

Preferência por Mapa 2D ou Mapa 3D para navegação em automóvel: análise da influência do ângulo de inclinação da câmera

RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar a preferência entre mapa 2D e mapa 3D, para a tarefa de manutenção em rota durante a navegação em automóvel. Para tanto, um total de 18 mapas foi projetado a partir da consideração de três ângulos de inclinação para a câmera (89°, 45°, 30°), cada um com três variações de distância entre o carro e a manobra (500 m, 250 m, 50 m), bem como o tipo de manobra (simples ou complexo / rotatória). Um grupo de 30 motoristas experientes com sistema de navegação em automóvel participou de um experimento. Os resultados indicam que a maioria dos motoristas preferiram o mapa 3D quando estão se preparando para manobrar nas rotatórias. No entanto, os mapas 3D com baixo ângulo de inclinação da câmera (30°) foram os menos preferidos para auxiliar na manobra simples. De acordo com as razões apontadas, o mapa 2D facilitou estimar distâncias, e o mapa 3D apresentou maior quantidade de informação, relacionada ao segmento de rota a ser seguido, além de favorecer a correspondência entre a visão em perspectiva e a vista ao longo da via. As considerações encontradas podem apoiar a indústria automotiva no processo de seleção do design do mapa para diferentes tarefas de navegação em automóvel.

PALAVRAS-CHAVE: Navegação. Mapa 3D. Preferência.

Edmur Azevedo Pugliesi

edmur.pugliesi@unesp.br
<https://orcid.org/0000-0003-3426-6619>
Universidade Estadual Paulista,
Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

Renan Diegoli de Souza

r_diegoli@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8422-003X>
Universidade Estadual Paulista,
Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

Ana Paula Marques Ramos

anaramos@unoeste.br
<https://orcid.org/0000-0001-6633-2903>
Universidade do Oeste Paulista,
Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

Vilma Mayumi Tachibana

vilma.tachibana@unesp.br
<https://orcid.org/0000-0002-8804-6163>
Universidade Estadual Paulista,
Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

INTRODUÇÃO

As representações cartográficas que os Sistemas de Navegação em Automóvel exibem consideram também a manutenção em rota. Essas representações consistem em um mapa áudio-dinâmico que pode ser exibido tanto em vista ortogonal quanto em vista perspectiva. Na vista ortogonal (mapa 2D) o motorista pode selecionar o tipo de orientação do mapa: voltado para o norte ou 'egocêntrico' (a orientação do mapa é relacionada com a direção do deslocamento do automóvel na via). Na vista perspectiva (mapa 3D), para a tarefa de manutenção em rota, a direção egocêntrica é a única fornecida pelos sistemas.

No caso do mapa 2D, o motorista consegue estimar, com maior precisão, informações sobre a sua localização na rota, a distância restante até a próxima manobra, a possibilidade de estimar a distância até a próxima mudança de via etc. (BURNETT, 1998; ROSS; BURNETT, 2001; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009). Estes elementos são importantes porque mantém o motorista confiante em cada segmento da rota.

No caso do mapa 3D, os usuários podem visualizar a área de navegação em uma perspectiva 2D. Em um sistema de navegação em automóvel, o mapa 3D exibe uma representação que corresponde à do motorista no mundo real. Apresenta maior capacidade de exibição de pontos de referência que podem se apresentar com alto nível de mimetismo (ou seja, com forte semelhança entre o signo e o objeto no mundo real) (LIN; WU; CHIEN, 2010; HSU; LIN; CHAO, 2012; LIN; CHEN, 2013).

Embora a maioria dos estudos tenha se concentrado em investigar os mapas 2D, há grande interesse por parte da indústria em avaliar o uso de sistema de navegação em automóvel com mapas 3D (LIN; WU; CHIEN, 2010; HSU; LIN; CHAO, 2012; LIN; CHEN, 2013). Essas pesquisas têm se concentrado, principalmente, em comparar os diferentes tipos de vistas para determinar alguns aspectos de usabilidade das interfaces dos sistemas comerciais (ex.: TomTom, Garmin, Mio, ASUS) (LIN; WU; CHIEN, 2010; LIN; CHEN, 2013).

Lin, Wu e Chien (2010) mostram em seu estudo que a utilização de mapas 3D com ângulo de inclinação muito baixo resultou em maior demanda visual e maior tempo de viagem, quando comparados à utilização de mapas 2D. Segundo esses autores, a visualização de distâncias e do ponto de manobra estiveram comprometidos. Chun e Shang-I (2013) encontraram diferenças no gênero: os motoristas masculinos desempenham tarefas visuo-espaciais de maneira mais efetiva que os motoristas femininos, quando utilizam mapas 3D. Geralmente, fatores relacionados com as diferenças no gênero estão fortemente ligados com a presença de alguma base biológica (ex.: níveis hormonais e/ou padrão cerebral) (MONTELLO et al., 1999; ANNETT, 1992 apud COLUCCIA, 2004).

No entanto, os pesquisadores que têm buscado compreender a utilização de mapa 2D e de mapa 3D, para a manutenção em rota, relataram ruídos de comunicação nos mapas estudados com sistemas de navegação comerciais (LIN; WU; CHIEN, 2010; HSU; LIN; CHAO, 2012; LIN; CHEN, 2013). Por exemplo, Lin, Wu e Chien (2010) relataram problemas de legibilidade no projeto do mapa 3D

avaliado, tal como a toponímia de via sobreposta à seta de direção de manobra. Apesar disso, não foi encontrada qualquer investigação científica realizada com motoristas experientes no uso de sistemas de guia de rota com mapas 2D e com mapas 3D, no que diz respeito ao ângulo de inclinação da câmera do mapa 3D.

O objetivo deste trabalho de pesquisa é avaliar a preferência subjetiva de um grupo de motoristas por um conjunto de mapas 2D ou 3D com variação no ângulo de inclinação da câmera. Os objetivos específicos são: verificar se os motoristas preferem mapa 2D ou mapa 3D para realizar a tarefa tática de preparação para manobra; verificar qual ângulo de inclinação da câmera do mapa 3D os motoristas preferem; verificar se o tipo de manobra, simples ou rotatória, influencia na preferência pelo tipo de representação cartográfica; verificar se a preferência pelo ângulo de inclinação da câmera está relacionada com a distância do automóvel até a manobra.

