

ANA PAULA DA SILVA MARQUES

**GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA UM SISTEMA
DE NAVEGAÇÃO E GUIA DE ROTA EM AUTOMÓVEL
ÁUDIO-DINÂMICO COM MÚLTIPLAS ESCALAS**

ANA PAULA DA SILVA MARQUES

**GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA UM SISTEMA
DE NAVEGAÇÃO E GUIA DE ROTA EM AUTOMÓVEL
ÁUDIO-DINÂMICO COM MÚLTIPLAS ESCALAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Cartográficas.

Orientadora: Profa. Dra. Mônica M. S. Decanini

Co-orientador: Prof. Dr. Edmur A. Pugliesi

Presidente Prudente

2011


M315g Marques, Ana Paula da Silva.
Generalização cartográfica para um Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel áudio-dinâmico com múltiplas escalas / Ana Paula da Silva Marques. - Presidente Prudente : [s.n], 2011
100 f.

Orientadora: Mônica Modesta Santos Decanini
Co-orientador: Edmur Azevedo Pugliesi
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

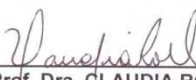
1. Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóveis. 2. Mapas áudio-dinâmicos. 3. Representações em múltiplas escalas. 4. Generalização Cartográfica. I. Decanini, Mônica Modesta Santos. II. Pugliesi, Edmur Azevedo. III. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. IV. Título.

CDD 623.71

BANCA EXAMINADORA



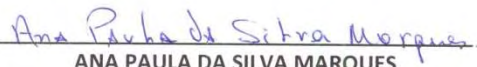
Prof. Dra. MONICA MODESTA SANTOS DECANINI
Orientadora



Prof. Dra. CLAUDIA ROBBI SLUTER
(UFPr)



Prof. Dr. MILTON HIROKAZU SHIMABUKURO
(FCT/UNESP)



ANA PAULA DA SILVA MARQUES

PRESIDENTE PRUDENTE (SP), 29 DE ABRIL DE 2011.

RESULTADO: Aprovada

Ao meu marido Juliano, à minha mãe Silvana
e aos meus irmãos Paulo César e Gabriel,
pelo apoio e incentivo constante.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus. Ele que é a razão da minha vida e que está comigo a todo instante. A Ele minha eterna gratidão pelas oportunidades e por me fazer encontrar as pessoas certas, na ocasião oportuna.

À minha mãe que incondicionalmente sempre me ajudou, não medindo esforços para que eu pudesse continuar estudando e crescendo como pessoa e profissional. Ao meu pai que me ajudou à sua maneira e como conseguiu.

Aos meus irmãos, pelo carinho, torcida e confiança.

Ao meu marido Juliano, meu grande companheiro e maior incentivador. Por todas as conversas, zelo, dedicação e, muitas vezes, por suportar minhas lágrimas de medo e cansaço, mas que foram importantes para o meu crescimento.

A todos os meus grandes amigos, em especial, Monique, Paula, Daniel, Gabriel, Eduardo (Duda) e Priscila, que com cada conversa, troca de experiência e desabafo, ajudaram-me a compreender que um bom caminho se faz caminhando e que os tropeços fazem parte da nossa história. Também aos amigos da Pós-Graduação, em especial, ao Guilherme e ao Yuri Reis, pelas inúmeras discussões que só me motivaram e me serviram de ânimo para continuar.

À professora Dra. Mônica Modesta Santos Decanini, pela intensa colaboração, dedicação e esforço para que eu me tornasse, a cada dia mais, uma profissional de qualidade. Agradeço muito a Deus por permitir que você faça parte da minha história, não só profissional, mas, sobretudo, história de vida.

Ao professor Dr. Edmur Azevedo Pugliesi, também meu amigo, que um dia me convidou para pesquisar nessa área de Sistema de Navegação. Meus sinceros agradecimentos pela oportunidade, pelas dicas, sugestões e, principalmente, por me ajudar a acreditar que sou capaz.

*“Não há aprendizado na vida
que não passe pela experiência dos erros.”*
(Pe. Fábio de Melo)

RESUMO

O objetivo desta pesquisa consiste na elaboração de mapas áudio-dinâmicos em múltiplas escalas automáticas, para um Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA). O projeto das representações cartográficas foi dividido em duas fases: projeto de composição geral e projeto áudio-gráfico. Os mapas visuais dinâmicos foram elaborados com base nos princípios da comunicação cartográfica e da percepção visual, com ênfase nas operações de generalização. A área de estudo apresenta uma malha urbana com diferentes tipos de vias, cruzamentos e limites de velocidade. Os mapas foram projetados para serem exibidos em um monitor de pequeno formato (sete polegadas), com alta resolução, e um total de quatro escalas de representação foi determinado: 1/10.000, 1/5.000, 1/2.500 e 1/1.000. Tais escalas foram definidas em função do tamanho da mídia de apresentação e do tipo de tarefa táctica. Os mapas generalizados foram obtidos pela aplicação das operações de simplificação, exagero e deslocamento, sobre uma base cartográfica na escala 1/1.000. As representações áudio-dinâmicas foram produzidas a partir de variáveis áudio-dinâmicas. As mensagens de voz foram pré-gravadas na voz feminina, executadas em sincronia com as informações visuais. O projeto foi implementado em um SINGRA disponível na FCT-UNESP, a partir do compilador *Visual Basic* e da biblioteca *MapObjects*. Ao comparar o sistema de múltiplas escalas com o de escala única, observa-se que os novos mapas adaptados ao contexto de direção do motorista, podem permitir que o usuário receba a informação de acordo com a tarefa de navegação desenvolvida ao longo da rota. A generalização possibilitou adequar a quantidade de informação à mídia, o que pode contribuir para a redução dos erros navegacionais e da demanda visual, quando comparado com representações de escala única. O trabalho apresenta contribuições relevantes para futuros projetos de mapas para SINGRA em múltiplas escalas, pois o protótipo foi aprimorado a partir dos princípios da comunicação cartográfica. Todavia, as representações ainda requerem ser testadas com um grupo de motoristas para a mensuração da usabilidade do sistema, em termos de eficiência, eficácia e satisfação do usuário.

Palavras-chaves: Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel, mapas áudio-dinâmicos, representações em múltiplas escalas e generalização cartográfica.

ABSTRACT

The aim of this research is to design and implement an automatic multi-scale and audio-dynamic map for an In-Car Route Guidance and Navigation System (RGNS). The design was organized in two stages: general composition and auditory-graphic design. The visual-dynamic maps were designed based on cartographic communication principles and visual perception, especially on the generalization operators. The area of study presents an urban network with different types of roads, nodes, and speed limits. The maps were designed for a small-screen display, and a total of four different scales were employed: 1:10.000, 1:5.000, 1:2.500 and 1:1.000. These scales 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 audio-dynamic representations were produced by taking account a set of audio-dynamic variables. The voice messages were recorded in a female voice, and they were presented with visual information, simultaneously. The design was implemented in a navigation system, which is available in the Faculty of Sciences and Technology, by using Visual Basic compiler and MapObjects library. The results of comparison between the automatic multiple-scale and single scale system show that the new system, enhanced driver's context, can allow the user receiving information according to the tasks performed along of the route. From the employment of generalization technique it was possible to present in a properly way the amount of information in the display, in which it can contribute for reducing navigational errors and visual demand, when compared with single-scale map. In terms of cartographic design and production, this work presents relevant contribution for future projects that involve multiple-scale maps for RGNS, due to the prototype has been improved by applying cartographic communication principles. However, the representations need to be evaluated with a group of drivers to measure the usability of the system in terms of efficiency, effectiveness and user satisfaction.

