

**Legibilidade de avisos de segurança em ambiente virtual**  
*Safety warnings legibility in virtual environment*

Ana Almeida, Francisco Rebelo, Paulo Noriega &amp; Carmen Gálvez

realidade virtual, avisos de segurança, legibilidade

Com o desenvolvimento da tecnologia o número de pesquisas a utilizarem a Realidade Virtual (RV) tem crescido. A RV oferece a possibilidade de superar importantes limitações metodológicas de pesquisa, particularmente questões éticas e de segurança. Permite também a manipulação sistemática das características do ambiente e das variáveis experimentais para obter validade interna. No entanto, em estudos de consonância comportamental com informações de segurança, utilizando RV imersiva, é necessário garantir que os participantes consigam fazer a leitura da informação com sucesso. Nesse sentido, o objetivo do presente artigo foi avaliar a legibilidade das informações de segurança em avisos de diferentes dimensões inseridos num ambiente virtual imersivo. Este estudo contou com a participação de cinco indivíduos (3 homens e 2 mulheres), que testaram quatro avisos com dimensões variadas. Os resultados obtidos indicaram que as distâncias de leitura no ambiente virtual mostraram-se inferiores às recomendadas pela norma ANSI Z535.2. Fica claro que as relações de distância e legibilidade que são preconizados pelos padrões de segurança da ANSI, que foram desenvolvidas para ambientes reais são eficientes, funcionam bem e creditam legibilidade às informações, no entanto, não conseguem ser validados para o ambiente virtual no presente estudo, mas poderão sê-lo no futuro próximo com equipamentos de realidade virtual mais potentes com resoluções espaciais mais elevadas.

*virtual reality, safety warnings, legibility*

*With the development of technology, the number of researches using Virtual Reality (VR) has grown. VR offers the possibility of overcoming important methodological limitations of research, particularly ethical and safety issues. It also allows the systematic manipulation of the characteristics of the environment and of the experimental variables to obtain internal validity. However, in behavioral consonance studies with safety information using immersive VR, it is necessary to ensure that participants can successfully read information. In this sense, the objective of this article was to evaluate the legibility of safety information in warnings of different dimensions inserted in an immersive virtual environment. This study was attended by five individuals (3 men and 2 women), who tested four warnings with varying dimensions. The results indicated that the reading distances in the virtual environment were lower than those recommended by ANSI Z535.2. It is clear that the distance and legibility relationships that are advocated by ANSI safety standards that have been developed for real environments are efficient, work well, and credit readability to information, yet cannot be validated for the virtual environment in the present study, but probably they could in the near future with more powerful virtual reality equipment with higher spacial resolutions.*

**1 Introdução**

Com o desenvolvimento da tecnologia o número de pesquisas a utilizarem a Realidade Virtual (RV) tem crescido. Visto que, com computadores mais rápidos e preços reduzidos dos equipamentos, tornou-se mais acessível conduzir pesquisas em RV.

A RV é uma interface de computador avançada que envolve a simulação em tempo real, onde o usuário pode interagir, visualizar e manipular objetos em um ambiente virtual tridimensional. Ela cria no usuário a ilusão de estar em um ambiente mesmo não estando presente fisicamente (Gutiérrez, Vexo, & Thalmann, 2008; Rebelo, Duarte, Noriega & Soares, 2011). A RV oferece a possibilidade de superar importantes limitações metodológicas de pesquisa, particularmente questões éticas e de segurança. Permite também a manipulação sistemática das características do ambiente e das variáveis experimentais para obter validade

**Anais do 9º CIDI e 9º CONGIC**Luciane Maria Fadel, Carla Spinillo, Anderson Horta,  
Cristina Portugal (orgs.)**Sociedade Brasileira de Design da Informação – SBDI**

Belo Horizonte | Brasil | 2019

ISBN 978-85-212-1728-2

**Proceedings of the 9th CIDI and 9th CONGIC**Luciane Maria Fadel, Carla Spinillo, Anderson Horta,  
Cristina Portugal (orgs.)**Sociedade Brasileira de Design da Informação – SBDI**

Belo Horizonte | Brazil | 2019

ISBN 978-85-212-1728-2

interna.