REVISÃO DE LITERATURA

TAREFAS DE NAVEGAÇÃO

Navegação é um termo frequentemente utilizado para fazer referência ao processo de localização e deslocamento no espaço (GOLLEDGE, 1999) e envolve três grandes componentes: planejamento de rota, manutenção em rota e confirmação da chegada ao destino (SHEMYAKIN, 1962 *apud* BOARD, 1978). A tarefa de planejamento de rota, também conhecida como seleção de rota, é uma etapa cognitiva da navegação que não envolve movimento, mas partes táticas que o guiam (GOLLEDGE, 1999). A tarefa de manutenção em rota acontece depois que a rota foi estabelecida (GOLLEDGE, 1999).

No contexto da navegação em automóvel, durante a manutenção em rota, o motorista executa diversas tarefas de navegação e direção, com intuito de alcançar metas e submetas (MICHON, 1985). A tarefa tática é uma delas e se refere ao planejamento concreto das manobras ao longo da rota; fase em que ocorre a preparação para mudar de direção. Nesse momento, as informações requeridas podem compreender pontos de referência, sinalização viária, distância restante até a manobra etc. A tarefa operacional representa a execução da manobra e ocorre em um intervalo de milissegundos, pois envolve aceleração, desaceleração e troca de marcha do veículo (MICHON, 1985).

DESIGN DE MAPA 3D

Até o início dos anos 2000, não havia princípios de projeto cartográfico para mapas 3D (HAEBERLING, 1999; HAEBERLING, 2002; PETROVIC, 2003; PEGG, 2008). Parte do conhecimento adquirido no projeto e produção de mapas 2D foi sendo aplicado na construção de mapas 3D. O termo 'mapa 3D' não é tradicional na literatura da área de Cartografia, porém tem sido utilizado para fazer referência às representações em vistas perspectivas. Tais representações são exibidas em mídia bidimensional, porém percebidas como uma representação bidimensional e meio (tridimensional projetada em um plano), onde os objetos

se encontram georreferenciados (HAEBERLING, 2002; PETROVIC, 2003; HAEBERLING; BÄR; HURNI, 2008; SCHMIDT, 2012).

O projeto de um mapa 3D envolve a edição de muitos elementos (KRAAK, 1988). Haerberling (1999) enfatiza que três aspectos conceituais básicos devem ser levados em consideração na etapa de projeto de mapa 3D: conhecer as características e psicologia do usuário, definir as necessidades desses usuários e estabelecer princípios para simbolizar os elementos no mapa.

Para apoiar o projeto de mapas 3D, Haerberling, Bär e Hurni (2008) propuseram uma lista de 19 princípios. Esses princípios foram categorizados em três aspectos de projeto, inicialmente, apontados por Haerberling (2002), que consistem em modelagem, simbolização e visualização. O aspecto de modelagem envolve a estruturação e a semântica dos elementos da base cartográfica para a representação em vista perspectiva.

O aspecto de simbolização está relacionado com os parâmetros que exercem efeitos sobre a organização ou aparência dos elementos do mapa (HAEBERLING, 2002). Os aspectos gráficos de simbolização podem ser classificados nos seguintes grupos de elementos: posicionamento do objeto sobre a superfície (coordenadas ϕ e λ), aparência gráfica do mapa (ex.: transparência) e controle do comportamento interativo de objetos (ex.: mudança de tamanho e forma por meio de recursos de animação).

Cada aspecto gráfico de um mapa 3D pode envolver um conjunto de variáveis gráficas, as quais têm origem nas variáveis visuais elencadas por Bertin (1983) (KRAAK, 1988; HAEBERLING, 2002; PETROVIC, 2003; HAEBERLING, 2008; SCHMIDT, 2012). Dentre as variáveis correspondentes aos aspectos gráficos de simbolização que foram apontadas por Haerberling (2002), destacam-se: posição, forma, tamanho, cor, brilho, textura, padrão, orientação e estilo.

Os aspectos de visualização compreendem a representação final do modelo de mapa, em vista perspectiva. Trata-se de definir um conjunto de modelos: visualização geral, nível de detalhe dos objetos, configuração da câmera, brilho e iluminação, sombra e sombreamento, efeitos ambientais e atmosféricos (HAEBERLING, 2002). No modelo de visualização geral, faz-se a escolha da projeção para representar o mapa. No modelo que trata do nível de detalhe, são definidas as particularidades que devem ser representadas para constituir os objetos 3D, variando do nível geométrico-abstrato ao nível icônico-verossimilhante.

Na etapa de configuração da câmera, acontece a definição de sua posição e geometria. A posição é determinada pelas coordenadas x e y (plano), bem como a coordenada z (altura). A especificação da geometria da câmera é determinada pela definição dos ângulos de guinada, arfagem e rolagem, bem como do ângulo de abertura da câmera. Haerberling, Bär e Hurni (2008) destacam que, para completar os elementos da geometria é necessário conhecer a posição do objeto central no modo em perspectiva. E, para a movimentação da câmera, torna-se necessária a aplicação de variáveis de animação (ex.: posição).

Na etapa de definição dos aspectos de brilho e iluminação que representam o cenário, existe a possibilidade de definir valores numa escala ampla (HAEBERLING, 2002; HAEBERLING; BÄR; HURNI, 2008). Neste caso, o tipo de luz deveria ser escolhido cuidadosamente, pois causa impacto em todas as feições

que estão integradas. E deverá ser escolhido o modo de iluminação para o modelo: luz direta, luz ambiente ou luz artificial.

No que concerne à etapa de definição dos aspectos de sombra e sombreado, é importante ressaltar que estes elementos contribuem para a representação verossimilhante da realidade, uma vez que o conhecimento da paisagem é fortemente influenciado pela interação de luz e sombra. A definição dos aspectos atmosféricos e ambientais pode auxiliar na construção de elementos mais próximos dos naturais, tais como o céu, as nuvens e a névoa (HAEBERLING; BÄR; HURNI, 2008).

