diversas generalizações têm sido propostas, nomeadamente o Coeficiente de Correlação de Concordância Global (CCCG) [e.g. Barnhart02]. Este coeficiente tem sido aplicado em diversos âmbitos, designadamente no estudo da confiabilidade inter-observador [e.g. Heerink09], na determinação da qualidade de ajustamento de modelos de regressão [e.g. Bragada09] e na validação de métodos/instrumentos para medição de variáveis fisiológicas [e.g. Atkinson98].

2. METODOLOGIA

2.1 Materiais e equipamentos

2.1.1 O sistema *ErgoVR*

O sistema *ErgoVR*, desenvolvido no Laboratório de Ergonomia da FMH/UTL [Teixeira, *in print*], visa permitir a recolha e análise de dados relativos ao comportamento humano durante a interacção com EVs.

O *ErgoVR* recorre a várias bibliotecas de acesso e uso gratuito, tendo como componentes principais: a) motor gráfico – responsável por apresentar o EV aos participantes, que pode ser criado recorrendo ao 3ds Max v2009, da Autodesk®, sendo, posteriormente, exportado através do programa OgreMax; b) motor de física – permite a detecção de colisões do “actor” (representação virtual do participante) com os objectos presentes no EV que podem revelar comportamentos de acordo com as leis da física; c) motor de som – permite que o participante seja exposto a uma multiplicidade de sons com características físicas realistas como, por exemplo, posicionamento, oclusão e obstrução da fonte sonora; d)

controlo de dispositivos – faz a ligação entre o *software* e o *hardware* (ex. sensores de movimento e interfaces de navegação) de forma a produzir uma resposta em tempo real entre os movimentos realizados pelo participante sobre o equipamento, e os movimentos realizados pelo “actor” dentro do EV; e) sistema de eventos – permite a colocação de gatilhos invisíveis no EV, que desencadeiam determinados eventos em resposta às acções do participante; f) sistema de registos – é o componente mais importante do sistema e grava os dados automaticamente. Os dados sobre a posição do “actor”, a orientação do olhar, eventos ocorridos durante a simulação (colisão com algum objecto, gatilho activado, detecção da escolha de direcção, se olhou para algum objecto específico, detecção de movimentos bruscos) são gravados com uma frequência aproximada de 60 vezes por segundo (valor configurável); g) visualizadores de registos – existem dois visualizadores de registos. Um que permite rever a simulação efectuada pelo participante através de um controlo do tipo gravador de vídeo, de três pontos de vista diferentes (o mesmo que o participante teve, um ponto de vista mais afastado, atrás do participante, e um ponto de vista de topo onde se observa o percurso realizado até ao momento). O outro visualizador apresenta os dados da simulação e extrapola algumas das variáveis pretendidas. Também é desenhado o percurso realizado pelo participante segundo um ponto de vista de topo.

Entre os principais *outputs* do *ErgoVR* encontram-se: tempos despendidos (total e parciais); distâncias percorridas (total e parciais); pausas (de duração variável); percursos e escolhas de rotas; eventos (ex. activação de gatilhos); informação sobre a posição do participante e direcção do olhar a cada instante. Os dados podem ser exportados por participante, ou por grupos de participantes, consoante as necessidades do estudo. No que se refere aos percursos, é possível gerar matrizes de exploração do espaço (gráficas ou numéricas), por participante ou grupo de participantes, indicando caminhos percorridos, áreas pisadas, entre outras opções.

