

Revista Brasileira de Cartografia (2012) N° 64/1: 57-68
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

SISTEMA DE NAVEGAÇÃO E GUIA DE ROTA ÁUDIO-DINÂMICO COM MÚLTIPLAS ESCALAS AUTOMÁTICAS

Audio-dynamic Route Guidance and Navigation System with multiple automatic scales

**Ana Paula da Silva Marques¹, Mônica Modesta Santos Decanini²
& Edmur Azevedo Pugliesi³**

¹ Universidade Estadual Paulista - UNESP

Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas – PPGCC

Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente, SP, Brasil, CEP 19060-900

marques.engcart@gmail.com

^{2,3} Universidade Estadual Paulista - UNESP

Departamento de Cartografia

Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente, SP, Brasil, CEP 19060-900

monca@fct.unesp.br, edmur@fct.unesp.br

Recebido em 28 Junho, 2011/ Aceito em 02 Outubro, 2011

Received on June 28, 2011/ Accepted on October 02, 2011

RESUMO

Este trabalho apresenta a elaboração de mapas áudio-dinâmicos e generalizados para um Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA). As representações foram projetadas com base nos princípios da comunicação cartográfica, e ênfase nas operações de generalização. A mídia utilizada consistiu em um monitor de navegação de sete polegadas, e as escalas foram definidas em função da mídia e da tarefa tática, e resultaram em 1/10.000, 1/5.000, 1/2.500 e 1/1.000. Sobre uma base na escala 1/1.000, aplicou-se as operações de simplificação, exagero e deslocamento, para a obtenção dos mapas generalizados. Os comandos de voz, pré-gravados na voz feminina, foram executados em sincronia com os mapas. A solução em múltiplas escalas foi implementada em um SINGRA disponível na Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT-UNESP), a partir do compilador *Visual Basic* e da biblioteca *MapObjects*. A comparação visual entre o sistema de múltiplas escalas e de escala única revelou que o novo SINGRA pode apresentar a informação em função da tarefa tática, o que é um fator relevante porque para distintos momentos da viagem, o motorista requer diferentes tipos de informação. Todavia, recomenda-se testar as representações com um grupo de motoristas para avaliar a usabilidade do sistema.

Palavras chaves: Cartografia, SINGRA, Mapas Áudio-dinâmicos, Generalização Cartográfica.

ABSTRACT

This work presents the elaboration of audio-dynamics and generalized maps for an In-Car Route Guidance and Navigation System (RGNS). The representations were designed based on cartographic communication principles, especially on the generalization operators. The maps were designed for a small-screen display (seven inches), and the scales employed were: 1:10.000, 1:5.000, 1:2.500 and 1:1000, which were chosen according to the media size and type of tactical task. The

maps were derived from an accurate cartographic database at scale of 1:1000, by applying generalization techniques, such as simplification, displacement, and enhancement. The voice messages were recorded in a female voice, and they were presented with visual information, simultaneously. The multiple-scale solution was implemented in a RGNS, which is available in the Faculty of Sciences and Technology, by using Visual Basic compiler and MapObjects library. The comparison between the automatic multiple-scale and single scale system show that the new RGNS, can allow the user receiving information according to the tactical task, which is a important factor because for distinct moments in navigation, driver needs different type of information. However, the representations need to be evaluated with a group of drivers to measure the usability of the system.

Keywords: Cartography, RGNS, Audio-dynamics Maps, Cartographic Generalization.

1. INTRODUÇÃO

Um Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA) tem a finalidade de auxiliar o motorista na tarefa de manutenção em rota, sobretudo, em se tratando da navegação em áreas pouco ou totalmente desconhecidas pelo condutor do veículo (BURNETT, 2000; HO & LI, 2004; LABIALE, 2001; ROSS & BURNETT, 2001; PUGLIESI & DECANINI, 2009a; PUGLIESI & DECANINI, 2009d).

A usabilidade do sistema está relacionada com a quantidade e a qualidade com que as informações são apresentadas (SHELEIBY *et al.*, 2008). Dentro disso, há uma grande preocupação com o projeto e a produção de interfaces para SINGRA, pois esses dispositivos são utilizados com o automóvel em movimento, o que pode colocar a segurança do motorista em risco e causar acidentes de trânsito, por motivo de distração (BURNETT, 2000; HO & LI, 2004; HWAN & JIN, 2010). Sendo assim, os mapas projetados para a navegação em automóvel não devem conter nem excesso de informação, pois pode reduzir a legibilidade, nem falta de informação, para que não dificulte a correspondência entre o que está sendo exibido no monitor e o que está sendo observado externamente ao automóvel.

O projeto de mapas para SINGRA apresenta restrições adicionais comparado ao projeto dos mapas tradicionais, uma das quais se relaciona à mídia utilizada na apresentação das informações (DOGRU *et al.*, 2009). Os monitores de navegação de pequeno formato (três a sete polegadas), em geral, são utilizados, pois são adequados para uso dentro do automóvel. Contudo, essa mídia de tamanho reduzido restringe a quantidade de informação legível que pode ser exibida ao motorista (DOGRU *et al.*, 2009; DOGRU & ULUGTEKIN, 2006).

Outra restrição se refere às necessidades do usuário durante a navegação, pois para cada

momento da viagem, o motorista requer diferentes tipos de informação, as quais são dependentes das tarefas desenvolvidas: manutenção em trecho de rota e preparação para a realização da manobra (BURNETT, 2000; DOGRU *et al.*, 2009; DOGRU & ULUGTEKIN, 2006; HO & LI, 2004; LABIALE, 2001; LEE *et al.*, 2008; LIU, 2000; SHELEIBY *et al.*, 2008; UANG & HWANG, 2003).