MÉTODO

PROJETO GRÁFICO

Foi adotada a abordagem de Haerberling, Bär e Hurni (2008) que trata dos princípios de simbolização e visualização dos elementos do mapa. Foi projetado um conjunto de 18 mapas para descrever uma rota localizada na cidade de Álvares Machado, estado de São Paulo. Os mapas foram projetados para mídia de sete polegadas, utilizando o software ArcGIS ArcScene 10.0 e uma base cartográfica de vias que se encontrava na escala 1:1.000. Cada mapa foi projetado com as dimensões de 17,3 cm x 10,9 cm.

Com relação aos aspectos gráficos de simbolização, especificamente na fase de posicionamento dos objetos, as representações foram projetadas para distâncias de 500, 250 e 50 metros antes da manobra, utilizando os ângulos de inclinação da câmara de 30°, 45° e 89°. O ângulo de 89°, quase ortogonal ao plano, portanto, representou os mapas 2D. Não foi utilizado o ângulo de 90° para a representação denominada 'mapa 2D' porque o módulo ArcScene 10.0 não representa a superfície terrestre em projeção ortogonal. Com isso, foram obtidas diferentes vistas em função de cada ângulo selecionado para representar manobra simples e manobra complexa. A literatura considera rotatória com traçado irregular um dos tipos de manobra complexa (PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009).

Na fase de aparência gráfica do mapa foram tratados os modos de implantação para os objetos, bem como a simbologia adotada para cada camada de informação. Nos mapas com ângulo de inclinação da câmera em 89° e automóvel a 500 metros de distância até a manobra, os elementos de informação 'vias' e 'quadras' foram representados com modo de implantação linear, e, nas demais representações, com o módulo de implantação de área. Os elementos 'automóvel' e 'seta de manobra' foram sempre representados com o módulo de implantação pontual.

Para as feições de vias principais foi utilizado o amarelo (RGB = 230, 229, 0), para o automóvel, o azul (RGB = 73, 78, 229), para a rota, o magenta (RGB = 229, 0, 178) e para a seta de manobra foi utilizado o matiz verde (RGB = 85, 255, 0). Ao avaliar a preferência de um grupo de motoristas pela cor da seta de manobra para mapas de sistema de navegação em automóvel, Ramos *et al.* (2014b) concluíram que os motoristas preferem, significativamente, visualizar a seta de manobra na cor-matiz verde comparado ao matiz vermelho.

No aspecto de visualização, parte das especificações foram tratadas anteriormente na fase de posicionamento dos objetos, especificamente, do automóvel em relação à manobra. Quanto ao nível de detalhe, cabe ressaltar a utilização de um símbolo pictórico para representar o automóvel, o qual esteve orientado na direção da rota, bem como uma seta composta por três elementos (parte da via onde se encontra, parte da via depois da junção e seta com o reforço da direção).

O resultado do projeto é apresentado na Figura 1 e na Figura 2, incluindo o resultado da configuração da câmera, em que foram definidos os ângulos de guinada, arfagem e rolagem. Não houve aspectos de sombra e sombreamento, tampouco a definição de fatores atmosféricos e ambientais.

PARTICIPANTES

A escolha dos motoristas foi realizada por abordagem pessoal. Um total de 30 participantes, experientes com direção de automóvel e com a utilização de sistemas de navegação em automóvel, participou de um experimento controlado com a utilização dos mapas (intervalo de 22 a 56 anos; média de 37,50 e desvio-padrão de 12,24), dos quais 15 homens (intervalo de 24 a 56; média de idade 36,20; desvio-padrão de 12,46) e 15 mulheres (intervalo de 23 a 55; média de idade 38,80; desvio-padrão de 12,30). O experimento foi realizado sob autorização do Comitê de Ética em Pesquisa.

PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO

A preparação e validação do ambiente de teste seguiu a abordagem de Ramos *et al.* (2014a), bem como de Ramos *et al.* (2018). O *Tablet Samsung*, de oito polegadas, fez a função de monitor de navegação e, para tal, foi fixado no painel de um automóvel por meio de um suporte veicular apropriado. A adaptação do *tablet* no para-brisa do automóvel teve por finalidade simular o uso de um sistema de navegação durante a direção de automóvel.