Keywords: In-Car Route Guidance and Navigation System, audio-dynamic representations, automatic multi-scale map, cartographic generalization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Combinação de mapa e esquema de seta para indicar a manobra.....	22
Figura 2 – Guias eletrônicos.	23
Figura 3 – Mapas em múltiplas escalas com orientação para a direção do Norte.	27
Figura 4 – Mapas em múltiplas escalas otimizados ao contexto de direção do motorista. ...	29
Figura 5 – Mapas em múltiplas escalas automáticas sem mensagem sonora.	30
Figura 6 – Projeto e produção cartográfica.	34
Figura 8 – Localização geográfica da área de estudo.	36
Figura 9 – Representação da rota selecionada sobre a malha viária.	38
Figura 10 – Monitor de navegação de pequeno formato.	38
Figura 11 – Símbolo utilizado para indicar a localização do motorista na rota.	50
Figura 12 - Interface visual do SINGRA.	56
Figura 13 – Operação de exagero aplicada aos elementos do mapa.....	59
Figura 14 – Operação de deslocamento aplicada aos elementos na escala 1/2.500.	60
Figura 15 – Operação de deslocamento aplicada aos elementos na escala 1/5.000.	60
Figura 16 – Operação de simplificação aplicada ao mapa na escala 1/5.000.	61
Figura 17 – Operação de simplificação aplicada ao mapa na escala 1/10.000.	61
Figura 18 – Manutenção em trecho de rota na Estrada Artur Boigues Filho.	69
Figura 19 – Manutenção em trecho de rota na Rua Marcílio Dais.....	70
Figura 20 – Manutenção em trecho de rota e realização de manobra.....	72
Figura 21 – Realização de manobra com ponto de referência na junção.	74
Figura 22 – Representação de manobra simples.	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fases e estágios na realização da tarefa de navegação.....	17
Quadro 2 - Escala de representação determinada a partir da velocidade.....	30
Quadro 3 – Operações de generalização cartográfica.	31
Quadro 4 – Especificação técnica do monitor de navegação.....	39
Quadro 5 – Pontos de referência adotados para o SINGRA.	41
Quadro 6 - Seleção e organização da informação de navegação.....	42
Quadro 7 – Definição das escalas para as representações do SINGRA.	45
Quadro 8 – Determinação das escalas para as representações do SINGRA.	46
Quadro 9 – Especificação da representação cartográfica para o SINGRA.	49
Quadro 10 – Mensagens de voz produzidas para o SINGRA.	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. ELEMENTOS DE COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA SINGRA.....	16
2.1. Navegação	16
2.2. Sistema de Navegação e Guia de Rota	18
2.3. Apresentação da informação em SINGRA	20
2.3.1. Modalidade Sonora	20
2.3.2. Modalidade Visual: mapa e esquema de seta.....	22
2.3.3. Representação multimodal.....	24
2.3.4. Apresentação da informação de navegação em múltiplas escalas.....	25
3. PROJETO CARTOGRÁFICO DAS REPRESENTAÇÕES ÁUDIO-DINÂMICAS	32
3.1. Projeto de Composição Geral.....	35
3.1.1. Área Geográfica	35
3.1.2. Formato de apresentação	38
3.1.3. Sistema de Projeção	39
3.1.4. Seleção e organização da informação de navegação.....	39
3.1.4.1. Seleção e organização da informação visual e sonora	40
3.1.5. Escala	43
3.2. Projeto áudio-gráfico	47
3.2.1. Representação cartográfica	47
3.2.1.1. Projeto de símbolos cartográficos.....	47
3.2.1.2. Projeto sonoro.....	53
3.2.1.3. Projeto de fontes.....	55
3.2.2. Leiaute da interface visual básica do SINGRA.....	56
4. PRODUÇÃO E COMPARAÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES DO SINGRA	57
4.1. Materiais e softwares.....	57
4.2. Edição dos dados geográficos: processo de generalização cartográfica	58
4.3. Criação das mensagens sonoras	61
4.4. Implementação das representações em múltiplas escalas automáticas	64
4.5. Comparação dos mapas multimodal e em diferentes escalas.....	67
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	77
REFERÊNCIAS.....	81
APÊNDICES.....	88

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas tem crescido o número de tecnologias desenvolvidas para o uso dentro de automóveis, sendo uma delas os Sistemas de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA) (LIU, 2000; OLIVER; BURNETT, 2008). Esses sistemas têm a finalidade de auxiliar o motorista na tarefa de navegação, a qual é considerada complexa tanto do ponto de vista perceptivo¹ quanto cognitivo², sobretudo, em se tratando de áreas pouco conhecidas ou totalmente desconhecidas pelo condutor do veículo (BURNETT, 1998, 2000a; HO; LI, 2004; LABIALE, 2001; ROSS; BURNETT, 2001; PETCHENIK 1989; PUGLIESI, 2007).

Na manutenção em rota o motorista deve tomar decisões para chegar ao seu destino, bem como controlar o veículo; ações que podem levá-lo a situações de incerteza, frustração e, até mesmo, de erros na direção. Assim, existe uma preocupação quanto ao projeto e a produção de interfaces para SINGRA, principalmente, em virtude de esses dispositivos serem 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, 1998, 2000a; GREEN, 2000a; HO; LI, 2004; HWAN; JIN, 2010; TSIMHONI; GREEN, 2001; GREEN, 2002). A questão relacionada à Apresentação da Informação tem sido um dos principais tópicos considerados, na qual o intuito está em responder “quando e “como” exibir as instruções de navegação, de maneira que se melhore o desempenho do sistema e não se comprometa a segurança do motorista (BURNETT, 1998, 2000a; BURNETT; JOYNER, 1997).

As informações para SINGRA podem ser apresentadas por meio de diferentes modalidades, como a visual e/ou a sonora, a partir de distintos tipos de representação, tal como mapa, esquema de seta ou a combinação de ambos. Contudo, independente do tipo de representação um produto para fins de navegação

¹ A demanda perceptiva ou visual relaciona-se ao custo visual do sistema, e pode ser quantificada a partir da análise da quantidade tempo e número de olhadas que o motorista faz na direção do monitor de navegação para obter a informação de interesse (BURNETT; JOYNER, 1997; GREEN, 2000b; PARKES, 1991).

² A demanda cognitiva refere-se ao nível de processamento requerido do usuário para executar determinada tarefa, e pode ser mensurada a partir da sobrecarga mental originada ao motorista em função da tarefa que está sendo realizada (GREEN, 2000b).

em automóvel não deve conter nem excesso de informação, para que não confunda o motorista, nem tampouco, 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 (HO; LI, 2004). Ademais, não basta propor uma quantidade suficiente de informação, é necessário, também, que a representação seja de forma adequada, para se evitar comprometer a legibilidade do mapa, o que pode dificultar a identificação e captura das informações necessárias.

O fato de se apresentar um mapa dinâmico ou áudio-dinâmico não garante a eficiência de um SINGRA (UANG; HWANG, 2003). A usabilidade³ do sistema, segundo Sheleiby (et al., 2008), está relacionada com a quantidade e a qualidade com que as informações são apresentadas. Por essa razão, observa-se que o projeto de mapas para SINGRA apresenta mais restrições comparadas ao projeto dos mapas tradicionais, e uma dessas restrições se relaciona à mídia utilizada na apresentação das informações (DOGRU et al., 2009). Em geral, utilizam-se os monitores de navegação de pequeno formato, os quais variam de três e sete polegadas, pois são adequados para uso dentro do automóvel (PUGLIESI, 2007). No entanto, o tamanho reduzido da mídia restringe a quantidade de informação legível que pode ser apresentada ao motorista durante a tarefa de navegação (DOGRU et al., 2009; DOGRU; ULUGTEKIN, 2004, 2006).