Pode-se classificar a RV em imersiva, semi-imersiva ou não imersiva (Gutiérrez et al., 2008). O nível de imersão depende de quanto o usuário percebe o mundo real à sua volta. Quanto menor a percepção do mundo real, maior a imersão no mundo virtual. Assim, quando o usuário é transportado para o ambiente virtual através de dispositivos multissensoriais, onde seus movimentos são capturados e há uma reação do ambiente a eles, a RV é classificada como imersiva. O usuário tem a real sensação de estar dentro do ambiente virtual. Por outro lado, quando o diálogo acontece através de grandes telas de projeção, pode-se classificar como semi-imersiva. Apesar de o usuário estar mergulhado em um mundo virtual, os ruídos do mundo real podem desviar a sua atenção. E ainda, quando a interação é feita através de monitores, a RV é classificada como não imersiva porque mesmo que haja uma grande interação do usuário com o ambiente virtual, a sensação de estar no mundo real é bem significante.

Para Duarte, Rebelo, & Wogalter (2010), a RV está se tornando útil em vários campos, da investigação científica, do design, do treinamento e entretenimento. Por exemplo, há vários estudos que têm demonstrado a RV como uma ferramenta adequada para investigar a eficácia de avisos, através da observação da consonância comportamental do indivíduo (Duarte, Rebelo, Teles, & Wogalter, 2014; Glover & Wogalter, 1997; Tang, Wu, & Lin, 2009; Vilar, Rebelo, & Noriega, 2014). Avaliar o comportamento é fundamental para determinar se um aviso contribui para a segurança alterando atitudes e comportamentos do usuário (Adams, 2006).

No entanto, em estudos de consonância comportamental com informações de segurança, utilizando RV imersiva, é necessário garantir que os participantes consigam fazer a leitura da informação com sucesso.

A legibilidade é um atributo imprescindível em uma informação. É fundamental que textos e gráficos sejam legíveis para que as pessoas extraiam informações do ambiente ao seu redor (Cai, Green, & Kim, 2013). Os elementos que farão a leitura ser possível em uma RV imersiva, são diversos, tais como: a iluminação do ambiente virtual, o contraste figura/fundo, as dimensões dos caracteres. Para uso em ambientes reais, as normas ANSI Z535.2 (American National Standards Institute, 2011) apresentam orientações para a elaboração de avisos de segurança. No entanto, não foram encontradas especificações para uso de avisos de segurança em ambientes virtuais. Nesse sentido, o presente estudo foi desenvolvido no âmbito de um projeto de pesquisa maior que procura avaliar a consonância comportamental com avisos de segurança em um ambiente virtual, e teve como objetivo verificar a legibilidade dos avisos a serem utilizados neste projeto de pesquisa maior.

Para isso, foram testados quatro avisos (Figura 1), elaborados segundo a norma ANSI Z535.2 (American National Standards Institute, 2011), onde constavam:

- uma área superior com elementos que definiam a gravidade do perigo, uma palavra de alerta e o fundo de uma cor (laranja, amarelo ou vermelho);
- a área do pictograma, que é o sinal gráfico das normas ISO 3864- 1:2011 (International Organization for Standardization (ISO), 2011), que identifica a natureza do perigo;
- o painel das mensagens com as informações escritas relacionadas com a natureza do perigo, as consequências do não cumprimento do aviso e as instruções para evitar a situação perigosa.

Figura 1: Os elementos do aviso segundo a norma ANSI



## Protótipo

O ambiente virtual foi projetado com a intenção de obrigar o participante a seguir um caminho específico. Era um armazém constituído de quatro corredores onde ao final de cada corredor o participante era confrontado com um aviso de segurança.

Na modelação do ambiente virtual foi utilizado o *software* Unity3D 4.3, e o modelo do armazém e as estantes foram disponibilizados da loja da Unity (Unity Asset Store), que foram adaptados às necessidades do estudo. A Figura 2 mostra uma vista superior protótipo virtual do armazém, onde se pode observar: uma área exterior denominada de A, que corresponde ao ponto de partida do participante; uma área interior, denominada de B, com estantes distribuídas formando quatro corredores com 4 metros de largura, onde decorriam as tarefas que o participante deveria executar. A Figura 3 ilustra uma perspetiva do *first person* no interior do armazém, onde se pode observar o final de um corredor e um dos avisos.