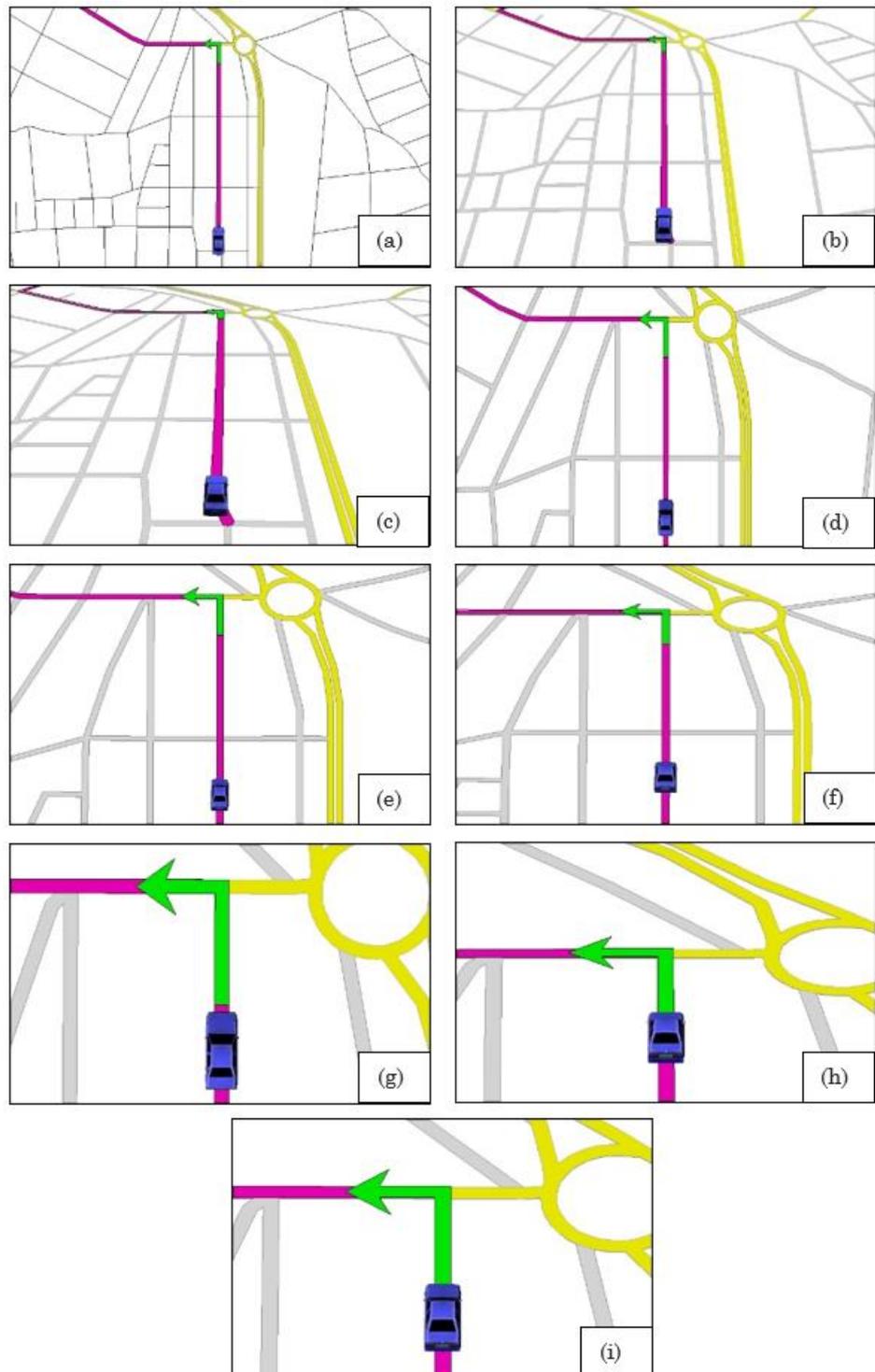
O teste foi realizado em um automóvel estacionado em via urbana, no campus da FCT-UNESP, durante o período diurno. O intuito de realizar o teste dentro do automóvel foi para simular o uso do mapa no ambiente de direção. Antes de iniciar a aplicação definitiva do experimento, foi feita a validação do teste conforme recomenda a literatura (IIDA, 2005; YOUNG; STANTON, 2005). Essa etapa consistiu em aplicar um teste piloto, no qual foi possível identificar e eliminar eventuais inconsistências no procedimento de avaliação.

A abordagem de cada participante foi feita de modo individual. Inicialmente, solicitou-se ao participante que se sentasse no assento usado pelo motorista, enquanto o experimentador permaneceu do lado, no assento do passageiro. O veículo foi ligado, com a marcha desengatada, no intuito de aproximar o ambiente de uso na direção de um automóvel.

Para a aplicação do teste, inicialmente foi entregue ao participante o roteiro do teste e um termo de consentimento livre e esclarecido para que fossem lidos. O objetivo desses documentos é descrever a natureza da pesquisa e que não há nenhum tipo de dano moral ou físico, bem como se garante que todas as

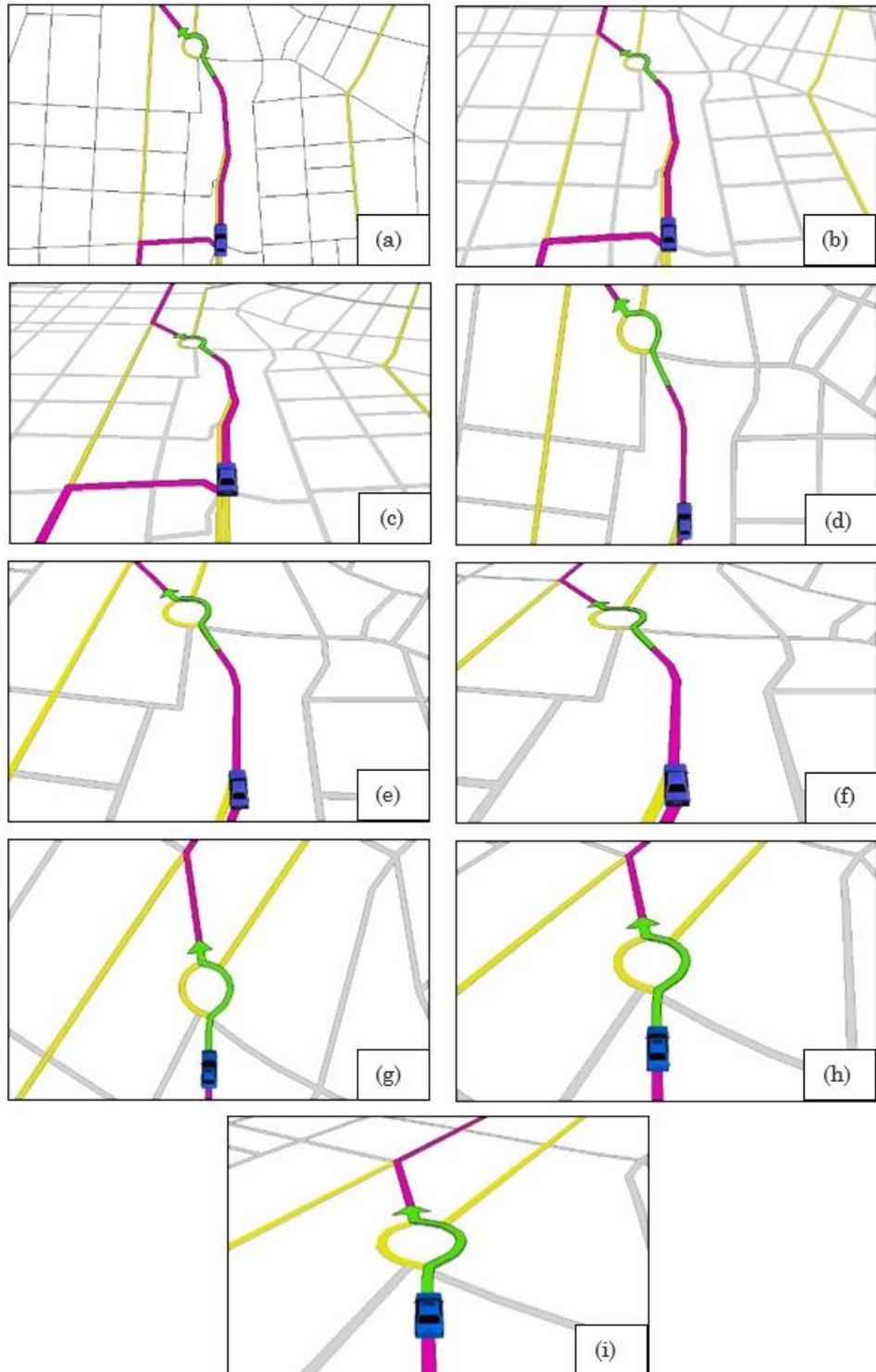
informações registradas são confidenciais. Além disso, o termo esclarece que o participante podia desistir da pesquisa a qualquer momento e sem prejuízo. Portanto, a participação no teste foi voluntária, e o termo de consentimento livre e esclarecido foi assinado por cada participante.