2.1.2 Configuração do *ErgoVR*

A configuração do *ErgoVR*, usada neste estudo, no que se refere ao *hardware*, foi a seguinte: 2 sensores de movimento magnéticos da Ascension-Tech®, modelo Flock of Birds, com 6 DOF, para controlar os movimentos da cabeça (aplicado nos auscultadores) e da mão esquerda do participante (aplicado numa braçadeira de pulso); 1 *joystick* da Thrustmaster®, para navegação no mundo virtual; 1 *Head-Mounted Display* (HMD), da Sony®, modelo PLM-S700E, exibindo imagens com resolução de 800x600 a 32bits, com um ângulo de visão de cerca de 30° na diagonal e 28° na horizontal; auscultadores sem fios da Sony®, modelo MDR-RF800RK; 1 *eye-tracker* da Arrington Research®, modelo ViewPoint Monocular Laptop HMD Mountable; 1 *workstation* gráfica (com um processador Quad-core da Intel®, com 8GB de memória RAM e uma placa gráfica QuadroFX 4600 da nVIDIA®); 1 ecrã, que exibia uma cópia do EV, tal como visualizado pelo participante, para observação pelo investigador.

2.2 Envolvimento Virtual e cenário

O EV usado neste estudo consistia num espaço interior, num piso térreo, com características típicas de um edifício de escritórios, composto por duas grandes zonas: Zona 1 – salas e Zona 2 – escapatórias (ver Figura 1). A Zona 1 continha quatro salas (Sala de reuniões, Laboratório, Cafeteria e Armazém), cada uma com 144m² de área, nas quais os participantes deveriam entrar a fim de cumprir tarefas estipuladas. A Zona 2 consistia numa sequência de seis corredores em “T”, com 2 m de largura, sendo que apenas uma opção (esquerda/direita) tinha saída. O ambiente estava povoado por equipamento variado (ex. mesas, cadeiras, armários), de acordo com as tarefas que ocorreriam em cada sala, e diverso material de informação estava aplicado nas paredes (ex. painéis de mensagens, cartazes, sinalética e sinalização de segurança). Algumas das propriedades físicas do EV, tais como a luz/sombras, as texturas e os sons, foram manipuladas, com vista à obtenção de um grau de realismo aceitável que, em simultâneo, não compromettesse o funcionamento do sistema de RV (ex. provocar atrasos no refrescamento das imagens).

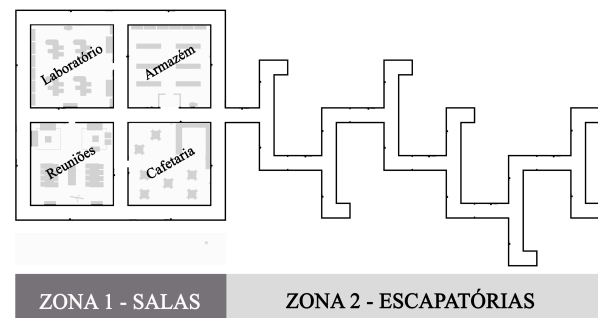


Figura 1. Planta do EV

O cenário criado para este estudo consistiu numa tarefa de inspecção de rotina, de final de dia, pré-encerramento das instalações que, a dado ponto, é interrompida por uma explosão, seguida de incêndio. Foi dito a cada participante que havia sido seleccionado para substituir um colega de trabalho, que se teria ausentado mais cedo devido a um problema de saúde. O participante estava, por isso, prestes a entrar numa secção da empresa onde nunca tinha ido antes, para desempenhar essa tarefa pela primeira vez. O colega ausente teria deixado instruções escritas em cada sala, indicando o que devia ser feito, com o intuito de facilitar a execução da tarefa. Assim, o participante deveria procurar as instruções, cumprir com o indicado e, só depois, passar para a sala seguinte. A primeira sala desta sequência era a Sala de reuniões. As instruções, escritas em quadros de parede, indicavam que deviam carregar em botões específicos (ex. cortar energia à central das máquinas), identificados por avisos/sinais de segurança e posicionados em diversos locais do EV. O esquema da Figura 2 ilustra a sequência pré-definida que o participante deveria seguir, o conteúdo das instruções e a localização dos elementos chave (botões/avisos e quadros de instruções) no EV. Na conversa com os participantes não foi feita qualquer referência à ocorrência da explosão/incêndio.