Figura 2: Vista superior do protótipo utilizado no estudo

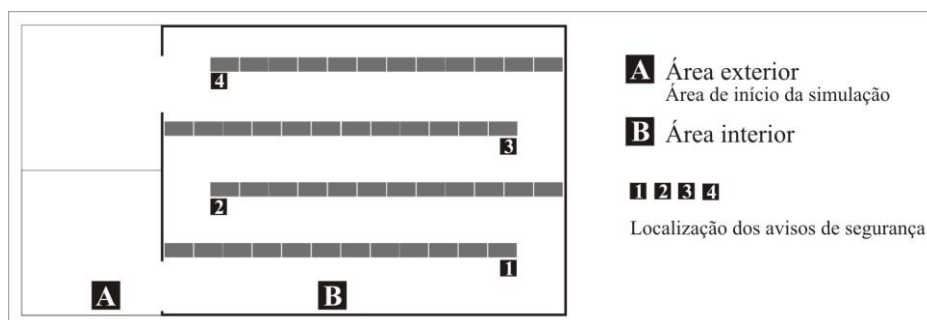


Figura 3: Vista do *first person* no interior do ambiente virtual



## Avisos

Os quatro avisos (Figura 4), como citado anteriormente, foram elaborados de acordo com as normas ANSI Z535.2 (American National Standards Institute, 2011) estavam relacionados a situações de CUIDADO, ATENÇÃO e PERIGO, e tinham dimensões variadas (Tabela 1).

Figura 4: Os quatro avisos inseridos no ambiente virtual



Tabela 1: Dimensão dos avisos e fontes

Avisos	Dimensão	Medida das fontes (em cm)			
		Palavra de alerta	Natureza do perigo	Consequências	Instruções
1	56.7 x 35.5 cm	5,0	2,7	1,5	1,3
2	86.25 X 53.25 cm	7,5	4,2	2,2	1,9
3	123.8 X 71 cm	9,9	5,6	3,0	2,7
4	149 X 88.75 cm	12,7	6,9	3,8	3,0

## 2 Método

### Participantes

Sendo um estudo preliminar, a amostra foi composta por apenas cinco participantes voluntários (Tabela 2), que afirmaram ter visão normal, ou seja, não tinham necessidade de usar óculos de grau.

Tabela 2: Idade, gênero e escolaridade dos participantes do teste

Participante	Idade	Gênero	Escolaridade
1	19	M	12º
2	20	F	12º
3	46	M	Doutorado
4	31	M	12º
5	23	F	Licenciatura

### Materiais

As tarefas foram realizadas em um computador desktop com processador Intel<sup>R</sup> Core<sup>TM</sup>i7 - 4790K, 8 GB, placa de vídeo NVIDIA GeForce GTX 980. A interação do ambiente virtual foi realizada usando um *gamepad* Giotech modelo VX2 e OCULUS RIFT DKII (display OLED, resolução total de 1920 x 1080 e 960 x 1080 por olho, 386 PPI, 100º campo de visão). O programa utilizado para o desenvolvimento do ambiente virtual foi o UNITY3D.

### Procedimento

Depois de explicar o objetivo da experiência, os participantes deveriam ler e assinar o formulário de consentimento e preencher um questionário demográfico. A todos os participantes era dito que poderiam abandonar a experiência em qualquer momento da simulação. Após estes esclarecimentos apresentava-se os dispositivos de interação a serem usados e se iniciava a sessão experimental.

Na sessão experimental, os participantes colocavam os equipamentos e eram convidados a explorar o ambiente virtual e percorrer os corredores. A simulação começava na área externa do armazém, onde o participante podia ver as estantes e o primeiro corredor. Durante a exploração do ambiente era pedido ao participante para que parasse quando avistasse um aviso de segurança. Nesse momento, o pesquisador perguntava se o participante conseguia ler no aviso. Então media-se a distância em que o participante se encontrava do aviso. Eram quatro medidas a serem verificadas: 1) a distância em que o participante conseguia ler a palavra de alerta; 2) a distância em que conseguia ler a natureza do perigo; 3) a distância em que conseguia ler as consequências do não cumprimento do aviso; e 4) a distância em que conseguia ler as instruções para evitar a situação de perigo. Ou seja, o participante caminhava em direção ao aviso e informava quando conseguia ler cada uma das informações citadas. O pesquisador, então, verificava a distância através de uma régua que foi modelada, no ambiente virtual, para referência. Em seguida repetia-se o procedimento para todos os outros avisos. Todos os participantes foram submetidos ao procedimento experimental. A simulação durava, em média, quatro minutos.