Uma solução é a exibição da informação de acordo com o contexto de direção, a partir de mapas generalizados (HO & LI 2004; LEE *et al.*, 2008; SHELEIBY *et al.*, 2008) produzidos com base nos princípios da comunicação cartográfica (HO & LI 2004; LEE *et al.*, 2008; PUGLIESI, 2007; PUGLIESI *et al.*, 2009). A generalização possibilita adequar a quantidade de informação à mídia selecionada (DENT, 1999; DOGRU *et al.*, 2009) e pode favorecer na utilização de um SINGRA (HO & LI 2004; LEE *et al.*, 2008; SHELEIBY *et al.*, 2008).

Entretanto, a avaliação de alguns sistemas em múltiplas escalas mostrou que os mapas são usualmente apresentados apenas na modalidade visual e orientados para a direção do Norte, a qual é adequada para a tarefa de planejamento de rota (HO & LI, 2004; LEE & FORLIZZI; HUDSON, 2008; SHELEIBY *et al.*, 2008). Assim, embora Burnett (2000) afirme que o emprego de diferentes modalidades, como a visual e a sonora, contribui para a usabilidade de SINGRA, os sistemas áudio-dinâmicos existentes, em geral, têm apresentado a informação em escala única e não consideram a orientação egocêntrica para apresentar a informação ao motorista. Ho & Li (2004) argumentam que os mapas egocêntricos, isto é, orientados em relação à posição do usuário, tal como à sua esquerda ou à sua direita, facilitam discernir a direção do movimento e, portanto, contribuem para a tarefa de manutenção em rota.

Nesse sentido, este trabalho apresenta uma proposta de mapas áudio-dinâmicos em múltiplas escalas para um protótipo de SINGRA em escala única, disponível na FCT-UNESP. Realizou-se, ainda, uma comparação preliminar entre o sistema existente em escala única e o desenvolvido em múltiplas escalas.

2. PROJETO CARTOGRÁFICO DOS MAPAS PARA O SINGRA

O projeto cartográfico do SINGRA foi subdividido em projeto de composição geral, no qual se determinou as variáveis interdependentes (área geográfica, mídia, escala e informação) (KEATES, 1989; DECANINI & IMAI, 2000), e projeto áudio-gráfico, o qual foi elaborado com base no princípio da comunicação monossêmica de Bertin (1983), nas adaptações da sintaxe da linguagem cartográfica de Slocum (1999), bem como na teoria da Gestalt (GOMES FILHO, 2002) e recomendações de Pugliesi (2007) e Oliver (2007).

O SINGRA áudio-dinâmico em múltiplas escalas automáticas proposto nesse trabalho, consiste em uma adaptação do sistema em escala única (1/3.000) desenvolvido por Pugliesi (2007), tanto na questão da apresentação das instruções em diferentes escalas, quanto no projeto de símbolos visuais e sonoros, visto que o sistema existente dispara apenas som de *beep*, sem comando de voz (Figura 1).

2.1. Projeto de composição geral

Como o sistema proposto visa auxiliar na tarefa de manutenção em trecho de rota e de preparação para a realização da manobra, em ambiente urbano, no período diurno, determinou-

se uma rota que contivesse diferentes elementos e situações de navegação neste contexto. Além disso, selecionou-se um conjunto de informações que pudesse auxiliar o motorista ao longo da viagem, em uma área pouco ou não familiar. Para a definição das escalas considerou-se alguns critérios, tais como a velocidade do automóvel e a distância restante até a próxima manobra. Para a apresentação das informações foi adotada uma mídia de pequeno formato.

Uma descrição mais detalhada das fases do projeto de composição geral será apresentada nos itens seguintes.

2.1.1. Seleção da rota

Selecionou-se uma rota na cidade de Álvares Machado, situada a oeste do estado de São Paulo, por apresentar diversos tipos de vias (longa, curta, reta, etc.), pontos nodais (cruzamentos e rotatória) e marcos; diferentes limites de velocidade permitida (40 e 60 km/h) e, por ser uma área considerada em pesquisas anteriores (PUGLIESI, 2007; PUGLIESI *et al.*, 2009), a qual favoreceu comparações entre as distintas soluções, escala única e múltiplas escalas. A rota adotada nessa área contém 3km de extensão e 13 manobras.

2.1.2. Seleção e organização das informações

Ao selecionar as informações (Quadro 1) pretendeu-se auxiliar o motorista na identificação de sua “localização” na rota (onde estou?), seu “contexto” de direção (próximo de onde estou?) e na “direção” e “distância” da próxima manobra (onde e próximo de onde estou?) e na “direção” e “distância” da próxima manobra (onde e quando manobrar?). Tais elementos são considerados os mais utilizados para a navegação em locais pouco