Outro aspecto refere-se à necessidade do motorista por informação ao longo da rota, visto que este necessita, em cada momento da viagem, de diferentes tipos de informação, as quais são dependentes do tipo de tarefa desenvolvida, se manutenção em trecho de rota ou preparação para a realização de manobra (BURNETT, 1998, 2000a; BURNETT; JOYNER, 1997; DOGRU et al., 2009; DOGRU; ULUGTEKIN, 2004, 2006; UANG; HWANG, 2003). Burnett (1998) ressalta que existe uma tendência do motorista em dividir a viagem em submetas, dando sempre maior ênfase à tarefa que está imediatamente por vir, sem, contudo, perder a noção de contexto sobre a rota que navega. Uma das razões é devido à manutenção do contexto de direção permitir que o condutor do veículo se mantenha

³ A usabilidade consiste na qualidade de interação entre o usuário e o sistema, e pode ser medida em função da eficiência, da eficácia e do grau de satisfação do usuário ao utilizar o produto (ISO 9241-11, 1998). Na navegação, a eficiência caracteriza-se como a demanda perceptiva e cognitiva exigidas do motorista para obter a informação no sistema. A eficácia consiste no alcance das metas, como a chegada ao destino sem erros, e a satisfação refere-se às opiniões dos usuários, tal como a confiança ao navegar (BURNETT, 2000a).

seguro e confiante durante todo o trajeto (LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008). Assim, a eficiência de um SINGRA é dependente da identificação dos elementos importantes para o motorista ao longo da rota, bem como da determinação da melhor forma de apresentá-los ao usuário (BURNETT, 2000a).

Diante disso, o projeto de interfaces para SINGRA deve ser realizado, sobretudo, em função do tamanho da tela do sistema e do tipo de tarefa de navegação (DOGRU; ULUGTEKIN, 2006; DOGRU et al., 2009; LABIALE, 2001; LIU, 2000; SHELEIBY et al., 2008; UANG; HWANG, 2003). Portanto, o problema central dessa pesquisa é que informação deve ser apresentada em mídia de pequeno formato, de tal forma que seja suficiente e representada com legibilidade, para atender às necessidades do motorista em sua tarefa de navegação? Uma possibilidade refere-se à exibição da informação de acordo com o tipo de tarefa desenvolvida ao longo da rota, a partir de mapas generalizados e produzidos com base nos princípios da comunicação cartográfica (HO; LI 2004; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008; PUGLIESI, 2007; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009). As operações de generalização possibilitam adequar a quantidade de informação necessária ao contexto do motorista à mídia selecionada e, assim, podem favorecer o processo de identificação e interpretação da informação de interesse, de maneira que conseqüentemente contribuam para o aumento do desempenho do sistema (DOGRU et al., 2009; DOGRU; ULUGTEKIN, 2004, 2006; HO; LI 2004; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008; PUGLIESI; DECANINI, 2009d; SHELEIBY et al., 2008; ULUGTEKIN; DOGRU; THOMSON, 2004; WANG; MENG, 2008; WICKENS et al., 2004).

Os resultados da avaliação dos sistemas que aplicam os recursos de generalização na elaboração de mapas otimizados têm-se apresentado bastante satisfatórios em termos de redução da demanda visual e da sobrecarga mental do motorista, bem como do aumento da preferência subjetiva e da diminuição dos erros navegacionais (HO; LI, 2004; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008; SHELEIBY et al., 2008; UANG; HWANG, 2003). Tais variáveis são consideradas como algumas das principais na avaliação da usabilidade de um SINGRA (PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009).

Entretanto, embora, Burnett 2000a aponte que a combinação de instruções sonoras às representações de mapa contribui para o desempenho do

sistema (BURNETT, 2000a), os SINGRA que têm sido avaliados, em geral, apresentam a informação em escala única. Cabe ressaltar que nenhuma informação tem sido encontrada na literatura com relação ao projeto e/ou avaliação de mapa áudio-dinâmico, que utiliza sistema de referência egocêntrico-local e associa mensagens de voz e múltiplas escalas automáticas. No intuito de dar continuidade às pesquisas nessa área, Pugliesi e Decanini (2009d) apontam a importância de se realizar um estudo sobre generalização cartográfica no sistema desenvolvido por Pugliesi (2007) com o intuito de aprimorar, principalmente, aquelas representações cartográficas que tiveram baixo desempenho, quando testadas com motoristas em um simulador de direção de baixo custo (PUGLIESI; DECANINI, 2009a).

Nesse sentido, o objetivo principal deste trabalho consiste na elaboração de mapas áudio-dinâmicos em múltiplas escalas automáticas, para um Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel. Os objetivos específicos são elaborar o projeto cartográfico das representações multimodal em diferentes escalas; programar um conjunto de mapas áudio-dinâmicos com múltiplas escalas automáticas em um SINGRA disponível na FCT-UNESP; e comparar visualmente o sistema atual e o desenvolvido por Pugliesi (2007).

A dissertação segue uma estrutura em cinco capítulos, incluindo este capítulo introdutório que expõe o interesse da pesquisa e apresenta o problema da navegação em ambiente pouco ou não conhecido pelo motorista, bem como evidencia as possibilidades do uso de um SINGRA para auxiliar na tarefa de manutenção em rota. O Capítulo 2 trata da revisão da literatura que fundamenta este trabalho, no qual se considerou os elementos de comunicação cartográfica para um guia de rota. No Capítulo 3 apresenta-se o projeto cartográfico das representações áudio-dinâmicas em múltiplas escalas, em que se determinou as variáveis interdependentes e foi estabelecido o projeto gráfico do SINGRA. O Capítulo 4 descreve a etapa de produção do sistema, na qual foi realizada a generalização da base de dados geográficos, a criação das instruções sonoras e a implementação das representações cartográficas no SINGRA. Apresenta-se ainda uma comparação visual entre a solução em múltiplas escalas e o projeto em escala única proposto por Pugliesi (2007). No Capítulo 5 têm-se as conclusões e as recomendações para trabalhos futuros.

2. ELEMENTOS DE COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA SINGRA

Neste capítulo, considera-se o princípio da navegação e alguns dos modelos que explicam como esse processo se desenvolve, e, mais especificamente, quais as tarefas desenvolvidas durante a navegação em automóvel. Além disso, é abordado o propósito e o princípio de funcionamento dos SINGRA, em que se enfatiza os principais tópicos de investigação relacionados ao tema. Na sequência, trata-se da questão da apresentação da informação em SINGRA, a partir do uso das diferentes modalidades de comunicação e do emprego das operações de generalização cartográfica.

2.1. Navegação

A navegação consiste na realização de movimento através do espaço (LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008) e um dos propósitos da utilização da informação geográfica é justamente o de facilitar esse movimento de um lugar para o outro (BOARD, 1978). Os principais componentes envolvidos no processo de navegação são a seleção da rota, a manutenção em rota e a chegada ao destino (SHEMYAKIN, 1962 apud BOARD, 1978). Morita (1993), na tentativa de explicar como qualquer tipo de navegação (a pé, de automóvel, etc.) ocorre, propõe um modelo, no qual a navegação é considerada uma tarefa dividida em duas fases e três estágios. As fases estão subdivididas nas etapas de planejamento e manutenção em rota e os estágios nas etapas “antes”, “durante” e “depois” da viagem (Quadro 1).

Na fase de “planejamento” e no estágio que antecede a viagem (“antes”) o usuário determina sua posição atual e onde deseja chegar. Em seguida estabelece os trechos que serão percorridos e os locais onde a mudança de direção será realizada. Na fase de “manutenção em rota” e no estágio “durante” a viagem, identifica-se qual parte da rota está sendo navegada e as tarefas que devem ser realizadas posteriormente. Ao finalizar o percurso o usuário pode

compreender onde estava, qual o trajeto desenvolvido e o que foi realizado em cada momento da viagem.

Fases	Estágios		
	Antes	Durante	Depois
Planejamento	Onde estou? Onde eu devo ir? Como chego ao local?	Qual é o próximo trecho e quando devo entrar?	-
Manutenção em rota	-	Aonde estou? Quando e o que fazer em seguida?	Onde eu estava? Qual trajeto percorrido? O que fiz em cada momento?