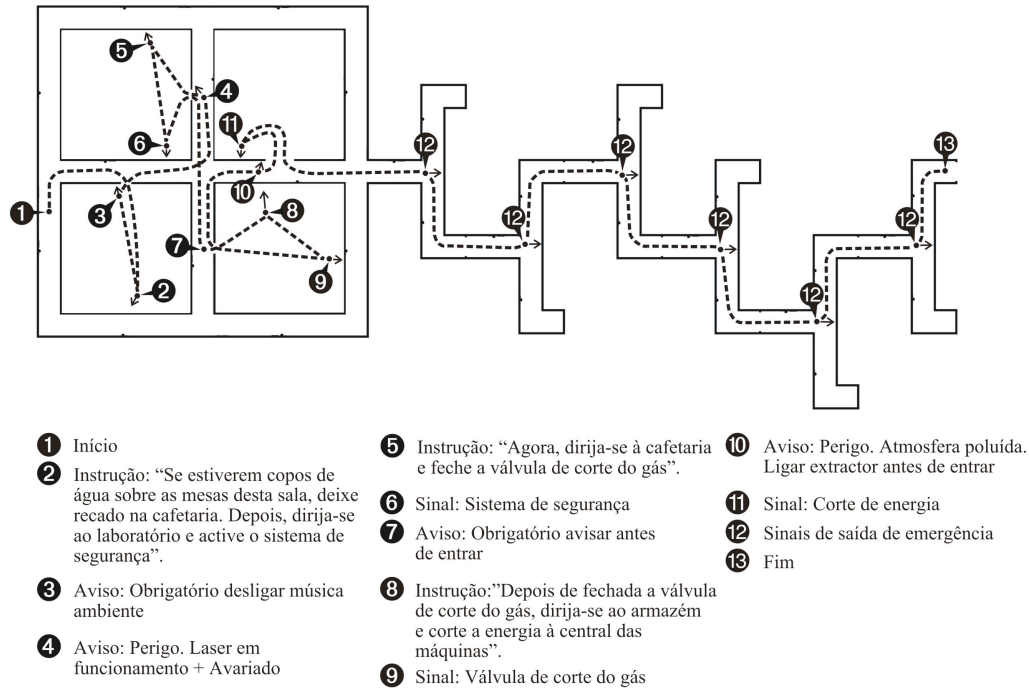


Figura 2. Esquema ilustrando a sequência prevista para a tarefa a realizar no EV, com indicação das instruções e avisos, bem como da sua localização

Os participantes foram informados que a simulação terminaria automaticamente se alcançassem a saída para o exterior (que se encontrava no final dos corredores que compõem a zona das escapatórias), ou se fosse atingido o tempo máximo (20 minutos) estabelecido para a realização da experiência, ou assim que manifestassem a intenção de abandonar a experiência.

2.3 Condições experimentais e estímulos

No estudo foram usadas amostras independentes, indexadas a cada uma das 5 condições experimentais, 4 delas resultantes da conjugação de 2 tipos de avisos de segurança (estáticos e dinâmicos) e de 2 tipos de ambiente (mais poluído e menos poluído) e uma condição de controlo ou neutra (sem avisos e com ambiente menos poluído). Em síntese, as condições experimentais foram designadas por: Estática Não Poluída (ENP), Dinâmica Não Poluída (DNP), Estática Poluída (EP), Dinâmica Poluída (DP) e Neutra (NE).

Os avisos de segurança eram constituídos por placas (30x40cm) com dois componentes, texto e imagem. No componente de texto estava inscrita uma mensagem, em português, que poderia ser de segurança (relativa à presença de um perigo nas imediações), de instrução (o que fazer) ou de informação (identificando um equipamento). No componente de imagem estavam presentes símbolos de segurança, aplicados sobre um fundo colorido, de acordo com as recomendações da ISO 3864-1 [ISO02].

Os avisos estáticos e dinâmicos diferiam entre si quanto à modalidade e ao estado. Os estáticos eram apenas visuais, enquanto os dinâmicos eram visuais e auditivos (beep), auto-iluminados (2 vezes mais brilhante do que o fundo), complementados com 5 luzes intermitentes (4 flashes por segundo, com igual tempo de intervalo entre *on* e *off*), cor

de laranja, com 4 cm de diâmetro, posicionadas no topo e na base das placas. Os avisos dinâmicos tinham, ainda, dois estados possíveis, ligado e desligado, sendo activados por sensores de proximidade (gatilhos invisíveis). Exemplos de avisos estáticos e dinâmicos podem ser vistos na Figura 3.