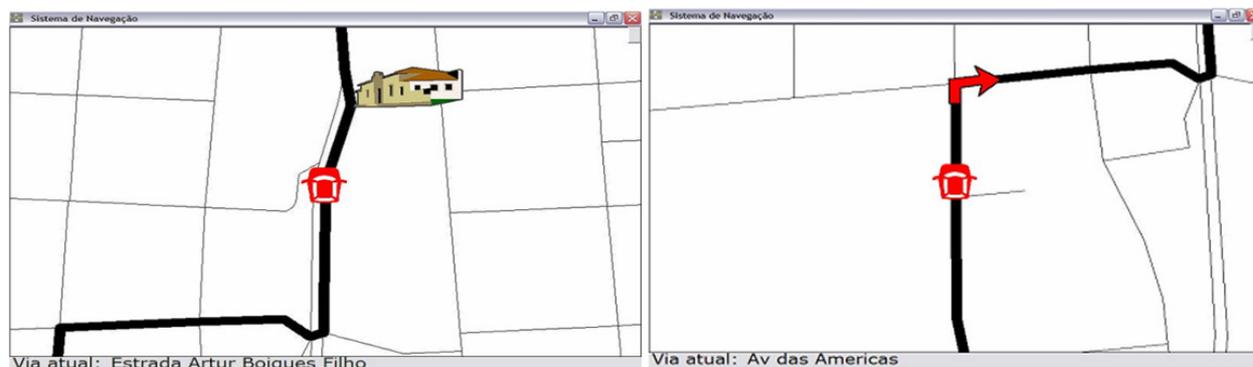


Fig. 1 – À esquerda mapa para a tarefa de manutenção em trecho de rota e, à direita, mapa para a preparação para a realização da manobra (PUGLIESI, 2007).

Quadro 1. Seleção e organização da informação visual.

Tarefa tática	Classe	Subclasse	Dimensão Espacial	Nível de medida
Manutenção em trecho de rota	Localização	Automóvel	Ponto	-
	¹ Ponto de Referência (PR)	Posto de combustível; Caixa d'água; Ginásio de esportes; Agência bancária e Estação ferroviária	Ponto	Nominal
	Rua	Via principal; Via secundária e Rota	Linha/ Área	Ordinal
	Via férrea	Linha férrea	Linha	-
	Texto	Toponímia e *Informação marginal	-	-
	Área Verde	Área Verde	Área	-
Preparação para a realização da manobra	Localização e orientação	Automóvel e Seta	Ponto	Nominal
	¹ Pontos de Referência (PR)	Igreja; Semáforo; Loja; Prefeitura; Ponto de ônibus e Supermercado	Ponto	Nominal
	Rua	Via principal; Via secundária e Rota	Linha/Área	Ordinal
	Via férrea	Linha férrea	Linha	-
	Texto	Toponímia e *informação marginal	-	-
	Área Verde	Área Verde	Área	-

ou não familiares (BURNETT, 2000; PUGLIESI *et al.*, 2009). As informações visuais foram apresentadas em mapa combinado com esquema de seta sobre a junção da manobra.

Para a transmissão das informações sonoras selecionou-se som abstrato (som de *beep*) seguido de som natural (comando de voz). A principal motivação para exibir instruções sonoras no SINGRA foi auxiliar o motorista na tarefa de preparação para a realização da manobra, por meio da redução das fixações para o monitor de navegação e, conseqüentemente, da diminuição de risco no uso do sistema. Assim, em um primeiro momento, pretendeu-se atrair a atenção do motorista para receber as informações visuais e, posteriormente, reforçar a direção da manobra. Selecionou-se a voz feminina, pois esta é considerada adequada para transmitir informações de preparação

para a manobra, enquanto a voz masculina para mensagens de ação, tal como para a realização da manobra propriamente dita (GREEN *et al.*, 1994; SANDERS & MCCORMICK, 1993).

2.1.3. Formato da mídia e Escala

Utilizou-se um monitor de navegação com sete polegadas e resolução de vídeo de 1440x900 pixels (XENARC LCD 700-TSV), conforme o adotado para o sistema em escala única. As escalas de representação foram definidas em função do tipo de tarefa de navegação desenvolvida e do tamanho do monitor de navegação. Portanto, com o intuito de se adequar a quantidade de informação à tarefa e a mídia, bem como representar as instruções com legibilidade, um total de quatro escalas foi estabelecido: 1/10.000, 1/5.000, 1/2.500 e 1/1.000 (Quadro 2).

Para calcular o valor das escalas, fez-se a projeção das quadras da cidade de Álvares Machado na tela do monitor de navegação, e determinou-se a relação entre o comprimento projetado e o valor real das quadras, o qual varia de 90 a 170 metros.

Nota-se (Quadro 2) que para a tarefa tática de manutenção em trecho de rota, as escalas (1/10.000 e 1/5.000) são alteradas de acordo com a velocidade do automóvel. O limiar adotado foi de 40 km/h, de acordo com o limite máximo permitido nas vias. Essa decisão foi tomada com base no argumento de Sheleiby *et al.* (2008), de que ao desenvolver maiores velocidades, neste caso, superior a 40km/h, o motorista necessita de mapas mais generalizados, pois tem menos tempo para observar os detalhes da área navegada.

Na tarefa de preparação para a realização da manobra, considerou-se a proximidade da manobra como um critério para a alteração das escalas. Isso se justifica em função de que o motorista tende a subdividir a rota em pequenas partes priorizando o que está por vir (BURNETT, 2000). Assim, decidiu-se por escalas maiores (1/2.500 e 1/1.000) para essa tarefa, a fim de se apresentar informação detalhada sobre a próxima mudança de direção e, assim, reter a atenção do motorista para a tarefa em execução (Quadro 2). Cabe ressaltar que o mapa na escala 1/1.000 foi projetado para os trechos de rota em que a escala 1/2.500 não

permite uma fácil discriminação entre os elementos representados.

A distância de 100 metros(m) antes da manobra, a qual marca o início da tarefa de preparação para a realização da manobra e o momento do disparo da mensagem sonora, foi determinada com base na velocidade máxima permitida na via, conforme Pugliesi (2007). A 100m da manobra o motorista dispõe de oito a dez segundos para começar a realização da mudança de direção, contudo, esse intervalo pode ser aumentado, pois a preparação para a manobra provoca a redução progressiva da velocidade (LIU, 2000). Para os trechos de rota inferior a 100m, fez-se a alteração da escala e a apresentação da mensagem sonora a 20m após a última manobra.