Figura 1 – Distância até a manobra simples: 500 metros, com ângulo de inclinação de (a) = 89°, (b) = 45° e (c) = 30°; 250 metros, com ângulo de inclinação de (d) = 89°, (e) = 45° e (f) = 30°; e 50 metros, com ângulo de inclinação de (g) = 89°, (h) = 45° e (i) = 30°.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 2 – Distância até a manobra complexa: 500 metros, com ângulo de inclinação de (a) = 89°, (b) = 45° e (c) = 30°; 250 metros, com ângulo de inclinação de (d) = 89°, (e) = 45° e (f) = 30°; e 50 metros, com ângulo de inclinação de (g) = 89°, (h) = 45° e (i) = 30°.



Fonte: Autoria própria (2021).

Em seguida, o experimentador explicou que todo o procedimento de avaliação seria gravado em áudio. Além das gravações, as respostas foram anotadas pelo experimentador no questionário de preferência, o qual foi impresso para cada participante. Por fim, o experimentador apresentou ao

motorista o conjunto de representações cartográficas em forma de apresentação no Microsoft Power Point, e aplicou o questionário que avalia a preferência desse usuário.

A avaliação foi realizada na forma de entrevista semiestruturada, na qual foi aplicado um questionário com pontos específicos sobre a representação cartográfica preferida por cada motorista, bem como as razões desta preferência. Cada conjunto de mapas foi apresentado no contexto de diferença do ângulo de inclinação da câmera, bem como de distância de onde o automóvel se encontrava na rota até a próxima manobra. Além disso, novas questões puderam ser aplicadas imediatamente após as respostas obtidas. O questionário permitiu identificar o nível de aceitação dos motoristas para cada conjunto de representação cartográfica.

De forma específica, a apresentação dos mapas aconteceu de forma similar para todos os participantes. Essa apresentação foi organizada em duas etapas, primeiro com a manobra simples e, depois, com a manobra complexa. Em cada uma das etapas as questões e mapas foram: "Quando você está à 500 metros da manobra, que tipo de mapa você prefere?". Para a apreciação dos participantes, três mapas foram apresentados, primeiro, com o ângulo de 89°, segundo, com o ângulo de 45° e, terceiro, com o ângulo de 30°. Posteriormente, o mesmo procedimento foi feito para a distância de 250 e, então, para a de 50 metros até a próxima manobra. Em cada grupo de mapas que compreendeu os diferentes ângulos de inclinação da câmera, foi feita a seguinte pergunta: "Por qual razão você escolheu este mapa?". Somente após concluir a primeira etapa é que aconteceu a segunda, com a manobra complexa, então, as questões foram as mesmas, somente diferenciando o fato de uma ser manobra simples e a outra de ser manobra complexa.

ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Para realizar a análise dos resultados, a etapa seguinte consistiu na extração e organização dos dados coletados durante a avaliação. A extração foi realizada a partir da reprodução dos arquivos de áudio. A organização foi feita em planilhas do *Microsoft Excel*, de maneira que em cada linha da planilha fossem inseridos os dados de caracterização do motorista, as respostas sobre suas preferências com relação aos mapas apresentados, bem como as razões das preferências. Fez-se a organização dos dados, sejam anotados no questionário ou extraídos dos arquivos de áudio, em duas partes. O presente projeto foi desenvolvido sob autorização do Comitê de Ética em Pesquisa, registrado na Plataforma Brasil com o CAAE No 35585314.0.0000.5402, Parecer No 818.294 e data 03.10.2014.

RESULTADOS

Dois tipos de análises estatísticas foram realizados. O primeiro investiga se a preferência dos motoristas por mapa 2D ou mapa 3D apresenta diferença significativa. O segundo tipo de análise investiga se há diferença na preferência pelas três opções de ângulo nos mapas 3D: mapa 2D (3D com inclinação da câmara em 89°), mapa 3D com médio ângulo de inclinação da câmara (45°) e mapa 3D com baixo ângulo de inclinação da câmara (30°). Nessas análises, as

representações foram analisadas para os três intervalos de distância do automóvel até a manobra (500, 250, 50 m) e para o tipo de manobra, simples ou complexa.

As análises dos dados de preferência foram realizadas com a estatística não paramétrica (ex.: teste Binomial e Multinomial), a qual é indicada para dados de natureza qualitativa ou quando se desconhece a distribuição de probabilidade destes (CONOVER, 1999). Em todas as análises, fixou-se o nível de significância menor ou igual a 0,05, ou seja, o nível de confiabilidade maior ou igual a 95%. O processamento dos dados ocorreu no software estatístico SPSS 21.0 (*Statistical Package for the Social Sciences*). Na análise sobre a preferência dos motoristas por mapas 2D ou 3D foi aplicado o teste Binomial. Esse teste é indicado para analisar amostras provenientes de populações que constituem apenas duas categorias, neste caso, representadas pela preferência por mapa 2D ou por mapa 3D.