### 3 Resultados e Discussão

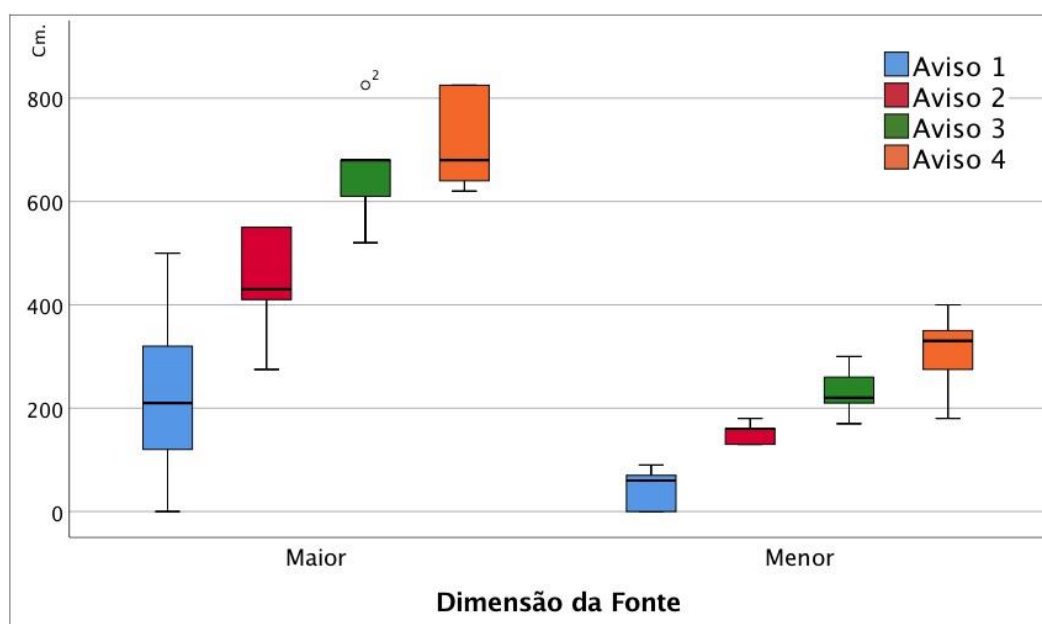
Os dados da estatística descritiva, referentes às distâncias em que o participante conseguiu ler: 1) distância da palavra de alerta (DPA); 2) distância da natureza do perigo (DNP); 3) distância das consequências do não cumprimento do aviso (DCNC); e 4) distância das instruções para evitar o perigo (DIEP), são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 3: Estatística descritiva (média e desvio padrão) das distâncias em centímetros em que cada área do aviso era legível ao participante

		DPA	DNP	DCNC	DIEP
Aviso 1	Média	210	130	60	60
	Desv.P	171,11	60,17	37,20	37,20
Aviso 2	Média	430	260	160	160
	Desv.P	102,35	58,77	29,26	19,39
Aviso 3	Média	680	405	260	220
	Desv.P	100,08	102,68	54,99	44,45
Aviso 4	Média	680	550	340	330
	Desv.P	89,48	71,11	74,03	75,07

Na figura 6, são apresentadas as médias e desvios padrão obtidos, relacionados às distâncias de legibilidade, referentes as dimensões da fonte maior (DPA) e da fonte menor (DIP) de cada aviso. Ressaltando que as fontes maiores dos avisos 1, 2, 3 e 4 mediam 5cm, 7,5cm, 9,9cm, 12,7cm, respectivamente, e as menores, 1,3cm, 1,9cm, 2,7cm e 3cm.

Figura 5: Resultados da legibilidade dos quatro avisos, em relação à dimensão da maior e menor fonte



Considerando os resultados verificados no gráfico, pode-se perceber que, em relação às fontes maiores (DPA), os avisos 3 e 4 têm médias de legibilidade iguais (M= 680cm). Por sua vez, o aviso 1 tem uma média de legibilidade 210 cm, no entanto um participante conseguiu ler a 500cm de distância, enquanto outro participante não percebeu a existência do aviso. O aviso 2 tem uma média de legibilidade de 430cm. No que se refere às fontes menores (DIEP), o aviso 4 apresenta melhor legibilidade com uma média de 330cm. O aviso 1 é legível em média a 60cm, enquanto os avisos 2 e 3 são legíveis em média a 160cm e 220cm respectivamente.