2.2. Projeto áudio-gráfico

O projeto áudio-gráfico compreendeu o projeto de símbolos e o projeto sonoro. Foi mantida a mesma interface visual do SINGRA em escala única.

2.2.1. Projeto de símbolos cartográficos

Propôs-se algumas modificações ao projeto de símbolos do SINGRA em escala única, tais como, a inclusão de áreas verdes e a linha férrea, bem como a classificação das vias em secundárias e principais. Cabe ressaltar que para algumas representações dos elementos, tais como o automóvel, a seta e a rota, manteve-se o projeto original de Pugliesi (2007).

Quadro 2. Escalas de representação definidas para o singra. Vel. = velocidade.

Tarefa tática	Distância da manobra	Vel.	Escala	Informação	
				Visual	Sonora
Manutenção em trecho de rota	> 100 (metros)	>40 (km/h)	1/10.000	Automóvel, rota, vias principais e secundárias, linha férrea e informação marginal.	Não
		? 40 (km/h)	1/5.000	Automóvel, rota, vias principais e secundárias, linha férrea, área verde, PR e informação marginal.	
Preparação para a realização da manobra	?100 (metros)	-	1/2.500 e 1/1.000	Automóvel, seta, rota, vias principais e secundárias, linha férrea, área verde, PR, toponímia e informação marginal.	Sim

Enquanto que a representação dos PR foi realizada seguindo a proposta de Pugliesi e Decanini (2009c).

Contudo, a dimensão (tamanho e espessura) destas feições foi alterada em função da escala de representação. Para a apresentação legível desses símbolos fez-se a projeção na tela do monitor e a dimensão foi determinada a partir de uma distância aproximada (50 cm) que o usuário estaria da tela (Quadro 3).

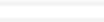
Com base no estudo preliminar de Pugliesi (2007), mapas com fundo na cor branca foram mais preferidos por um grupo de motoristas brasileiros,

da FCT-UNESP, para realizar a navegação durante o período diurno. No entanto, adotou-se a cor cinza claro (RGB = 245,245,245) porque as vias secundárias foram representadas em branco.

2.2.2. Projeto sonoro

O disparo das mensagens sonoras foi projetado para ocorrer em sincronia com exibição dos mapas nas escalas 1/2.500 e 1/1.000, isto é, associado aos mapas que auxiliam na tarefa de preparação para a realização da manobra. Portanto, o momento de apresentação da instrução sonora foi dependente da proximidade da manobra.

Quadro 3. Especificação da representação cartográfica para o SINGRA.

Escala	Subclasse de informação	Dimensão	Variável estática	Cor (RGB)	Símbolo
1/10.000	Automóvel	95	-	(250,0,0)	
	Rua:	4	Tamanho	(255,166,0)	
	Via principal	1	Valor	(0,0,0)	
	Via secundária	15	Valor da cor	(0,0,0)	
	Rota				
	Linha férrea	1,2	-	(230,0,200)	
1/5.000	Automóvel	105	-	(250,0,0)	
	PR	Variável	Forma Cor	Variável	-
	Rua:	-	Tamanho	(255,166,0)	
	Via principal	-	Valor	(255,255,255)	
	Via secundária	16	Valor da cor	(0,0,0)	
	Rota				
	Linha férrea	1,2	-	(230,0,200)	
	Área Verde	-	-	(184,255,140)	
1/2.500 e 1/1.000	Automóvel	125 e 135	Forma	(250,0,0)	
	Seta	-			
	PR	Variável	Forma Cor	Variável	-
	Rua:	-	Tamanho	(255,166,0)	
	Via principal	-	Valor	(255,255,255)	
	Via secundária	22 e 25	Valor da cor	(0,0,0)	
	Rota				
	Linha férrea	1,2	-	(230,0,200)	
	Área Verde	-	-	(184,255,140)	

O comando de voz foi utilizado em três situações. Na primeira, apresenta-se a direção da manobra, seguida do nome da próxima via (“Vire à direita, Rua Carlos Gomes”). Na segunda, indica-se a direção da manobra e o nome genérico do PR próximo à junção (“Vire à direita, na igreja”). Na terceira situação, considerou-se manobra em rotatória e apresenta-se o número da saída, associado ao nome da próxima via (“Na rotatória, pegue a terceira saída, Rua Presidente Roosevelt”). Jackson (1998) e Oliver (2007) apontam que essa ordem favorece o desenvolvimento do mapa cognitivo do motorista.

3. PRODUÇÃO DOS MAPAS ÁUDIO-DINÂMICOS EM MÚLTIPLAS ESCALAS

A etapa de produção compreendeu a generalização da base cartográfica para as escalas selecionadas e a implementação dos mapas no protótipo de Pugliesi (2007).