Figura 3. Imagens do EV, menos poluído, ilustrando um aviso "estático" (esq.) e o equivalente "dinâmico" (dir.)

No EV estavam presentes 7 botões, com as respectivas placas de sinalização. Porém, estas não são todas equivalentes, podendo distinguir-se 2 grupos: a) os sinais: placas assinalando a presença de um equipamento, explicitamente referidas nas instruções e, por isso, expectavelmente procuradas de forma activa pelos participantes; b) avisos: placas alertando para um perigo potencial e requerendo uma acção específica para garantir a segurança, aplicadas na entrada das salas (no corredor junto à porta de entrada) ou no seu interior, nunca mencionadas nas instruções, muito embora fossem coerentes com o tipo de actividades praticada em cada sala. Relativamente às variáveis do design (ex. tipo de letra, organização, dimensões) os avisos e os sinais são idênticos.

Os dois tipos de ambiente, mais poluído e menos poluído, caracterizavam-se pela quantidade de informação visual

presente no EV (mais ou menos informação), pelo grau de legibilidade oferecido pelos avisos (degradados ou intactos) e pelo nível de iluminação do ambiente (adequado para tarefas com baixa exigência visual ou adequado para tarefas com elevada exigência visual). O tipo de ambiente foi pensado para facilitar, ou dificultar, a eficiência do desempenho dos participantes, avaliada pelo respeito pelos avisos/sinais (consonância comportamental), tempo associado à realização do pedido e distância percorrida no EV.

2.4 Amostra

Participaram neste estudo 150 indivíduos de ambos os sexos, com idades compreendidas entre os 18 e os 35 anos (média = 21,20 anos; DP = 2,85 anos). A cada uma das cinco condições experimentais, descritas na secção 2.3, foram aleatoriamente atribuídos 15 indivíduos de cada género. As amostras são homogéneas quanto à idade dos participantes. Todos os participantes eram alunos universitários, de áreas de estudo como o Desporto, a Reabilitação Psicomotora e o Design, entre outras, e declararam não ter tido qualquer experiência prévia com RV imersiva. Para participação no estudo foram considerados os seguintes critérios de elegibilidade: domínio da língua portuguesa (escrito e falado); no caso de ser mulher, não estar grávida; não sofrer de surdez nem ter algum tipo de deficiência na visão das cores e conseguir ler a informação exibida no EV. Adicionalmente, os participantes declararam estar em boas condições de saúde, quer físicas quer mentais, e não sofrer de alguma patologia que pudesse ser agravada pela participação no estudo.

2.5 Protocolo

O procedimento dividiu-se em três grandes momentos: 1) Actividades Preliminares: após receberem breves explicações sobre o estudo e os equipamentos, os participantes responderam a um questionário demográfico, preencheram o formulário de Consentimento Livre e Informado, realizaram o Teste de Ishihara [Ishihara88] para despiste de cegueira a cores e completaram uma sessão de treino, num EV específico para o efeito, na qual estava incluída a calibração dos equipamentos; 2) Sessão Experimental: os participantes foram indexados a uma das condições experimentais e, antes de iniciarem a simulação em RV, ouviram as instruções relativas ao cenário. Quando declararam estar prontos, deu-se início à simulação. Por questões de segurança, o investigador permaneceu, durante todo o tempo da simulação, na mesma sala com os participantes, que foram devidamente alertados de que podiam abandonar o procedimento a qualquer instante; 3) Questionário Pós-experimentação: após a sessão experimental os participantes responderam a um questionário para avaliar a sua experiência no EV.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O *ErgoVR* guardou uma sequência de registos num ficheiro, durante a simulação. Os dados foram processados após o final da simulação, para não ocupar os recursos de processamento. Para este estudo, cada registo

foi composto pela posição do “actor” no EV e pelo instante de tempo em que ocorreu o registo. Posteriormente, o visualizador de registos interpretou o ficheiro gerado e extrapolou diversos dados por participante e/ou grupo de participantes. Com esses dados foi possível gerar os percursos efectuados, bem como obter matrizes de exploração do espaço no EV, para as zonas de interesse.