Quadro 1 – Fases e estágios na realização da tarefa de navegação.

Fonte: adaptado de Morita (1993).

Mais especificamente, em se tratando da navegação em automóvel, Michon (1985) discute que o motorista executa algumas tarefas, como a estratégica, a tática e a operacional. O nível estratégico representa o planejamento e o gerenciamento da viagem incluindo-se a seleção da rota, os custos, os riscos, etc. Nesse momento o motorista requer informações referentes às condições de tráfego, tempo estimado para a viagem, disponibilidade de estacionamentos, dentre outras (BURNETT, 1998).

O nível tático refere-se à preparação para a realização da manobra, e informações de distância e direção da próxima manobra, pontos de referência, sinalização viária e configuração (leiaute) da via são elementos necessários, a fim de apoiar as decisões de onde e quando realizar as manobras (BURNETT, 1998).

O nível operacional relaciona-se aos aspectos de controle do veículo, tais como girar o volante, acelerar, frear, etc., isto é, o nível operacional é realizado durante a conversão/manobra (BURNETT, 1998; PETCHENIK, 1989).

Burnett (1998) aponta que as ações em nível estratégico são realizadas em um intervalo de tempo maior (ordem de alguns minutos), pois o motorista define seu objetivo (destino) e estabelece suas metas (caminho a percorrer) para alcançá-lo. No tático, as decisões são tomadas em poucos segundos porque o automóvel encontra-se em movimento, e no nível operacional as tarefas

são executadas em milissegundos, as quais correspondem às ações automáticas realizadas pelo motorista, como o ato de manobrar o veículo, frear, etc.

De acordo com Ross e Burnett (2001) entender como se desenvolve a navegação, bem como conhecer a necessidade do motorista em cada estágio da viagem pode indicar quais informações devem ser inseridas em um SINGRA e o momento oportuno para apresentá-las.

2.2. Sistema de Navegação e Guia de Rota

O propósito de um SINGRA é auxiliar o motorista na tarefa de planejamento e manutenção em rota, a partir da apresentação de informações sobre o ambiente (BURNETT, 1998; LABIALE, 2001). A tarefa de manutenção em rota compreende a manutenção em trecho de rota e a preparação para a realização da manobra (PUGLIESI, 2007). Um trecho de rota representa o percurso entre duas manobras, e esta (a manobra) refere-se à mudança de direção, isto é, o ponto de intersecção de duas ou mais vias onde se deixa uma via para entrar em outra (MICHON, 1985; PUGLIESI, 2007; PUGLIESI, DECANINI; TACHIBANA, 2009).

O princípio de funcionamento de um sistema de navegação consiste na integração de técnicas de Posicionamento Global por Satélite (GPS – *Global Positioning Systems*), mapas digitais, sinais de comunicação (sinal de rádio para transmitir informações de trânsito, etc.), algoritmo para o cálculo da rota e dispositivo eletrônico, em geral, de pequeno formato, para exibir as instruções de navegação (DOGRU et al., 2009; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008). Ao fornecer o destino, a partir da posição atual do automóvel, o sistema calcula uma rota otimizada e apresenta as informações para todo o percurso (LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008). A otimização da rota pode estar relacionada à preferência do motorista, como a escolha pelo trajeto mais rápido, mais curto, menos congestionado, etc. (BOARD, 1978). Além disso, se o motorista realizar manobras erradas ou se perder no caminho, o sistema recalcula automaticamente outra rota com as características iniciais estabelecidas e transmite as informações para o novo trajeto (LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008).

As instruções de direção podem ser de diversos tipos e, muitas vezes, variam de uma tecnologia para outra. No entanto, algumas categorias de informações estão presentes em, basicamente, todos os sistemas, como a indicação da posição do motorista na rota, as direções e a distância restante até a próxima manobra e as informações que oferecem contexto ao condutor (BURNETT, 1998; LABIALE, 2001).

As informações de contexto estão relacionadas aos elementos do ambiente que podem ajudar o motorista durante a tarefa de navegação (LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008). Portanto, a área geográfica que contém a rota define um contexto particular, de maneira que os elementos existentes ao longo da rota podem ser incluídos no mapa como feições de contexto. Exemplo desses elementos são pontos de referência e seus respectivos nomes, trechos de rota e os trechos de logradouro que a cruza, nome de vias, tempo e distância restantes até o ponto de chegada, dentre outros (BURNETT, 1998, 2000a; BURNETT; JOYNER, 1997; HO; LI, 2004; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008; PUGLIESI, 2007; SHELEIBY et al., 2008).

Jackson (1994) sugere que outros tipos de informações possam ser transmitidos aos motoristas durante a tarefa de navegação, com a finalidade de oferecer contexto espacial. Avisos quanto à existência de radares, pedágios, estacionamentos, pontos de interesse, tais como hospitais, hotéis, caixa eletrônico, restaurantes, etc., podem garantir a exibição de um maior número de elementos, os quais podem ser utilizados para tomada de decisão. Outras informações também podem estar presentes, como limite de velocidade, pontos de congestionamento ou mesmo de acidentes ao longo da rota, em que o sistema proponha rotas alternativas.

Diante disso, estudos relacionados ao projeto e a produção de interfaces para SINGRA vêm sendo desenvolvidos a fim de melhorar a usabilidade desses sistemas e, assim, garantir a segurança do motorista na navegação. Os principais tópicos investigados consistem na seleção da informação, nas características individuais dos usuários e na apresentação da informação (BURNETT; JOYNER, 1997; BURNETT, 1998, 2000a; ZIMMER, 1990 apud BURNETT, 1998). A seleção da informação refere-se à tentativa de se compreender como o ser humano percebe o ambiente e quais são os elementos utilizados na

tarefa de navegação. O tema relacionado às características individuais dos motoristas, preocupa-se em identificar os fatores, como sexo, idade, deficiência na visão de cores, etc., que podem influenciar no uso de um SINGRA. Enquanto o objetivo da apresentação da informação é determinar as informações necessárias ao motorista para cada momento da viagem, bem como o instante oportuno para apresentá-las (BURNETT; JOYNER, 1997).

2.3. Apresentação da informação em SINGRA

As informações de navegação podem ser apresentadas em um SINGRA utilizando diferentes modalidades (BURNETT, 1998; LABIALE 2001), as quais se relacionam aos estímulos perceptivos do ser humano (ALM, 1990). As modalidades mais investigadas são a visual e a sonora, bem como a combinação de ambas (representação multimodal) (BURNETT, 2000a; LIU, 2000).

2.3.1. Modalidade Sonora

A modalidade sonora transmite a informação por meio de comando de voz (som natural) e/ou sons abstratos. A principal vantagem dessa modalidade é o fato do motorista não precisar tirar os olhos da via enquanto recebe as informações (BURNETT, 2000a). As instruções por comando de voz são mensagens pré-gravadas ou produzidas pelo método *text-to-speech* (texto para fala) (BURNETT, 2000a; ROSS; BURNETT, 2001). O princípio da técnica *text-to-speech* é produzir a mensagem com uma voz mecanizada, isto é, a voz é gerada pelo próprio computador, de maneira que o sistema busca o nome da via na base de dados e elabora a instrução verbal (BURNETT, 2000a; GREEN, et al., 1994).

Muitos dos sistemas apresentam mensagens sonoras pré-gravadas, pois apresentam tons mais naturais e aceitáveis ao motorista (SANDERS e MCCORMICK, 1993). Contudo, independentemente da forma como são produzidas, o uso apropriado das mensagens de voz requer considerar as características do

som, como volume, timbre, dentro outros, bem como considerar o tipo de informação que deverá ser transmitida, como, por exemplo, instruções relacionadas à preparação para a realização da manobra podem ser ditas por voz feminina, enquanto mensagens de ação por voz masculina (GREEN et al., 1994; ROSS et al., 1995). Vale lembrar que muitos dos sistemas, disponíveis no mercado, permitem que o motorista escolha qual o tipo de voz, masculina ou feminina, será utilizada na transmissão das informações.