3.1. Generalização da base cartográfica

Uma base cartográfica de vias na escala 1/1.000 foi utilizada para obter os mapas nas escalas 1/2.500, 1/5.000 e 1/10.000. As operações de generalização foram definidas com base na tarefa de navegação e na escala requerida, e consistiram

em deslocamento, exagero e simplificação, as quais foram aplicadas utilizando o *software ArcGis 9.2*. Devido à dificuldade e complexidade de implementação computacional dos algoritmos de generalização automática no SINGRA, decidiu-se realizar a generalização *a priori* e, assim, disponibilizar as informações na base de dados em diferentes níveis de detalhamento. Dogru & Ulugtekin (2006) propõem armazenar os dados em Base de Dados de Representação Múltiplas (MRDB – *Multiple Representational Data Base*), na qual tem-se a mesma informação armazenada em diferentes limiares de escala, de maneira que os mapas nas escalas intermediárias a esses limiares sejam generalizados automaticamente pelo sistema de acordo com o propósito da representação. Sendo assim, pode-se obter a informação em diferentes graus de detalhe, de modo que um elemento representado como um polígono em uma determinada escala, em uma escala menor pode ser simbolizado apenas por um símbolo pontual ou mesmo ser omitido.

Com relação à operação de exagero, esta foi utilizada para realçar os seguintes elementos: pontos de referência, símbolo do automóvel, rota e seta (Figura 2). No caso dos pontos de referência (marcos) o intuito foi possibilitar um claro e rápido

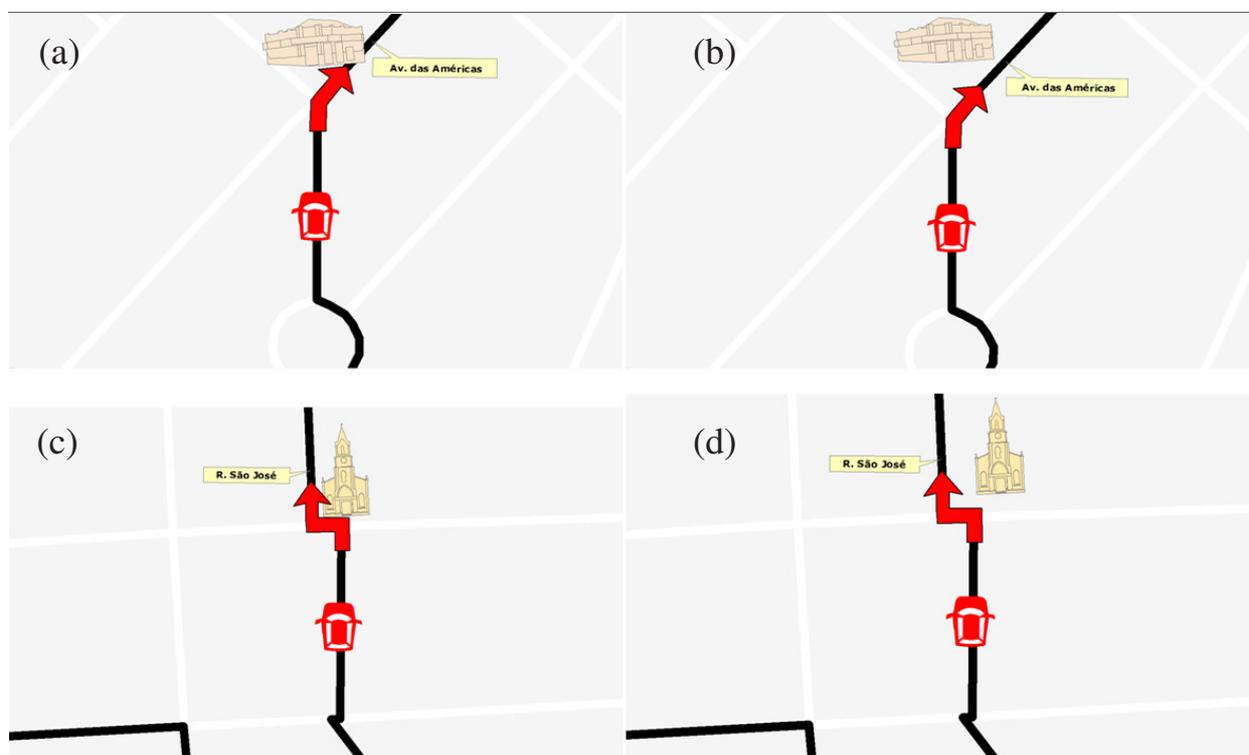


Fig. 2 – Operação de deslocamento aplicada ao mapa na escala 1/2.500. Em (a) e (c) antes da aplicação da operação e, em (b) e (d), após a operação de deslocamento.

reconhecimento dessas feições relacionadas à tarefa táctica. Isso porque, ao investigarem a seleção da informação para SINGRA, Alm (1990) e Burnett (1998; 2000) mostraram que os pontos de referência são um dos principais elementos presentes nas representações internas dos motoristas e, que, por essa razão, são muito utilizados durante a navegação. Lynch (1997) classifica os pontos como um dos cinco elementos que descrevem o ambiente urbano, juntamente com os bairros, limites, vias e pontos nodais.

Quanto ao exagero aplicado sobre a rota e o símbolo do automóvel, o propósito foi destacar tanto o trajeto a ser realizado quanto a posição do motorista ao longo desse trajeto. Segundo Lee, Forzzili e Hudson (2008) isso é importante para a manutenção do contexto direção, o qual mantém o motorista seguro e confiante durante a navegação. Enquanto que em relação à seta, o objetivo foi favorecer a compreensão da direção da manobra, a qual foi indicada por instruções de direção egocêntrica. Burnett (1998) aponta que há uma preferência significativa, para realizar manobras, pelo uso combinado de instruções com direção egocêntrica.

Ao que se refere à operação de deslocamento, essa foi aplicada sobre os pontos de referência para evitar uma sobreposição gráfica e, portanto, um ruído visual, com os demais elementos exagerados, tais como a rota, o automóvel e a seta de manobra, devido à proximidade entre eles (Figura 2).