A matriz de exploração espacial consiste numa grelha (com dimensões de quadrícula configuráveis), com uma cor e um número associado a cada quadrícula. O número representa a frequência com que cada quadrícula foi pisada durante a simulação. Neste estudo considerou-se como “quadrículas pisadas”, aquelas que foram intersectadas pelo ponto que representa o eixo central do “actor”. Cada vez que o “actor” entra na área da quadrícula a contagem da frequência de “pisadelas” aumenta uma unidade. No estudo efectuado, o valor apresentado na quadrícula é a soma das frequências de “pisadelas” de todos os indivíduos indexados à condição experimental que está a ser analisada. A cor de cada quadrícula é atribuída a partir de uma escala intervalar de 11 pseudo-cores predefinidas [Ware04], para indicar zonas “quentes” (cores quentes = mais pisadas) e “frias” (cores frias = menos pisadas). O valor mais alto de todas as quadrículas (quadrícula mais “pisada”), considerando as 5 condições experimentais, serve como base para a normalização das cores atribuídas. Em alternativa, a apresentação dos dados pode ser disponibilizada numa versão numérica, onde a matriz com as frequências de “pisadelas” é disponibilizada em vectores.

Na Figura 4 é possível visualizar as 5 matrizes (da totalidade do EV), relativas a cada uma das condições experimentais, com quadrículas coloridas de dimensão 50 por 50 cm. Esta dimensão foi adoptada em virtude de se aproximar do valor do percentil 95 da largura dos ombros do sexo masculino (51 cm) [Pheasant03].

A matriz tem o seu ponto de origem no canto superior esquerdo da janela onde é possível visualizar a planta do EV e, por omissão, inclui todo o espaço virtual. No entanto, para facilitar a análise, também é possível criar áreas de exclusão (servem para excluir zonas como, por exemplo, locais onde os participantes nunca poderiam navegar), áreas de inclusão (servem para permitir exportar dados apenas de uma zona específica) e áreas para criação de gatilhos manuais (permitem criar zonas no EV que servem para detecção da passagem do participante, permitindo assim agrupar os dados por zonas).

Uma vez que havia interesse na avaliação da exploração espacial efectuada por zonas específicas, foram seleccionadas 5 áreas de inclusão (às quais foram excluídas todas as quadrículas não pisáveis). Essas áreas correspondem a cada uma das quatro salas, incluindo o corredor adjacente à parede que tem a porta de entrada, e a zona das escapatórias.