Na análise sobre a preferência dos motoristas pelos três diferentes tipos de mapa, considerando os diferentes ângulos de inclinação da câmera, foi aplicado o teste Multinomial. Esse teste é indicado para analisar amostras provenientes de populações que constituem mais de duas categorias, neste caso, representadas pela preferência por cada tipo de mapa. Os cálculos foram feitos manualmente e avaliados com a distribuição de probabilidade Qui-Quadrado (χ^2). Quando o valor da função de distribuição multinomial (U) é maior que o valor do χ^2 tabelado, a hipótese nula (H0) de que a distribuição multinomial segue determinada proporção é rejeitada, e isso indica que um dos três mapas 3D comparados é significativamente preferido. Após esta análise, foi aplicado novamente o mesmo teste de hipótese (χ^2) para os dois outros mapas 3D menos preferidos para verificar se há diferença significativa entre estes mapas.

PREFERÊNCIA POR MAPA 2D OU MAPA 3D

O teste Binomial foi usado para analisar a preferência dos motoristas por mapas 2D e 3D, considerando-se manobra simples e manobra complexa (Tabela 1). Os dados sobre a preferência por mapa 3D correspondem às respostas obtidas para os dois tipos de mapas 3D, com médio (45°) e com baixo ângulo (30°) de inclinação da câmera, ou seja, tais dados foram agrupados em uma mesma categoria.

Inicialmente, as análises foram realizadas para as representações que apoiam a realização de manobra simples, considerando-se separadamente cada distância do automóvel até a manobra. Os resultados revelam que não houve diferença na preferência dos motoristas por mapas 2D ou 3D, independentemente da distância até a manobra. Com base nos casos estudados, pode-se afirmar que, em se tratando de manobra simples, ambos os tipos de mapas, 2D ou 3D, são igualmente aceitos pelos motoristas para realizar a tarefa de preparação para a realização da manobra.

Tabela 1 – Preferência por mapas 2D ou 3D para o caso de manobra simples e manobra complexa (rotatória)

Tipo de manobra	Distância até a manobra	Tipo de mapa	Número de motoristas	Proporção	p-valor* (teste Binomial)
Simples	500 metros	2D	17	56,67%	0,585
		3D	13	43,33%	
	250 metros	2D	14	46,67%	0,856
		3D	16	53,33%	
	50 metros	2D	13	43,33%	0,585
		3D	17	56,67%	
Tipo de manobra	Distância até a manobra	Tipo de mapa	Número de motoristas	Proporção	p-valor* (teste Binomial)
Complexa	500 metros	2D	9	30%	0,043
		3D	21	70%	
	250 metros	2D	11	36,67%	0,200
		3D	19	63,33%	
	50 metros	2D	6	20,00%	0,001
		3D	24	80,00%	

Obs.: *p-valor estimado com base na aproximação pela função de distribuição Normal (0,1). Considerou-se significativa a diferença na preferência quando o p-valor foi inferior a 0,05.

Fonte: Autoria própria (2021).

Posteriormente, os testes foram aplicados para analisar a preferência por mapas que apoiam a preparação para realizar manobra complexa em rotatória. Nestas análises, novamente foram consideradas as três distâncias até a manobra (500, 250 e 50 m). Os resultados revelam que os motoristas preferem visualizar os mapas de sistema de navegação em automóvel em vista perspectiva quando se requer preparação para realizar manobra complexa; isto tanto para o automóvel localizado a 500 m da manobra ($p = 0,043$) quanto a 50 m ($p = 0,001$) (Tabela 1).

PREFERÊNCIA POR MAPA 3D COM DIFERENTES ÂNGULOS DE INCLINAÇÃO DA CÂMERA

O teste Multinomial foi aplicado tanto para o caso de manobra simples quanto complexa, considerando-se cada distância fixada até a manobra (500, 250 e 50 metros). Para o caso de manobra simples, observou-se (Tabela 2) que, quando o automóvel esteve a 500 m da manobra, o mapa com menor aceitação entre os motoristas foi o 3D com baixo ângulo de inclinação da câmara (30°), Figura 2-c. Para os demais valores de distância, não se constatou diferenças significativas na preferência dos motoristas em função da variação do ângulo de inclinação da câmara.

De acordo com a Tabela 2, para uma distância de 500 metros da manobra, o valor de U é maior que o valor χ^2_{tabelado} , para $\alpha=5\%$ e 2 graus de liberdade;

portanto, à distância de 500 metros da manobra, os mapas 3D com diferentes ângulos de inclinação não são preferidos na mesma proporção pelos motoristas, sendo o mapa 3D com 30° considerado como de menor preferência entre os motoristas.

Para uma distância de 250 metros da manobra, o valor de U é menor que o valor χ^2_{tabelado} , para $\alpha=5\%$ e 2 graus de liberdade; portanto, à distância de 250 metros da manobra, os mapas 3D com diferentes ângulos de inclinação são preferidos na mesma proporção pelos motoristas. Para uma distância de 50 metros da manobra, o valor de U é menor que o valor χ^2_{tabelado} , para $\alpha=5\%$ e 2 graus de liberdade; portanto, à distância de 50 metros da manobra, os mapas 3D com diferentes ângulos de inclinação são preferidos na mesma proporção pelos motoristas.

Para o caso de manobra complexa, os resultados do teste Multinomial mostram que, independentemente da distância que o automóvel se encontra da manobra, os motoristas não apresentam uma preferência significativa por nenhum dos três mapas 3D (Tabela 3). Tais resultados evidenciam que, nos casos estudados, o ângulo de inclinação da câmara não foi determinante na aceitação dos motoristas pelos mapas 3D.

Ainda de acordo com a Tabela 2, para uma distância de 500 metros da manobra, o valor de U é menor que o valor χ^2_{tabelado} , para $\alpha=5\%$ e 2 graus de liberdade; portanto, os mapas 2D e 3D são preferidos na mesma proporção. Para uma distância de 500 metros da manobra, o valor de U é menor que o valor χ^2_{tabelado} , para $\alpha=5\%$ e 2 graus de liberdade; portanto, os mapas 2D e 3D são preferidos na mesma proporção. Para uma distância de 500 metros da manobra, o valor de U é menor que o valor χ^2_{tabelado} , para $\alpha=5\%$ e 2 graus de liberdade; portanto, os mapas 2D e 3D são preferidos na mesma proporção.