Observa-se que mesmo com o deslocamento do ponto de referência o símbolo ainda mantém a

relação de proximidade com o cruzamento da via, um aspecto relevante, pois tal elemento é importante para auxiliar na mudança de direção, como afirmam Alm (1990) e Burnett (1998). Portanto, nota-se que o ponto de referência pode ser compreendido como um elemento integrante da manobra, pois continua compondo uma só unidade com os elementos seta e carro, os quais se agrupam pela cor. A proximidade representa um dos princípios de agrupamento na organização da forma, na teoria da *Gestalt* (GOMES FILHO, 2002).

A operação de simplificação foi aplicada sobre os trechos de rota e nas vias principais e secundárias (Figura 3). Em relação à rota, ao representá-la nas menores escalas (1/10.000 e 1/5.000), as quais auxiliam na tarefa de manutenção em trecho de rota, verificou-se um ruído visual no mapa para os trechos de pequena extensão. Assim, uma alternativa foi omitir esses segmentos, pois conforme Sheleiby *et al.* (2008) para esse tipo de tarefa o motorista não requer de detalhes do ambiente. Ao que se refere às vias, aplicou-se a operação de simplificação para representá-las apenas pelo eixo central, uma vez que ao reduzir a escala, as linhas com margem dupla perdem a legibilidade.

3.2. Implementação dos mapas áudio-dinâmicos em múltiplas escalas

As representações foram implementadas no SINGRA em escala única a partir do compilador *Microsoft Visual Basic* e da biblioteca *MapObjetc*, com base na abordagem de Pugliesi e Decanini (2009b). Enquanto que as mensagens sonoras foram



Fig. 3 – Em (a) mapa na escala 1/5.000 antes da aplicação da operação de simplificação, e, em (b), mapa na escala 1/10.000 após a simplificação das vias.

produzidas no software *Windows Movie Maker*. Para a alteração das escalas utilizou-se o princípio de *zoom* dinâmico (BROWN *et al.*, 2001), o qual baseia-se em armazenar as informações em um banco de dados e realizar a ligação entre o conteúdo e a escala do mapa em tempo de execução do sistema. Nesse sentido, desenvolveram-se procedimentos para o SINGRA, os quais verificam a velocidade do automóvel e a distância do motorista até a manobra, e, a partir disso, se aplica o *zoom* dinâmico no mapa para a escala de interesse. As informações foram armazenadas em arquivos *shapefile* e os procedimentos criados com base nas propriedades *visible* ou *false* dos objetos de representação de mapa. A seguir apresentam-se os critérios estabelecidos para a mudança automática da escala:

- Se o automóvel estiver a uma distância superior a 100m da próxima manobra e a velocidade for superior a 40 km/h, o SINGRA executa o procedimento que altera as informações para a escala 1/10.000, e o mapa é apresentado automaticamente (Figura 4a). Caso contrário, se a distância ainda for superior a 100m, porém a velocidade de percurso for inferior ou igual a 40 km/h, o mapa na escala 1/5.000 é apresentado (Figura 4b).

- Se a distância do automóvel até a manobra for inferior ou igual a 100m, independentemente da velocidade, o SINGRA executa o disparo a instrução sonora e simultaneamente altera a escala do mapa para 1/2.500 (Figura 5a) ou 1/1.000, a qual foi utilizada apenas para a manobra de número sete (Figura 5b).



Fig. 4 – Em (a) mapa na escala 1/10.000 para velocidade superior a 40km/h e distância até a manobra maior que 100m, e, em (b), mapa na escala 1/5.000 para velocidade inferior ou igual a 40km/h e distância maior que 100m.

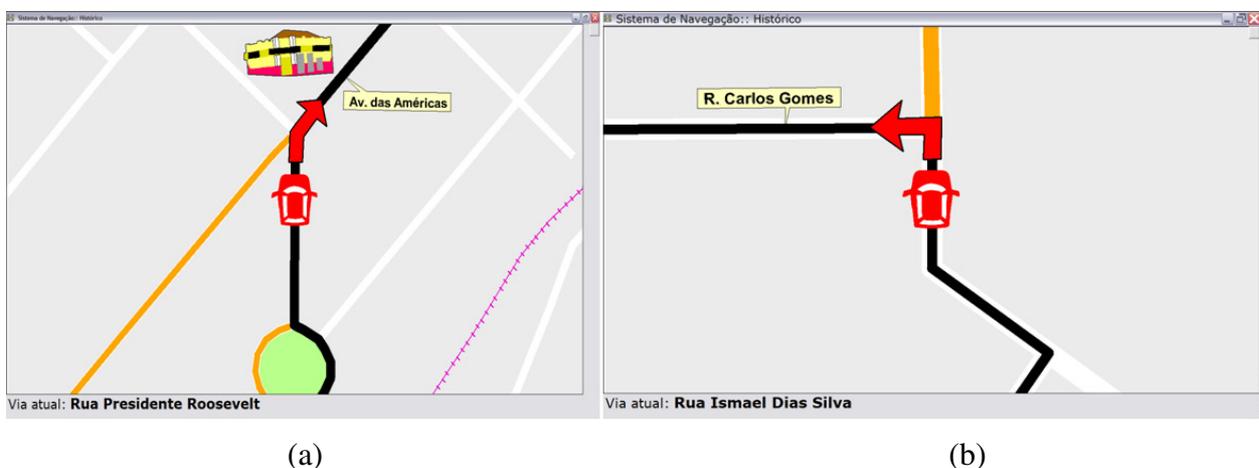


Fig. 5 – Em (a) mapa na escala 1/2.500 e, em (b), mapa na escala 1/1.000 para uma distância inferior ou igual a 100m da próxima manobra.