Quando comparamos estes resultados com as especificações das dimensões das fontes definidas pelas normas ANSI Z535.2 (American National Standards Institute, 2011) para visualizações em ambientes reais, tanto em condições favoráveis quanto para condições desfavoráveis, verificamos que existem diferenças significativas (tTabela 4 e Tabela 5).

Tabela 4: Comparação entre as distâncias (em metros) de leitura do ambiente virtual em estudo com as distâncias de leitura em ambiente real (condições favoráveis e desfavoráveis) das fontes DPA de acordo com a ANSI Z535.2

	<b>Altura das fontes DPA</b>	<b>Ambiente Virtual</b>	<b>Ambiente real (cond. favoráveis)</b>	<b>Ambiente real (cond. desfavoráveis)</b>
Aviso 1	5cm	2,10m	15m	7,15m
Aviso 2	7,5cm	4,30m	22,5m	10,73m
Aviso 3	9,9cm	6,80m	29,7m	14,16m
Aviso 4	12,7cm	6,80m	38,1m	18,16m

De acordo com esta norma, as fontes DPA dos avisos 1, 2, 3 e 4 deveriam ser legíveis a uma distância de 15m, 22,5m, 29,7m e 38,1m, respectivamente, em condições ambientais favoráveis (ambientes bem iluminados), e 7,15m, 10,73m, 14,16m e 18,16m para condições desfavoráveis.

Tabela 5: Comparação entre as distâncias (em metros) de leitura do ambiente virtual em estudo com as distâncias de leitura em ambiente real (condições favoráveis e desfavoráveis) das fontes DIEP de acordo com a ANSI Z535.2

	<b>Altura das fontes DIEP (cm)</b>	<b>Ambiente Virtual</b>	<b>Ambiente real (cond. favoráveis)</b>	<b>Ambiente real (cond. desfavoráveis)</b>
Aviso 1	1,3cm	0,60m	3,90m	1,86m
Aviso 2	1,9cm	1,60m	5,70m	2,78m
Aviso 3	2,7cm	2,20m	8,10m	3,90m
Aviso 4	3cm	3,30m	9m	4,29m

Ainda de acordo com a ANSI, em relação às fontes DIEP dos avisos 1, 2, 3 e 4, estas deveriam ser legíveis a uma distância de 3,90m, 5,70m, 8,10m e 9m, respectivamente, em condições favoráveis e 1,86m, 2,78m, 3,90m e 4,29m para condições desfavoráveis.

## 4 Conclusão

O presente estudo teve como objetivo avaliar a legibilidade de avisos de segurança inseridos em um ambiente virtual que farão parte de um projeto de pesquisa maior cuja finalidade é investigar a consonância comportamental com avisos de segurança em um ambiente virtual. Tratando-se de um estudo preliminar, quisemos garantir a melhor solução de aviso antes de dar início ao desenvolvimento do protótipo do ambiente virtual onde decorrerá o experimento do projeto de pesquisa maior. Para isso, foram avaliados quatro avisos de dimensões variadas.

Analisando os resultados pode-se concluir que, em geral, os participantes foram capazes de ler as informações contidas nos diversos avisos, exceto um participante que não viu um aviso (aviso 1). Quando comparados estes resultados, obtidos no ambiente virtual, as distâncias de leitura mostraram-se todas inferiores àquelas recomendadas pela ANSI Z535.2.

Fica claro que as relações de distância e legibilidade que são preconizados pelos padrões de segurança da ANSI, que foram desenvolvidas para ambientes reais, e que nestes, as normas são eficientes, funcionam bem e creditam legibilidade às informações, não conseguem ser validados para o ambiente virtual.

A RV ganhou muita popularidade em uma variedade de projetos de pesquisa nos quais fatores humanos são de particular interesse.

Para condução de estudos de consonância comportamental com avisos de segurança em ambientes virtuais futuros, talvez o conteúdo deste documento não seja totalmente aplicável. No entanto, é preciso levar em consideração, além do tamanho das fontes utilizadas nos avisos, o nível de imersão do ambiente, a idade do participante. Por exemplo, num estudo desenvolvido no ergoUX lab não publicado, foi conduzida uma pesquisa com usuários mais velhos (adultos de meia-idade, entre 50 e 70 anos) e as distâncias encontradas foram maiores do que as do presente estudo. É preciso uma compreensão de que cada protótipo é único, e que além das avaliações de usabilidade e presença, se faz necessário um estudo adicional sobre legibilidade, de forma a garantir uma capacidade de visualização das informações, seja de segurança ou não, como requisitos para a realização de pesquisas bem-sucedidas.