CONCLUSÕES

A proposta deste trabalho consistiu em avaliar a preferência de um grupo de motoristas por um conjunto de mapas 2D e 3D para uso em sistema de navegação e guia de rota. Além disso, para o caso dos mapas 3D, também foi avaliada a influência do ângulo de inclinação da câmera na preferência dos motoristas. Em todas as análises, considerou-se tanto a variação da distância do automóvel até a manobra, bem como o tipo de manobra a ser realizada, se simples ou complexa.

Constatou-se que a maioria dos motoristas prefere se preparar para a realização de manobra do tipo complexa auxiliados por mapas 3D. Todavia, em se tratando de manobra simples, ambas os tipos de representações cartográficas, 2D ou 3D, foram igualmente aceitas pelos participantes. Na análise da preferência com base na variação da inclinação da câmera para os mapas 3D, verificou-se que dentre as opções oferecidas aos motoristas, os mapas 3D, com baixo ângulo de inclinação (30°), foram os menos preferidos para apoiar manobra simples.

Tabela 2 – Preferência por mapas 3D para o caso de manobra simples e complexa

Distância até a manobra simples	Ângulo	Número de participantes	Proporção (%)	*Teste de probabilidade (comparação entre o valor U e o valor $\chi^2_{(0,05,2)}$)
500 m	3D com 89°	17	56,67%	U = 13,4 $\chi^2_{(0,05,2)} = 5,99$
	3D com 45°	12	40,00%	
	3D com 30°	1	3,33%	
250 m	3D com 89°	14	46,67%	U = 2,4 $\chi^2_{(0,05,2)} = 5,99$
	3D com 45°	8	26,67%	
	3D com 30°	8	26,67%	
50 m	3D com 89°	13	43,33%	U = 1,8 $\chi^2_{(0,05,2)} = 5,99$
	3D com 45°	7	23,33%	
	3D com 30°	10	33,33%	

Distância até a manobra complexa	Ângulo	Número de participantes	Proporção (%)	*Teste de probabilidade (comparação entre o valor U e o valor $\chi^2_{(0,05,2)}$)
500 m	3D com 89°	9	30,00%	U = 2,6 $\chi^2_{(0,05,2)} = 5,99$
	3D com 45°	14	46,67%	
	3D com 30°	7	23,33%	
250 m	3D com 89°	11	36,67%	U = 0,2 $\chi^2_{(0,05,2)} = 5,99$
	3D com 45°	9	30,00%	
	3D com 30°	10	33,33%	
50 m	3D com 89°	6	20,00%	U = 3,2 $\chi^2_{(0,05,2)} = 5,99$
	3D com 45°	10	33,33%	
	3D com 30°	14	46,67%	

Obs.: * U é estimado pela função de distribuição Multinomial, e o $\chi^2_{(\alpha,1-k)}$ é obtido na tabela de distribuição do Qui-Quadrado.

$$U = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - np_i)^2}{np_i}, k = \text{número de categorias}; O_i = \text{frequência observada}; p = \text{probabilidade de ocorrência.}$$

Fonte: Autoria própria (2021).

A maioria dos motoristas declarou que a vantagem do mapa ortogonal (mapa 2D) foi facilitar a percepção de aproximação com a manobra e possibilitar uma visão geral da rota de navegação. Os motoristas também apontaram que o fato do mapa 2D não apresentar distorções, devido à ausência de inclinação da câmara, permite uma melhor definição dos elementos de informação. Para justificar a preferência pelos mapas em 3D, a maioria dos motoristas declarou que as representações em vista perspectiva possibilitaram obter um maior número de informações relacionado ao trecho de rota que deve ser percorrido depois da próxima manobra, incluindo informações sobre a manobra seguinte quando uma se encontra próxima da outra. Essa característica dos mapas 3D

parece favorecer o aumento de segurança na tomada de decisão, ao longo da rota. Outra vantagem, na opinião dos motoristas, é o fato do mapa 3D simular a visão que se tem do mundo real.

Conclui-se que, se por um lado o mapa 2D pode facilitar a obtenção de informações de contexto da rota e a identificar mais rapidamente a posição do automóvel em relação a próxima manobra, por outro lado, o mapa em 3D pode ser mais apropriado para auxiliar os motoristas em situações de preparação e realização de manobras. Os resultados encontrados nesta pesquisa podem apoiar a indústria automotiva na seleção do design do mapa que será exibido ao motorista durante a realização de diferentes tarefas de navegação, portanto, que considera preponderante a qualidade da informação cartográfica sobre a relação de distância entre a localização do motorista e a próxima manobra.

A principal limitação deste estudo está no fato de que o experimento aconteceu em uma via com o automóvel estacionado. No entanto, foi feito desta maneira para garantir segurança aos participantes. Por outro lado, embora os estudos de Lin e Chen (2013) e de Lin, Wu e Chien (2010) tenham sido realizados em campo, uma das principais limitações em seus estudos está no fato de terem sido conduzidos com mapas de sistemas comerciais, sem a possibilidade de customização. Aqui, as propostas avaliadas foram projetadas pelos próprios autores deste trabalho.

Preference for 2D Map or 3D Map for in-car navigation: analysing the influence of the pitch angle of the camera

ABSTRACT

The aim of this work is to evaluate the preference between 2D map and 3D map, for the task of route following during the in-car navigation. A total of 18 map was designed, by considering three pitch angles of the camera (89°, 45°, 30°), each one having three distance variations between the car and the maneuver (500 m, 250 m, 50 m), as well the type of maneuver (simple or complex / roundabout). A group of 30 experienced drivers with In-Car Navigation System participated in an experiment. The results indicate that most drivers preferred 3D map when they are preparing to maneuver in roundabouts. However, 3D maps having low pitch angle of the camera (30°) were the least preferred to aid with simple maneuver. According to the reasons pointed out, 2D map facilitated to estimate distances, and 3D map displayed more amount of information, related to the route segment to be followed, as well to favor correspondence between perspective view and the view along the road. Considerations found out could support the automotive industry in process of selecting the map design for different in-car navigation system tasks.

KEYWORDS: Navigation. 3D Map. Preference.