4. DISCUSSÕES

A comparação entre os mapas, em escala única (Figura 1) e múltiplas escalas (Figuras 4 e 5), foi realizada em função do tipo de tarefa de navegação desenvolvida. Para a tarefa de manutenção em trecho de rota (Figura 4), o SINGRA em múltiplas escalas apresentou a informação de acordo com a velocidade do automóvel. Assim, para uma velocidade superior a 40km/h (Figura 4a) o mapa foi exibido na escala 1/10.000 e omitiu-se alguns elementos de contexto. Neste caso, as vias principais e secundárias foram representadas apenas pelo eixo central, para reduzir a quantidade de detalhes e tornar o mapa mais legível. Deve-se enfatizar que o acréscimo de informação resulta em um aumento no tempo de fixação dos olhos fora da via (LABIALE, 2001; LIU, 2000; UANG; HWANG, 2003) e, para essa tarefa, não há necessidade de um mapa mais detalhado.

Para as velocidades mais baixas, menor ou igual a 40km/h, o sistema apresentou as informações na escala 1/5.000 (Figura 4b), de modo que mais elementos de contexto fossem exibidos no mapa, como os pontos de referência e as áreas verdes. Isso é relevante, pois os elementos de contexto podem ser utilizados na confirmação da rota e permitir que o motorista compreenda com mais facilidade seu contexto de direção, o que pode reduzir as chances de erros de manobra (LIU, 2000; ROSS, BURNETT; 2001).

Na solução em escala única (Figura 1) verifica-se que as informações não foram generalizadas com base na tarefa desenvolvida pelo motorista. O mapa mantém o mesmo nível de detalhamento para toda a rota. Essa decisão pode comprometer a usabilidade do sistema, em termos de aumento dos erros navegacionais e da demanda visual, visto que para distintos momentos da viagem, o usuário requer diferentes tipos de informação e com maior grau de detalhamento (DOGRU, *et al.*, 2009; HO; LI, 2004; LABIALE, 2001; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008; SHELEIBY, *et al.*, 2008; UANG; HWANG, 2003).

Quanto à tarefa de preparação para a realização da manobra, a Figura 6 apresenta uma manobra em rotatória na escala 1/2.500 e uma manobra à esquerda na escala 1/1.000. Observa-se que os mapas em múltiplas escalas apresentam

além da seta para a indicação da direção da manobra, a informação de toponímia, a qual não foi apresentada nos mapas em escala única. Entende-se que a toponímia pode reforçar o sentido da manobra porque o texto é posicionado próximo à via, na qual o motorista deve adentrar.

A representação da informação na escala 1/1.000 (Figura 5b) foi importante para evitar o comprometimento da legibilidade do mapa ao projetar as feições de auxílio à manobra, como a seta e a toponímia, na mídia selecionada. Além disso, foi uma forma de evitar que a seta e o automóvel se coalescessem no mapa, em virtude da proximidade destes elementos, o que poderia dificultar a interpretação do motorista e, assim, aumentar as chances de erros navegacionais.

Outra característica relevante do SINGRA em múltiplas escalas é a associação dos comandos de voz ao som de *beep*. Isso tanto pode despertar a atenção do motorista, pelo som de *beep*, quanto confirmar, pelo comando de voz, a informação visual projetada para auxiliar na preparação da mudança de direção. No SINGRA em escala única, a omissão do comando de voz pode aumentar a demanda visual para o mapa e os riscos no uso do sistema, uma vez que a atenção do motorista se mantém dividida entre a via e o monitor. Nesta solução, o som de *beep* indica somente a aproximação da manobra, restando ao usuário a modalidade visual para saber qual decisão tomar.

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Ao projetar interfaces para um SINGRA deve-se considerar fatores como a quantidade de informação necessária para cada tipo de tarefa e a legibilidade de sua representação em mídia de pequeno formato. Dentro disso, a utilização de critérios para alterar a escala, como limite de velocidade e distância restante até a próxima manobra é fundamental para controlar o grau de detalhamento da informação e, por conseguinte, produzir mapas legíveis e adequados à tarefa de navegação. Isso pode evitar distração e mesmo sobrecarga mental do usuário por prestar atenção em informações não condizentes com a tarefa em desenvolvimento. Portanto, a falta de flexibilidade dos SINGRAS em escala única pode comprometer a eficiência e eficácia da comunicação e, desta forma, a segurança do motorista.

Quanto ao uso da generalização, conclui-se que as operações tradicionalmente utilizadas na cartografia podem ser adaptadas para os mapas temáticos, como são caracterizados os mapas para um SINGRA. As operações podem ser aplicadas não só com a redução da escala, mas em virtude do propósito da representação, o que possibilita representar as instruções com base no contexto de direção do motorista.