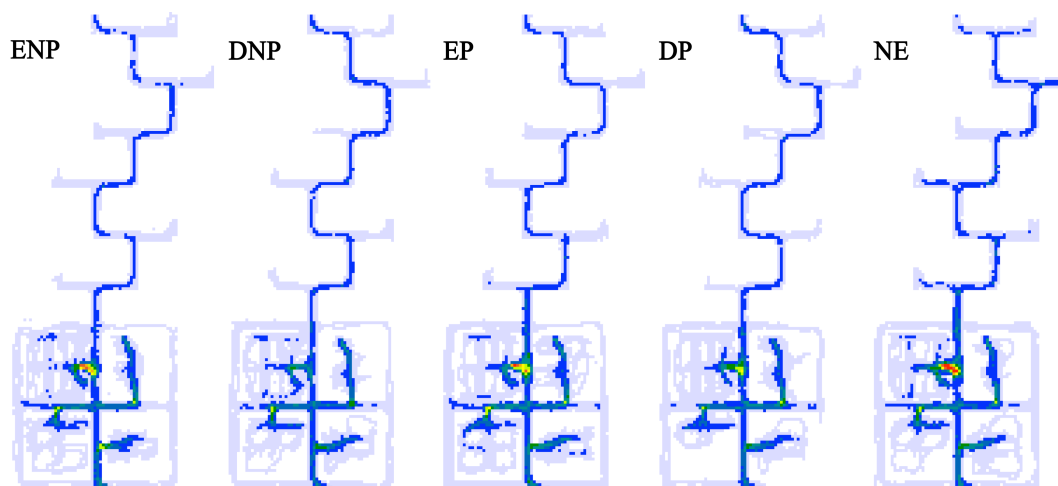


Figura 4. Matrizes de exploração do EV, por condição experimental

Para cada uma das zonas, a avaliação do “acordo” da exploração espacial nas 5 condições experimentais, foi efectuada através da aplicação do CCCG [Barnhart02] sobre as frequências com que as quadrículas foram pisadas nas 5 condições experimentais. Os valores do CCCG obtidos são apresentados na primeira linha da Tabela 1. Atendendo a que este coeficiente toma valores no intervalo [-1,1], podemos verificar que a concordância é bastante elevada, em todas as zonas analisadas, o que permite afirmar que a exploração do espaço não foi fortemente influenciada pela condição experimental. Ainda assim refira-se que os valores mais baixos do CCC foram encontrados nas Escapatórias e no Armazém, e os mais elevados na Cafeteria e na Sala de reuniões.

	Arm.	Caf.	Esc.	Lab.	Reu.
50 por 50 cm	0,843	0,948	0,838	0,918	0,946
75 por 75 cm	0,856	0,960	0,841	0,927	0,961
100 por 100 cm	0,858	0,972	0,860	0,940	0,966

Tabela 1 – Valores do CCCG por zona

Os valores do CCC parcial, isto é, os valores do CCC considerando as condições experimentais duas a duas, foram também calculados. No Armazém, os valores mais elevados de CCC foram obtidos entre as condições experimentais ENP/N, EP/N, ENP/EP, e os valores mais baixos de CCC foram registados entre as condições DNP/N, DNP/EP (ver Tabela 2). Nas Escapatórias os valores mais elevados registaram-se nos casos DNP/DP, ENP/DNP, e os mais baixos nos casos DP/N, DNP/N (ver Tabela 3). Os valores do CCC parcial obtidos para as zonas do Laboratório (ver Tabela 4), da Cafeteria (ver Tabela 5) e da Sala de reuniões (ver Tabela 6) foram muito idênticos.

Uma vez que o visualizador de registos do *ErgoVR* permite a geração de matrizes com diferentes dimensões de quadrícula, o CCCG foi também aplicado aos valores obtidos em matrizes com quadrículas de 75 e 100 cm de largura. A alteração da dimensão da quadrícula não originou alterações relevantes nos valores do CCCG. Destaca-se o facto dos valores do CCCG diminuírem com a diminuição da largura da quadrícula. Um resumo dos

valores de CCCG, para todas as dimensões de quadrícula consideradas, pode ser visualizado na Tabela 1.