Nesse contexto, diversos são os tipos de mensagens de voz que o motorista pode receber, dentre as quais “Vire à direita”, “Vire à esquerda”, “Siga em frente”, “Vire à direita, a seguir” (BURNETT, 2000a). Outros sistemas associam informações sobre a distância restante até a manobra, como “A 100 metros vire à direita” ou “Vire à esquerda em 300 metros” ou “Vire à direita em 200 metros” (BURNETT, 1998, 2000a). Além disso, para manobras em rotatórias a informação pode ser do tipo “Pegue a 3ª saída”, “Na rotatória, pegue a 4ª saída”, “À direita, na rotatória, pegue a 2ª saída” (BURNETT, 1998). Associar pontos de referência às instruções de direção também consiste em outro tipo de mensagem sonora em SINGRA, como “Vire à esquerda, na igreja” ou “Após o semáforo, vire à direita” ou “Na estação rodoviária, vire à direita” (BURNETT, 2000a; ROSS; BURNETT, 2001).

A ordem de apresentação das informações nas mensagens sonoras influencia no desenvolvimento do mapa cognitivo⁴ do motorista afirma Jackson (1998). Apresentar o nome do ponto de referência após a direção da manobra (Ex.: “Vire à direita, na igreja”) contribui de maneira positiva para o desenvolvimento cognitivo humano, pois reforça a direção da manobra, ressalta o autor.

Quanto aos sons abstratos, estes podem se referir a sinais de *beep*, os quais, em geral, precedem as mensagens de voz a fim de chamar a atenção do motorista para o recebimento da informação (LIU, 2000; LABIALE, 2001; PUGLIESI, 2007).

⁴Mapa cognitivo são representações análogas aos mapas, armazenadas na memória do ser humano, ou representações metafóricas que possibilitam o indivíduo agir como se estivesse tendo acesso a um mapa (GOLLEDGE, 1999).

2.3.2. Modalidade Visual: mapa e esquema de seta

Para apresentar as informações de navegação na modalidade visual pode-se utilizar mapas ou esquemas de seta, e a combinação destes (BURNETT, 2000a; LABIALE, 2001). Os meios eletrônicos adotados têm sido monitor de navegação ou dispositivos *Head Up Display* (HUD), os quais apresentam as instruções de direção à altura dos olhos do motorista, no seu campo natural de visão (BURNETT, 2000a).

Os sistemas que combinam mapa e seta para a indicação da manobra é denominado por Pugliesi (2007) de Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel – SINGRA (Figura 1).

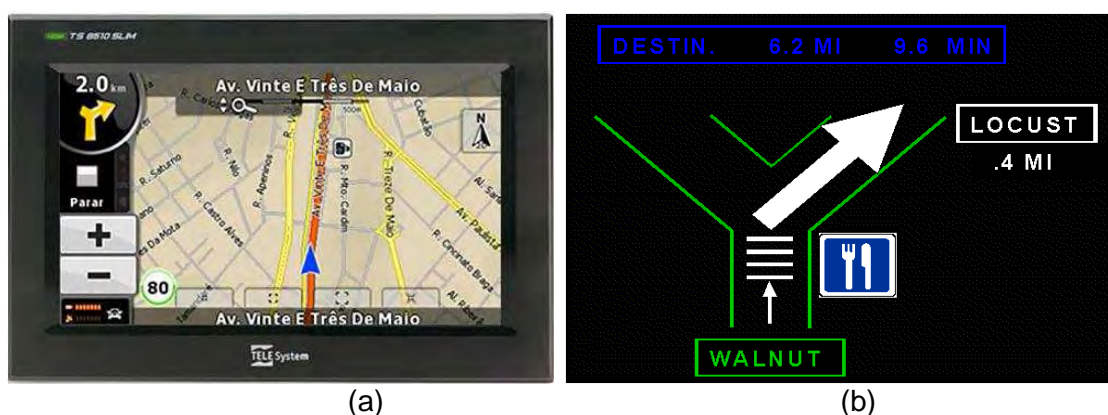


Figura 1 – Combinação de mapa e esquema de seta para indicar a manobra.
Fonte: Mio (2011).

Labiale (2001) aponta que os guias eletrônicos que exibem as instruções de direção a partir de mapas, muitas vezes, são denominados de Sistema de Navegação (SN) (Figura 2a), enquanto que os Sistemas de Guia de Rota (SGR) são aqueles que utilizam esquema de seta para instruir o motorista (Figura 2b).

As setas sobrepostas às representações de mapas têm por objetivo reforçar a localização e a direção da manobra para auxiliar na tarefa de navegação (BURNETT, 1998, 2000a; LABIALE, 2001; PUGLIESI, 2007). Pugliesi e Decanini (2009b) constataram em um experimento com um grupo de motoristas brasileiros que os motoristas preferem mapa com seta sobreposta, comparado a apenas o

esquema de seta. Uma das possíveis razões pela preferência de mapa combinado com seta, refere-se à capacidade do mapa em fornecer um conjunto de elementos de localização e contexto, tais como quadras, vias, cruzamentos, pontos de interesse, etc., importantes na navegação (BURNETT, 2000a; BURNETT; LEE 2005; PUGLIESI; DECANINI, 2009b). Os mapas auxiliam os motoristas na formação de uma representação mental não ambígua do espaço, o que contribui para o desenvolvimento de suas representações internas (LABIALE, 2001).



(a) (b)

Figura 2 – Guias eletrônicos.

Em (a) Sistema baseado em mapa. Fonte: TeleSystem (2011).

Em (b) Sistema baseado em esquema de seta. Fonte: Philips (1997).

Os mapas projetados para SINGRA, combinados ou não com esquemas de seta, consistem em representações dinâmicas⁵ ou áudio-dinâmicas⁶ (MACEACHREN, 1995; SLOCUM, 1999), e que podem apresentar a informação de navegação em duas dimensões, mapa na projeção ortogonal, ou três dimensões, mapa com vista perspectiva (KRAY et al., 2003; PUGLIESI, 2007). Além disso, as representações são orientadas a algum sistema de referência, como o sistema global, em que o mapa é orientado para a direção do Norte ou o egocêntrico, no qual se orienta o mapa em relação à posição (corpo) do usuário. Tem-se ainda o sistema de referência local, em que o mapa permanece orientado para algum ponto (marco) do ambiente adotado como ponto de referência. De acordo com Ho e Li (2004) o

⁵ Mapa dinâmico apresenta a mudança contínua dos fenômenos espaciais, a partir da utilização de um conjunto de variáveis dinâmicas (MACEACHREN, 1995; SLOCUM, 1999).

⁶ Mapa áudio-dinâmico associa às representações visuais algum tipo de som (natural e/ou abstrato) a partir do emprego de variáveis áudio-dinâmicas (MACEACHREN, 1995).

sistema global é adequado para as tarefas de planejamento de rota, como para realizar a seleção da rota. Enquanto que a orientação egocêntrica contribui para a tarefa de manutenção em rota porque facilita o usuário discernir a direção do movimento que deve realizar.

2.3.3. Representação multimodal

A transmissão de informações por sinais sonoros, tais como informações de alerta, como sobre a existência de radares, e de advertência, como excesso de limite de velocidade, tem se mostrado mais rapidamente compreendida pelos motoristas, quando comparado ao sinal apenas visual (SIMPSON et al., 1985 apud LIU, 2000). Entretanto, para a realização de manobras complexas⁷, como em rotatórias ou cruzamentos, os motoristas têm apontado a preferência pelos mapas, devido este tipo de representação permitir uma visão geral da rota, além de possibilitar a identificação da posição do automóvel em relação às referências urbanas, tais como quadras, vias, cruzamentos, pontos de referência, dentre outros, bem como contribuir para verificar a distância restante até a manobra (BURNETT, 1998, 2000a; HO; LI, 2004; LIU, 2000; ROSS et al., 1995,).