Uma vez que para as dimensões das fontes aplicadas em RV neste estudo, as distâncias de visualização são inferiores às preconizadas pela norma Z535.2 em situação real, cada investigador deverá ponderar em função dos objetivos da sua investigação, se deverá ou não aumentar as fontes até ao ponto em que elas sejam lidas à mesma distância que a preconizada pela norma em situação real. Um balanço entre realismo da cena visual e de questões práticas em avaliação em cada estudo, devem ser bem ponderadas para quem investiga usando ambientes virtuais. Mesmo que seja sacrificado o realismo visual dos avisos em Realidade Virtual se para a tarefa em estudo o mais importante for a distância de leitura, então a fonte deverá ser aumentada até ser lida à distância recomendada pela norma.

Nos estudos futuros, também deverão ser ponderados os equipamentos em utilização. O presente estudo usou o Oculus Rift DK2 que tem uma resolução espacial por olho de 960x1080. Os capacetes de realidade virtual mais recentes têm aumentado esta resolução o que naturalmente irá permitir para as mesmas dimensões de fontes, aumentar a legibilidade. Por exemplo, o HTC Vive Pro tem uma resolução espacial de 1440x1600 por olho, o que vai permitir aumentar a distância de leitura o que poderá ser facilmente demonstrado com novos estudos. Assim, apesar de no presente estudo não se ter validado a legibilidade dos avisos de segurança em realidade virtual, poderão sê-lo no futuro próximo com equipamentos de realidade virtual mais potentes com resoluções espaciais mais elevadas.

## Agradecimento

Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES / Ministério da Educação do Brasil, sob o processo de número BEX 0660-13/2 à Ana Lúcia Menezes de Almeida.

## Referências

- Adams, A. S. (2006). Warning Design. In W. Karwowski (Ed.), *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors* (second, pp. 1517–1520). Kentucky, USA: Taylor & Francis.
- American National Standards Institute. (2011). American National Standard for Environmental and Facility Safety Signs. *ANSI Z535.2: 2011*. Rosslyn, VA: National Electrical Manufacturers Association.
- Cai, H., Green, P. A., & Kim, J. (2013). Estimating the legibility of a single letter E viewed at different display angles. *Applied Ergonomics*, 44(4), 575–587. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2012.11.010>
- Duarte, E., Rebelo, F., Teles, J., & Wogalter, M. S. (2014). Behavioral compliance for dynamic versus static signs in an immersive virtual environment. *Applied Ergonomics*, 45(5), 1367–1375. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.10.004>
- Duarte, E., Rebelo, F., & Wogalter, M. S. (2010). Virtual Reality and its potential for evaluating warning compliance. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 20(6), 526–537. <https://doi.org/10.1002/hfm.20242>
- 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 Annual Meeting*, 41(2), 1283–1287. <https://doi.org/10.1177/1071181397041002124>
- Gutiérrez, M. A. A., Vexo, F., & Thalmann, D. (2008). *Stepping into virtual reality. Stepping into Virtual Reality*. London: Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-117-6>
- International Organization for Standardization (ISO). (2011). Graphical Symbols - Safety Colors and Safety Signs. Part 1: Designing Principles for Safety Signs in Workplaces and Public Areas. ISO 3864.1. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

- Rebelo, F.; Duarte, E.; Noriega, P.; Soares, M. . (2011). Virtual Reality in consumer product design: methods and applications. In N. Karwowski, W., Soares, M., Stanton (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design: Methods and Techniques* (pp. 381–402). CRC Press.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2008.06.009>
- Vilar, E., Rebelo, F., & Noriega, P. (2014). Indoor Human Wayfinding Performance Using Vertical and Horizontal Signage in Virtual Reality. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 24(6), 601–615. <https://doi.org/10.1002/hfm.20503>

**Sobre o(a/s) autor(a/es)**

Ana Almeida, Dra, ULisboa, Portugal <almeida01@gmail.com>

Francisco Rebelo, Dr, ULisboa, Portugal <frebelo@fmh.ulisboa.pt>

Paulo Noriega, Dr, ULisboa, Portugal <pnoriega@campus.ul.pt>

Carmen Gálvez, Ma., UFPE, Brasil <carmen.galvez2@gmail.com>