	DNP	EP	DP	N
ENP	0,762	0,909	0,877	0,926
DNP		0,717	0,838	0,658
EP			0,884	0,925
DP				0,833

Tabela 2 – Valores do CCC parcial para o Armazém

	DNP	EP	DP	N
ENP	0,895	0,889	0,887	0,825
DNP		0,873	0,909	0,751
EP			0,852	0,823
DP				0,720

Tabela 3 – Valores do CCC parcial para as Escapatórias

	DNP	EP	DP	N
ENP	0,945	0,921	0,917	0,952
DNP		0,892	0,927	0,945
EP			0,871	0,903
DP				0,909

Tabela 4 – Valores do CCC parcial para o Laboratório

	DNP	EP	DP	N
ENP	0,941	0,960	0,951	0,959
DNP		0,937	0,942	0,944
EP			0,955	0,947
DP				0,942

Tabela 5 – Valores do CCC parcial para a Cafeteria

	DNP	EP	DP	N
ENP	0,929	0,935	0,942	0,950
DNP		0,947	0,955	0,943
EP			0,952	0,950
DP				0,959

Tabela 6 – Valores do CCC parcial para a Sala de reuniões

4. CONCLUSÃO

O modo como os participantes numa experiência de RV exploram o espaço pode ser usado para avaliar a sua interacção com EVs. Neste contexto, este estudo avaliou a interacção com EVs, em função de diferentes condições experimentais, recorrendo a matrizes de exploração do espaço, geradas com base nos dados recolhidos, de forma automática, pelo sistema *ErgoVR*.

As matrizes contêm indicação do número de vezes que cada quadrícula é pisada e espelham o modo como os participantes exploraram o EV nas cinco condições experimentais. Partindo do pressuposto que os avisos mais salientes (dinâmicos) seriam detectados mais facilmente, foi colocada a hipótese de que essas diferenças estariam reflectidas na exploração espacial do EV. Esperava-se que nas condições experimentais onde os avisos são menos salientes (estáticos) e o ambiente se apresenta mais poluído, houvesse uma maior deambulação do participante no EV, originando uma maior dispersão quanto às quadrículas pisadas, bem como frequências mais elevadas de “pisadelas” em algumas quadrículas.

O Coeficiente de Correlação de Concordância foi usado para determinar o grau de “acordo”, entre as condições experimentais, quanto à frequência com que as quadrículas foram pisadas. Os resultados obtidos revelam valores bastante elevados de “acordo” entre as matrizes, o que permite concluir que não houve grande influência das condições experimentais sobre a exploração do espaço.

Neste estudo não foi considerado o comportamento individual dos participantes na experiência de RV, uma vez que o coeficiente foi utilizado para avaliar a concordância da frequência com que as quadrículas da matriz são pisadas pelos 30 participantes que foram atribuídos a cada uma das 5 condições experimentais. Uma limitação deste estudo é o facto de, para cada uma das condições experimentais, não se ter tido em conta se a frequência registada para uma determinada quadrícula se deve a um único indivíduo, que pisou repetidamente a mesma quadrícula, ou se foram diversos indivíduos a pisar a mesma quadrícula. Em estudos futuros pretende-se avaliar os percursos individuais, comparar os percursos efectuados com percursos de referência (mais curtos, mas rápidos, mais fáceis) e, através da atribuição de pontuações ao grau de afastamento face à referência, obter valores de desempenho. Informações adicionais, como a orientação do corpo do “actor” e o seu campo de visão, a cada instante da interacção, poderão complementar as análises.

O uso da RV, neste tipo de estudos, permite a fácil obtenção de informação referente aos percursos efectuados pelos participantes, assim como os tempos e as distâncias. Este tipo de informação seria mais difícil de obter em estudos de campo. A RV garante, em simultâneo, uma óptima relação entre o controlo rigoroso das variáveis e o necessário grau de validade ecológica do estudo.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por uma Bolsa de Doutorado atribuída pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia (SFRH/BD/21662/2005) e foi desenvolvido

no âmbito de um Projecto de I&D financiado pela FCT (PTDC-PSI-69462-2006).