Recomenda-se avaliar o SINGRA em múltiplas escalas com um grupo de motoristas brasileiros, para verificar a usabilidade do sistema, em termos de eficiência, eficácia e satisfação do usuário. Além disso, recomenda-se implementar procedimentos de generalização automática em tempo de execução do sistema, para escalas intermediárias entre os limiares armazenados na base de dados, conforme sugerem Dogru e Ulugtekin (2006). Embora esse tema represente um desafio para as pesquisas, observa-se que a generalização em tempo real consiste em um recurso importante para se evitar a edição de uma grande quantidade de dados e uma sobrecarga na memória de armazenamento do computador.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo apoio financeiro para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALM, H. **Drivers cognitive models of routes**. DRIVE project V1041 (GIDS). Groningen, The Netherlands: University of Groningen, Traffic Research Centre. 1990.
- BERTIN, J. **Semiology of Graphics**. Madison: University of Wisconsin Press, 1983.
- BOS, E. S. **Cartographic Symbol Design**. Netherlands: ITC, 1984.
- BURNETT, G. E. **“Turn right at the King’s Head”: Drivers’ requirements for route guidance information**. PhD Thesis, Loughborough University, UK. 1998.
- BURNETT, G. E. Usable vehicle navigation systems: Are we there yet? **In: vehicle electronic systems 2000 - European conference and exhibition**, Era Technology Ltd 29-30, ISBN 0 7008 0695 4, p. 3.1.1- 3.1.11. June 2000.
- BROWN, A.; EMMER, N.; VAN DEN WORM, J. Cartographic Design and Production in the Internet Era. **The Cartographic Journal**, v. 38, p. 61-72, 2001.
- DECANINI, M. M. S.; IMAI, N. N. Mapeamento na Bacia do Alto Paraguai: Projeto e Produção Cartográfica. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 52, p. 65-75. 2000.
- DENT, B. D. **Cartography: Thematic Map Design**. 3rd ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 1999.
- DOGRU, A. O.; ULUGTEKIN, N. N. Car navigation map design in terms of multiple representations. **First International Conference On Cartography & GIS**. Borovets, Bulgaria. p. 25–28. Jan. 2006.
- DOGRU, O.; DUCHÊNE, C.; VAN DE WEGHE, N.; MUSTIÈRE, S.; ULUGTEKIN, N. Generalization Approaches for Car Navigation Systems. In: International Cartographic Conference (ICC’09), 24., 2009, Santiago (Chile). **Proceedings...**, ICA, 2009. 10 p.
- GOMES FILHO, J. **Gestalt do Objeto: Sistema de Leitura Visual da Forma**. São Paulo: Escrituras Editora. 2002.
- GREEN, P. In-Vehicle Information: Design of Driver Interfaces for Route Guidance. In: **Transportation Research Board Meeting**, Washington, D.C, EUA. January, 1996.
- GREEN, P.; LEVISON, W.; PAELKE, G.; SERAFIN, C. **Suggested Human Factors Design Guidelines for Driver Information Systems**. Technical Report UMTRI-93-21. FHWA-RD-94-087. 1994.
- HWAN, L. J.; JIN, J. S. Design Guidelines and Recommendations for In-Vehicle Navigation Systems **Journal of Korean Society of Design Science**. v. 23. n. 3. p. 309–327. 2010.
- HO, A.; LI, Z. Design of Dynamic Map for Land Vehicle Navigation. **The Cartographic Journal**. v. 41, n. 3., p.265–270. 2004.
- JACKSON, P.G. In search of better route guidance instructions. **In Ergonomics**, v. 41, n. 7, p. 1000-1013. 1998.

- KEATES, J. S. **Cartographic design and production**. 2nd ed. New York: Longman Group, 1989.
- LABIALE, G. Visual search and preferences concerning different types of guidance displays. **Behaviour & Information Technology**. n. 3, v. 20, p. 149-158. 2001.
- LEE, J.; FORLIZZI, J.; HUDSON, S. Iterative design of MOVE: A situationally appropriate vehicle navigation system. **International Journal of Human-Computer Studies**. v. 66, p.198–215, 2008.
- LIU, Y. Effect of advanced traveler information system displays on younger and older drivers' performance. **Elsevier Science**. v. 21, p. 161-168, 2000.
- LYNCH, K. **A imagem da Cidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1997.
- OLIVER, K. **Cognitive Map Development and Driver Distraction: The Role of Vehicle Navigation Systems**. 2007. 79p. M.Sc. in Interactive Systems Design – School of Computer Science and Information Technology University of Nottingham.
- PUGLIESI, E. A. **Avaliação da Comunicação Cartográfica de um Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel**. 2007. 292 f. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2007.
- PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S. Mapa ou esquema de seta: qual modalidade os motoristas preferem para sistemas de navegação e guia de rota em automóvel? **Boletim de Ciências Geodésicas**. v. 15, n. 1., 2009a.
- PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S. Construção e validação de simulador de baixo custo para avaliar a usabilidade de sistemas de navegação. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 1, n. 61, p. 27-36, 2009b.
- PUGLIESI, E.A.; DECANINI, M.M.S. Projeto cartográfico de sistema de navegação e guia de rota em automóvel com pontos de referência de alta iconicidade. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 2, n. 61, p. 79-89, 2009c.
- PUGLIESI, E.A.; DECANINI, M.M.S. Information for In-Car Route Guidance and Navigation Systems: Selection, Presentation and Evaluation. In: International Cartography Conference, 24., Chile. **Proceedings... ICA**, 2009d.
- 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**. n. 2, v. 36, p.193-207. 2009.
- ROSS, T.; BURNETT, G.E. Evaluating the human-machine interface to vehicle navigation systems as an example of ubiquitous computing. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 55, p. 661-674, 2001.
- SANDERS, M.S.; MCCORMICK, E.J. **Human factors in engineering and design**. New York: McGraw-Hill. 1993.
- SHELEIBY, M.; et al., Automatic Map Scaling in Car Navigation Systems Using Context-aware Computing. **World Applied Sciences Journal** 3, Supple 1, p.101-106, 2008.
- UANG, S. T.; HWANG, S. L. Effects on driving behavior of congestion information and of scale of in-vehicle navigation systems. **Transportation Research Part**, v. 11, p. 423–438, 2003.