Assim, existe um consenso entre pesquisadores da área de fatores humanos em apresentar a informação a partir de representações multimodal (BURNETT, 2000a). Trbovich, Lindgaard e Dillon (2005) argumentam que a principal razão para se combinar diferentes modalidades é permitir uma interação simples, natural e eficiente entre o usuário e as aplicações computacionais. Em se tratando de SINGRA, a combinação de mensagens sonoras à modalidade visual tem a finalidade de enfatizar alguma forma de representação de informação, tal como informação de direção e de distância, por exemplo, “Vire à esquerda a 200 metros” ou “Em seguida, vire à direita” (ROSS; BURNETT, 2001).

⁷ Manobra complexa: ponto na malha viária que possui duas ou mais vias do lado direito ou esquerdo do trecho de rota depois da junção, ou que apresenta um trecho de rota sinuoso ou fragmentado que chega ou sai da junção (LABIALE, 2001; PUGLIESI, 2007; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009).

Ao avaliar os sistemas áudio-dinâmicos, os resultados apontam para a redução da demanda visual e o aumento da preferência subjetiva, bem como para a diminuição do erro navegacional e da sobrecarga mental do motorista, quando em relação aos sistemas dinâmicos (BURNETT, 2000a; LABIALE, 2001; LIU, 2000). Segundo Liu (2000), a combinação de esquema de seta com curtas mensagens sonoras pode aperfeiçoar o desempenho da direção do automóvel, porque resulta em baixa demanda visual e menor erro navegacional. O autor ressalta também que a modalidade exclusivamente visual pode gerar uma maior sobrecarga mental no motorista e, conseqüentemente, induzi-lo a dirigir mais devagar e com mais cautela, como forma de compensação do esforço mental exigido. Portanto, a representação multimodal consiste em uma possibilidade de se usufruir das vantagens das modalidades visual e sonora e, dessa forma, contribuir para a melhoria do desempenho do sistema (BURNETT, 2000a).

2.3.4. Apresentação da informação de navegação em múltiplas escalas

A qualidade dos mapas apresentados nos sistemas de guia de rota tem um impacto direto na usabilidade desses sistemas (HO; LI, 2004; SHELEIBY et al., 2008; UANG; HWANG, 2003). Os mapas projetados para um SINGRA devem ser adequados à mídia de apresentação (SHELEIBY et al., 2008). Assim, Ho e Li (2004) ressaltam que o mapa deve consistir em uma representação equilibrada, a qual não deve conter excesso e nem falta de informação. Isso porque um mapa com excesso de informação pode confundir o motorista e exigir mais tempo para ser compreendido e interpretado (HO; LI, 2004). Enquanto que a falta de informação pode comprometer a tarefa de correspondência realizada pelo motorista entre as feições apresentadas no monitor e seu respectivo referente⁸ no mundo real (HO; LI, 2004). Para ser útil e auxiliar o usuário no alcance de seus objetivos é preciso que o

⁸ Referente são objetos, acontecimentos ou qualidade do mundo real representados pelos signos (BORDENAVE, 1984).

mapa caracterize-se como um produto de fácil e rápida leitura (DENT, 1999), isto é, que seja legível⁹ (WICKENS, et al., 2004).

Em geral, os monitores de dimensão reduzida são adotados para apresentar as instruções de navegação aos motoristas, todavia isso limita a quantidade de informação legível que pode ser apresentada (DOGRU, et al., 2009). Na tentativa de se adequar a quantidade de informação à mídia de pequeno formato, tem sido proposta a alteração da escala de representação de acordo com a posição do automóvel ao longo da rota (DOGRU; ULUGTEKING, 2006; HO; LI, 2004; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008; SHELEIBY, et al., 2008). Muitos sistemas disponíveis no mercado já permitem a mudança na escala, seja manual ou automática, contudo alguns aspectos críticos, que podem comprometer a usabilidade desses sistemas, têm sido evidenciados (LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008; SHELEIBY et al., 2008). Uma dessas restrições relaciona-se à perda de contexto do motorista ao aplicar uma operação de *zoom*¹⁰ (mais ou menos) no mapa. Observa-se que essa operação, na verdade, consiste na realização de um *zoom* mecânico sobre a área mapeada, e não na generalização da informação exibida em escalas menores (LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008). Com isso, o nível de detalhamento da informação não é alterado com base na escala, ou seja, o mapa não possui mais detalhes com a ampliação da escala (operação de *zoom in*), e nem comunica uma informação menos detalhada para as escala menores (operação de *zoom out*) (LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008).

O tratamento inadequado da informação está relacionado com a ausência da aplicação das operações de generalização cartográfica na mudança da escala (DOGRU, et al., 2009; DOGRU; ULUGTEKING, 2006; HO; LI, 2004; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008; SHELEIBY, et al., 2008). Lee, Forlizzi e Hudson (2008) discutem que apresentar informação não condizente com a tarefa desenvolvida ao longo da rota pode resultar em mapas com informações desnecessárias ao contexto de direção do motorista, e até em produtos não legíveis devido ao excesso de informação apresentada em mídias pequenas, o que pode resultar em alta demanda

⁹ Legibilidade é a facilidade do usuário perceber e discriminar dois ou mais símbolos no mapa. A facilidade de ler e de compreender o conteúdo da representação (BOS, 1984).

¹⁰ De acordo com o Dicionário Aurélio *Zoom* representa o efeito de ampliação ou diminuição de imagem na tela do computador, sem alteração do tamanho da imagem original ou do arquivo em que está armazenada.

visual, por requer mais atenção do motorista na identificação e compreensão da informação de interesse.

Pesquisas têm investigado a possibilidade de se aplicar os princípios da comunicação cartográfica, em especial, o emprego da generalização para a elaboração e a produção de mapas otimizados em múltiplas escalas, na tentativa de obter produtos legíveis e adequados à tarefa de navegação desempenhada (HO; LI, 2004; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008; SHELEIBY et al., 2008). Os resultados têm-se mostrado satisfatórios em termos de redução da demanda visual e carga mental do motorista (LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008; UANG; HWANG, 2003), bem como do aumento da preferência subjetiva e diminuição dos erros navegacionais (UANG; HWANG, 2003).

Ho e Li (2004) desenvolveram um SINGRA a partir do uso dos métodos de generalização cartográfica, de maneira que os mapas são produzidos com base nos operadores de seleção, simplificação e exagero, e apresentados nas escalas 1/2.500, 1/5.000 e 1/10.000. A operação de seleção é utilizada para determinar os elementos a serem apresentados no SINGRA. Para tanto, os autores estabelecem duas áreas de *buffer* com magnitudes distintas. A área menor compreende as feições imediatamente próximas ao automóvel, e seus respectivos atributos gráficos (de tamanho, espessura e toponímia) são destacados no mapa pela operação de exagero. A área maior de *buffer* representa as vias ao redor do automóvel, as quais são destacadas pela mudança de cor, para facilitar a percepção da posição do automóvel no mapa. As Figuras 3a e 3b apresentam o sistema proposto nas escalas 1:2.500 e 1:10.000 respectivamente.



Figura 3 – Mapas em múltiplas escalas com orientação para a direção do Norte.
Em (a) mapa na escala 1:2500. Em (b) mapa na escala 1:10000.

Fonte: Ho e Li (2004).

Ao analisar o sistema de Ho e Li (2004) na menor escala (1/10.000) observa-se a presença de muitas vias, as quais não fazem parte da rota e que, conseqüentemente, podem contribuir para um ruído visual na representação. Na maior escala (1/2.500), constata-se que o mapa também possui grande quantidade de elementos textuais, que podem comprometer a legibilidade da representação, pois, dificulta a compreensão da informação de interesse. Além disso, apresentar muitas informações textuais pode comprometer a segurança do condutor do veículo, visto que o tempo que o motorista tem para consultar uma representação enquanto dirige é da ordem de poucos segundos (SENA, 1997 apud HO; LI, 2004).