REFERÊNCIAS

BERTIN, J. **Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps**. Madison: University of Wisconsin, 1983. 416p.

BOARD C. Map Reading Tasks Appropriate in Experimental Studies in Cartographic Communication. **The Canadian Cartographic**, v. 15, n. 10, p.32, 1978. p.1-12.

BURNETT, G. E. Turn right at the King's Head: Drivers' requirements for route guidance information. Ph.D. Thesis. Loughborough University, Loughborough, 1998. 341p.

BURNETT G. E. Usable vehicle navigation systems: Are we there yet? **Vehicle Electronic Systems 2000 - European conference and exhibition**. Leatherhead, UK: ERA Technology Ltd., 2000. p. 3.1.1-3.1.11.

COLUCCIA, E., LOUSE, G. Gender differences in spatial orientation:A review. **Journal of Environmental Psychology**, v. 24, n. 3, p.329-340, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2004.08.006>

CONOVER, W. J. **Practical nonparametric statistics**. New York: J. Wiley, 1999. 584p.

GOLLEDGE, R. Human Wayfinding and Cognitive Maps. In: Golledge, R. (ed.), **Wayfinding Behavior - Cognitive Mapping and Other Spatial Processes**, Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1999. p.5-45.

HAEBERLING, C., BÄR, H., HURNI, L. Proposed Cartographic Design Principles for 3D maps: A contribution to an Extended Cartographic Theory. **Cartographica**, v. 43, n. 3. p.175-188, 2008. <https://doi.org/10.3138/carto.43.3.175>

HAEBERLING, C. 3D-map presentation: A Systematic Evaluation of Important Graphic Aspects. In: **ICA Mountain Cartography Workshop "Mount Hood"**. 2002. p.1-11.

HAEBERLING, C. Symbolization in topographic 3D-maps: conceptual aspects for user-oriented design. In: **21st International Congress of Cartography**, Ottawa, v. 2, p.1037-1044, 1999.

HSU, S-H., LIN, C-H; CHAO, C-J. The Effects of Different Navigation Maps on Driving Performance. **Perceptual & Motor Skills: Learning & Memory**, v. 115, n. 2, p.403-414, 2012. <https://doi.org/10.2466%2F22.24.PMS.115.5.403-414>

IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2005. 340p.

KRAAK, M. J. **Computer-assisted cartographical three-dimensional imaging techniques**. (PhD Thesis) Delft University Press, Delft. 1988. 175p.

LIN, C-T., WU, H-C., CHIEN, T-Y. Effects of e-map format and sub-windows on driving performance and glance behavior when using an in-vehicle navigation system. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 40, p.330-336, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2010.01.010>

LIN, P-C., CHEN, S-I. The effects of gender differences on the usability of automotive on-board navigation systems – A comparison of 2D and 3D display. **Transportation Research Part F**, v. 19, p. 40–51, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2013.03.001>

MICHON, J. A. A critical view of driver behavior models. In: EVANS, L. (ed.); SCHWING, R. S. (ed.) **Human behaviour and traffic safety**. University of Groningen. New York: Plenum Press, 1985. p.485-520.

MONTELLO, D. R., LOVELACE, K. L., REGINALD, G. G., SELF, C. M. Sex-related differences and similarities in geographic and environmental spatial abilities. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 89, p.515-534, 1999. <https://doi.org/10.1111/0004-5608.00160>

PEGG, D. Design Issues with 3D Maps and the Need for 3D Cartographic Design Principles. In: **24th International Cartographic Conference**. Santiago, Chile. 2009. p. 1-11.

PETROVIC, D. Cartographic Design in 3D Maps. In: **21st International Cartographic Conference**. Durban, South Africa, p.1920-1925, 2003.

PUGLIESI, E. A., DECANINI, M. M. S., TACHIBANA, V. M. Evaluation of the Cartographic Communication Performance of a Route Guidance and Navigation System. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 36, n. 2, p.193-207, 2009. <https://doi.org/10.1559/152304009788188745>

RAMOS, A. P. M., DECANINI, M. M. S., PUGLIESI, E. A., TACHIBANA, V. M. Drivers' preference for map scales of route guidance and navigation system. **XVI Simposio Internacional em SIG y Percepción Remota**, Medellín, Colombia, 2014a. p.1-16.

RAMOS, A. P. M., PUGLIESI, E. A., DECANINI, M. M. S., TACHIBANA, V. M. Preferência de Cor para Rota e Seta de Manobra em Mapas de Sistemas de Guia de Rota. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 20, n. 2, p.317-333, 2014b. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702014000200019>

RAMOS, A. P. M., PUGLIESI, E. A., OLIVEIRA, R. F., TACHIBANA, V. M., DECANINI, M. M. S. (2018). "Evaluation of usability of maps of different scales presented in an in-car route guidance and navigation system. **Boletim de Ciências Geodésicas**. V. 24, n. 3 p.383-406, 2018. <https://doi.org/10.1590/s1982-21702018000300025>

ROSS, T., BURNETT, G. Evaluating the human-machine interface to vehicle navigation systems as an example of ubiquitous computing. **Int. J. Human-Computer Studies**, v. 55,, 2001, p.661-674. <https://doi.org/10.1006/ijhc.2001.0495>

SCHMIDT, M. A. R. **Uso de Mapas 3D para Navegação Virtual: Uma Abordagem Cognitiva**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Ciências Geodésicas, Curitiba. 2012. 188p.

YOUNG, M. S., STANTON, N. A. Applying Interviews to Usability Assessment. In: STANTON, N. A., et al. (ed). **The handbook of human factors and ergonomics methods**. USA: CRC Press LLC, 2005. p. 29.1-29.6.

Recebido: 30 jan. 2021

Aprovado: 09 jun. 2021

DOI: 10.3895/rbgeo.v9n3.13784

Como citar: PUGLIESI, E. A.; DIEGOLI, R. S.; RAMOS, A. P. M.; TACHIBANA, V. M.. Preferência por Mapa 2D ou Mapa 3D para navegação em automóvel: análise da influência do ângulo de inclinação da câmera. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 217-234, jul./set. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Edmur Azevedo Pugliesi

Rua Roberto Simonsen, 305, CEP 19060-900, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