6. REFERÊNCIAS

- [Anderson00] Anderson, J.R. (2000). *Cognitive psychology and its implications*. 5th Edition. New York: Worth Publishers.
- [Atkinson98] Atkinson, G., Nevill, A. (1997). Comment on the use of concordance correlation to assess the agreement between two variables. *Biometrics*, 53, 775-777.
- [Barnhart02] Barnhart, H.X., Haber, M., Song, J.L. (2002). Overall concordance correlation coefficient for evaluating agreement among multiple observers. *Biometrics*, 58, 1020-1027.
- [Bragada09] Bragada, J.A., Magalhães, P.P., Vasques, C.S., Barbosa, T.M., Lopes, V.P. (2009). Net heart rate to prescribe physical activity in middle-aged to older active adults. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 616-621.
- [Carrasco05] Carrasco, J.L., Jover, L. (2005). Concordance correlation coefficient applied to discrete data. *Statistics in Medicine*, 24, 4021-4034.
- [Duarte, *in print*] Duarte, M.E.C., Rebelo, F., Wogalter, M.S. (in print). Virtual reality (VR) and its potential for evaluating warning compliance. *Human Factors in Manufacturing & Service Industries*.
- [Gamberini03] Gamberini, L., Cottone, P., Spagnoli, A., Varotto, D., Mantovani, G. (2003). Responding to a fire emergency in a virtual environment: different patterns of action for different situations. *Ergonomics*, 46(8), 842-858.
- [Glover97] Glover, B.L., Wogalter, M.S. (1997). Using a computer simulated world to study behavioral compliance with warnings: Effects of salience and gender. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 41st Annual Meeting* (Vol. 1 and 2, pp. 1283-1287). Santa Monica: Human Factors and Ergonomics Soc.
- [Heerink09] Heerink, M., Kröse, B., Evers, V., Wielinga, B. (2009). Relating conversational expressiveness to social presence and acceptance of an assistive social robot. *Virtual Reality*, 14, 77-84.
- [Ishihara88] Ishihara, S. (1988). *Test for Colour-Blindness* (38th ed.). Tokyo: Kanehara & Co., Ltd.
- [ISO02] International Organization for Standardization (2002). *Graphical Symbols – Safety Colors and Safety Signs. Part 1: Design Principles for safety Signs in Workplaces and Public Areas, ISO 3864-1*. Geneve, Switzerland: International Organization for Standardization.
- [Kalsher06] Kalsher, M.J., Williams, K.J. (2006). Behavioral Compliance: Theory, Methodology, and Results. In M.S. Wogalter (Ed.), *Handbook of warnings* (pp. 313-332). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

- [Lin89] Lin, L.I.-K. (1989). A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics*, 45, 255-268.
- [Lin02] Lin, L., Hedayat, A.S., Sinha, B., Yang, M. (2002). Statistical methods in assessing agreement: models, issues, and tools. *Journal of American Statistical Association*, 97(457), 257-270.
- [Pheasant03] Pheasant, S. (2003). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work*. 2nd Edition. Boca Raton: Taylor & Francis.
- [Ren08] Ren, A., Chen, C., Luo, Y. (2008). Simulation of Emergency Evacuation in Virtual Reality. *Tsinghua Science & Technology*, 13(5), 674-680.
- [Silver99] Silver, N.C., Braun, C.C. (1999). Behavior. In M.S. Wogalter, D.M. Dejoy, K.R. Laughery (Eds.), *Warnings and Risk Communication* (pp. 245-262). London: Taylor & Francis Ltd.
- [Tang09] Tang, C.-H., Wu, W.-T., Lin, C.-Y. (2009). Using virtual reality to determine how emergency signs facilitate way-finding. *Applied Ergonomics*, 40(4), 722-730.
- [Teixeira, *in print*] Teixeira, L., Rebelo, F., Filgueiras, E. (in print). Human Interaction data acquisition software for Virtual Reality: A User-Centered Design approach. *AHFE 2010, 3rd International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*. 17-20 July 2010, Miami, Florida, USA.
- [Ware04] Ware, C. (2004). *Information Visualization: Perception for Design*. 2nd Edition. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- [Wogalter87] Wogalter, M.S., Godfrey, S.S., Fontenelle, G.A., Desaulniers, D.R., Rothstein, P.R., Laughery, K.R. (1987). Effectiveness of Warnings. *Human Factors*, 29(5), 599-612.
- [Wogalter93] Wogalter, M.S., Kalsher, M.J., Racicot, B.M. (1993). Behavioral compliance with warnings: Effects of voice, context, and location. *Safety Science*, 16(5-6), 637-654.
- [Wogalter06] Wogalter, M.S., Vigilante, J.W.J. (2006). Attention Switch and Maintenance. In M.S. Wogalter (Ed.), *Handbook of warnings* (pp. 245-266). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.