Nesse sentido, uma proposta de melhoria para o projeto elaborado por Ho e Li (2004) refere-se ao uso da operação de omissão seletiva, a fim de eliminar as feições que representam um excesso ao mapa, bem como desenvolver um estudo de comunicação visual por cores e por forma, no contexto de formação de figura-fundo (DENT, 1999). Assim, tem-se uma alternativa de se aperfeiçoar o projeto gráfico desenvolvido e contribuir para a legibilidade da representação cartográfica.

O sistema desenvolvido por Lee, Forlizzi e Hudson (2008) refere-se a outro exemplo de aplicação da generalização cartográfica na produção de mapas para SINGRA. Os mapas em múltiplas escalas automáticas consistem em representações esquematizadas, obtidas a partir do emprego dos operadores de seleção, suavização e simplificação.

A alteração da escala é realizada em função do trecho de rota que o automóvel percorre (Figura 4) e, neste caso, emprega-se duas escalas (Figura 4). Uma escala maior (trecho menos generalizado) para o segmento que o motorista está percorrendo (Figura 4a: trecho A; Figura 4b: trecho B), e uma escala menor (trecho mais generalizado) para as partes da rota já percorrida (Figura 4b: trecho A) e que ainda serão percorridas (Figura 4a: trecho B). Além disso, os elementos de contexto, tais como os pontos de referência que estão ao longo do trecho de rota, são exagerados em tamanho como forma de destacá-los no mapa a fim de contribuir para a tarefa desenvolvida. O operador de deslocamento é aplicado para evitar a interferência gráfica entre tais elementos e a representação da rota.

Outra característica do sistema proposto por esses autores consiste no fato da base cartográfica de vias não ser apresentada ao motorista, a qual

permite a compreensão da relação de proximidade entre o automóvel e a manobra, bem como auxilia na identificação das demais referências urbanas.

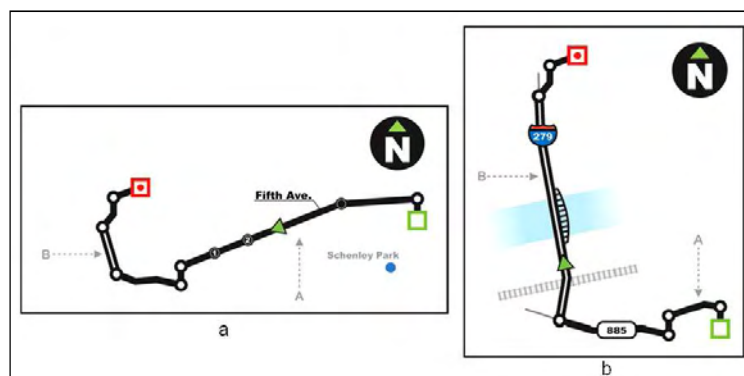


Figura 4 – Mapas em múltiplas escalas otimizados ao contexto de direção do motorista.
Fonte: Lee, Forlizzi e Hudson (2008).

Na avaliação do sistema, Lee, Forlizzi e Hudson (2008) apontam que a demanda visual dos mapas dinâmicos em múltiplas escalas é reduzida significativamente comparada aos mapas estáticos. Os autores concluem que a generalização cartográfica é importante para a eliminação de informações desnecessárias, e que pode auxiliar no realce das feições de maior interesse para o contexto de direção do motorista.

Sheleiby et al. (2008) propõe um sistema de guia de rota para uma mídia de pequeno formato (sete polegadas), o qual aplica a generalização cartográfica para produzir mapas condizentes com mídia e a velocidade do automóvel no trecho de rota. O Quadro 2 apresenta as escalas estabelecidas, bem como o tipo e a quantidade de informação para cada intervalo de velocidade considerado.

Segundo esses autores, o tamanho da mídia é importante no projeto dos mapas porque restringe a quantidade de informação que pode ser apresentada. Quanto à velocidade, esta é caracterizada como outro indicador relevante na generalização das informações, pois tem relação inversa com a escala do mapa. Assim, a escala deve ser reduzida com o aumento da velocidade do automóvel, em virtude de que nas maiores velocidades o motorista tem uma quantidade de tempo menor para observar os detalhes do ambiente. Enquanto que para velocidades mais

baixas, mais elementos devem ser exibidos no mapa, pois o trecho de rota é percorrido com mais tempo.

Velocidade (v) do veículo	Escala	Informações de contexto
$v < 20$ km/h	(aprox.) 1:2000	Vias, quadras, pontos de referência e toponímia.
20 km/h $\leq v \leq 50$ km/h	(aprox.) 1:5000	Vias, quadras e pontos de referência.
$v > 50$ km/h	1:10000	Vias principais, pontos de referência próximos às manobras e toponímia.

Quadro 2 - Escala de representação determinada a partir da velocidade.

Fonte: Sheleiby et al. (2008).

As operações de generalização são aplicadas a uma base cartográfica na escala 1/2.000, obtendo-se mapas nas escalas 1:5.000 e 1:10.000. Na Figura 5a tem-se o SINGRA representado em monitor de navegação de pequeno formato (7 polegadas) para uma velocidade inferior a 20 km/h, e na Figura 5b para uma velocidade superior a 50 km/h.



(a)



(b)

Figura 5 – Mapas em múltiplas escalas automáticas sem mensagem sonora.

Fonte: Sheleiby et al. (2008).

Diante disso, os sistemas em múltiplas escalas evidenciam que as operações de generalização tradicionalmente utilizadas na cartografia, tais como exagero, deslocamento e simplificação (Quadro 3), podem ser adaptadas para os mapas temáticos, como são caracterizados os mapas para um SINGRA.

Operação	Característica	Aplicação em SINGRA
Exagero	Realce aplicado aos elementos do mapa para que se mantenham destacados com a redução da escala.	Exagero dos atributos gráficos dos elementos em função da tarefa de navegação desenvolvida.
Deslocamento	Alteração da posição geográfica do elemento, sem prejudicar a importância semântica para o local.	Deslocamento de feições para evitar a sobreposição gráfica com os demais elementos representados ao longo da rota.
Simplificação	Redução do nível de detalhe da feição sem modificar a característica geométrica do elemento.	Simplificação de trechos de rota para contribuir com a legibilidade do mapa.

Quadro 3 – Operações de generalização cartográfica.

Fonte: Adaptado de Dent (1999), Keates (1989), Monmonier (1996) e Swiss Society of Cartography (1977).

Observa-se (Quadro 3) que a operação de exagero pode ser aplicada não apenas com a redução da escala, mas, sobretudo, em função do propósito da representação. Assim, o realce das feições classificadas como principais do mapa pode facilitar a identificação e interpretação dos elementos de interesse.

Quanto à operação de deslocamento, esta pode ser aplicada sobre símbolos de contexto, tais como pontos de referência e informações textuais, para evitar uma confusão gráfica com os demais elementos, rota, seta e automóvel, os quais são essenciais para a tarefa de manutenção em rota. Enquanto que a operação de simplificação possibilita eliminar detalhes das feições que sejam dispensáveis à escala de representação adotada. Particularmente para mapas de SINGRA, esta operação de generalização pode auxiliar na simplificação de alguns elementos, tais como os segmentos que compõe a rota, a fim de contribuir para a legibilidade do mapa.

3. PROJETO CARTOGRÁFICO DAS REPRESENTAÇÕES ÁUDIO-DINÂMICAS

O projeto cartográfico proposto para a concepção do SINGRA foi baseado nas abordagens de Keates (1989) e Decanini e Imai (2000). Nessa abordagem o projeto das representações é dividido em duas fases: projeto de composição geral e projeto gráfico. Na primeira realiza-se a especificação das variáveis interdependentes, a qual consiste na caracterização da área geográfica, na escolha do formato de apresentação da informação (tipo de monitor), na definição da escala e do sistema de projeção, e na seleção e organização da informação de interesse. Essas variáveis estão relacionadas entre si pelo propósito do mapa e consiste uma fase fundamental para a realização do projeto gráfico (DECANINI; IMAI, 2000).

Por se tratar de um sistema áudio-visual, também foram incluídas mensagens sonoras. Assim, o projeto gráfico foi denominado de projeto áudio-gráfico, o qual compreendeu as etapas de especificação dos símbolos, o projeto sonoro e de fontes, bem como a etapa de elaboração do leiaute do SINGRA. Nessa pesquisa o projeto áudio-gráfico foi desenvolvido a partir da abordagem de Pugliesi (2007) e Oliver (2007), a qual se fundamenta no princípio da comunicação monossêmica de Bertin (1983) e na teoria da Gestalt (GOMES FILHO, 2002). A transcrição gráfica dos elementos foi realizada com base em Bertin (1983), Bos (1984) e Slocum (1999). No que se refere ao uso da variável visual cor, adotou-se a proposta de Slocum (1999), uma vez que a cor foi utilizada a partir de suas três componentes, matiz da cor, saturação da cor e valor da cor.

A teoria da Gestalt considera que os elementos do mapa devem ser representados com clareza¹¹, unidade e equilíbrio, para favorecer a leitura da composição visual (GOMES FILHO, 2000). Nesse sentido, no projeto cartográfico do SINGRA essas teorias foram associadas às fases de projeto denominadas por Keates (1989) como percepção, preparação, incubação, iluminação/*insight* e verificação, no intuito de se conceber mapas legíveis e que contribuam de maneira efetiva para a tarefa de navegação em automóvel.

¹¹ O princípio da clareza relaciona-se à decodificação e a compreensão imediata do objeto. Assim, mapas que exibem os elementos de forma organizada e equilibrada, tendem a este princípio, o qual contribui para a rapidez na leitura da representação (GOMES FILHO, 2000).

A Figura 6 apresenta as principais fases do projeto cartográfico, bem como a fase de produção do produto. Observa-se que o projeto de composição geral, o projeto áudio-gráfico, a geração do produto preliminar e final estão inter-relacionados por um processo de retroalimentação. Segundo Dent (1999), a retroalimentação caracteriza-se como uma etapa importante para a fase de produção final de um produto cartográfico eficiente e eficaz, pois possibilita um ajuste ao projeto preliminar.

Para Keates (1989) a retroalimentação pode ser compreendida como uma etapa de verificação do projeto, na qual se realiza testes sobre o produto preliminar, de modo que os resultados obtidos sejam utilizados no refinamento do projeto ou até na reformulação do mesmo. Dentro disso, será necessário, em fase posterior, realizar uma avaliação (fase de verificação) das representações do SINGRA com base na teoria da comunicação cartográfica e da percepção visual.

Cabe ressaltar que o projeto do SINGRA em múltiplas escalas foi realizado com base em um SINGRA em escala única, desenvolvido por Pugliesi (2007). Dentro disso, a presente proposta consiste em uma adaptação do referido projeto, tanto na questão da apresentação das instruções de navegação em múltiplas escalas automáticas, quanto do projeto de símbolos cartográficos visuais e sonoros. O nível de detalhamento empregado nos mapas do SINGRA em escala única correspondeu a aproximadamente 1/3.000. Enquanto que as instruções sonoras apresentadas neste sistema consistiram em apenas som de *beep*, isto é, sem comando de voz associado. A Figura 07 apresenta uma manobra apresentada no SINGRA de Pugliesi (2007) no instante do disparo do som de *beep*.

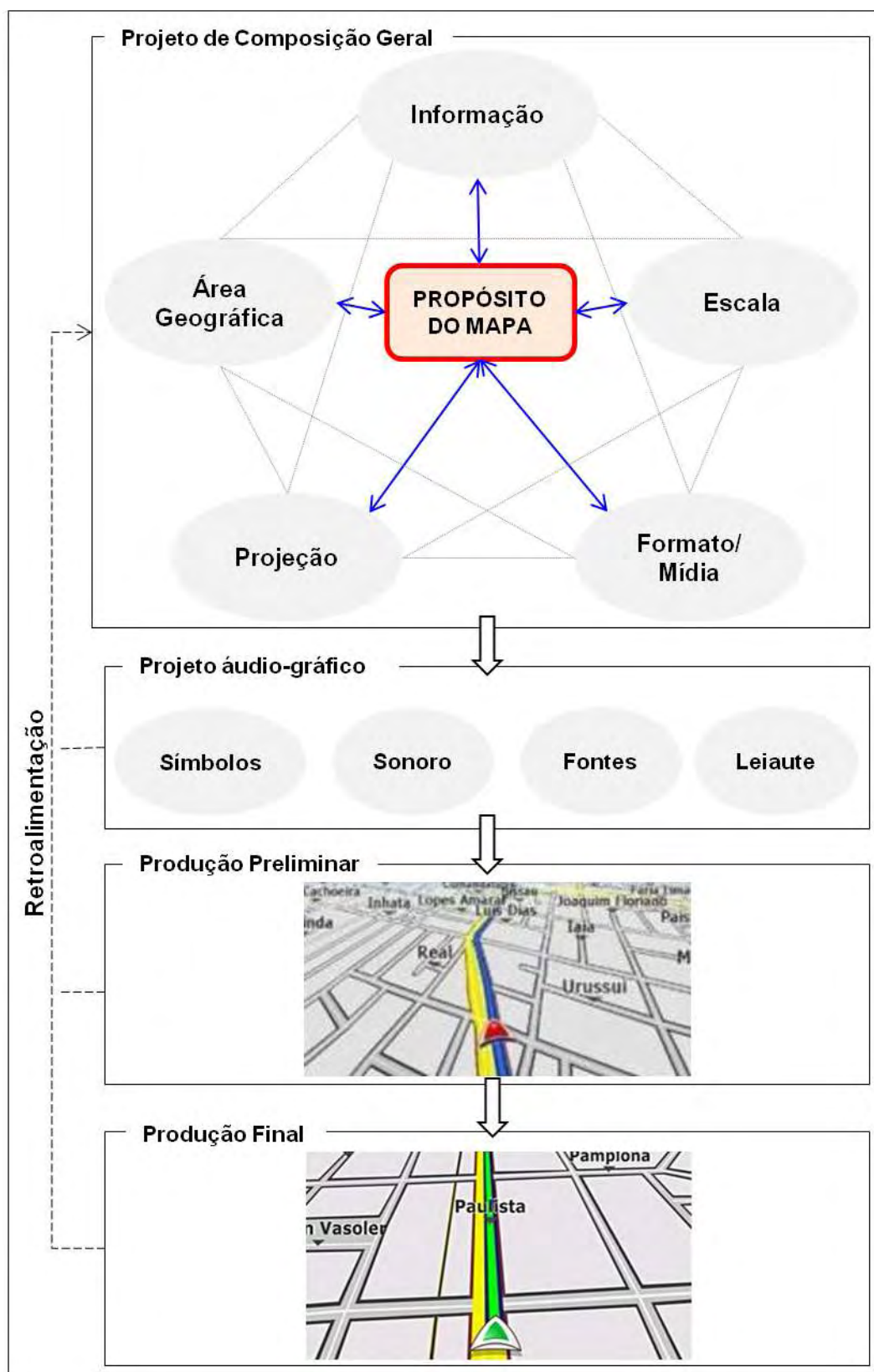


Figura 6 – Projeto e produção cartográfica.
Adaptado de Keates (1989), Decanini e Imai (2000) e Dent (1999).

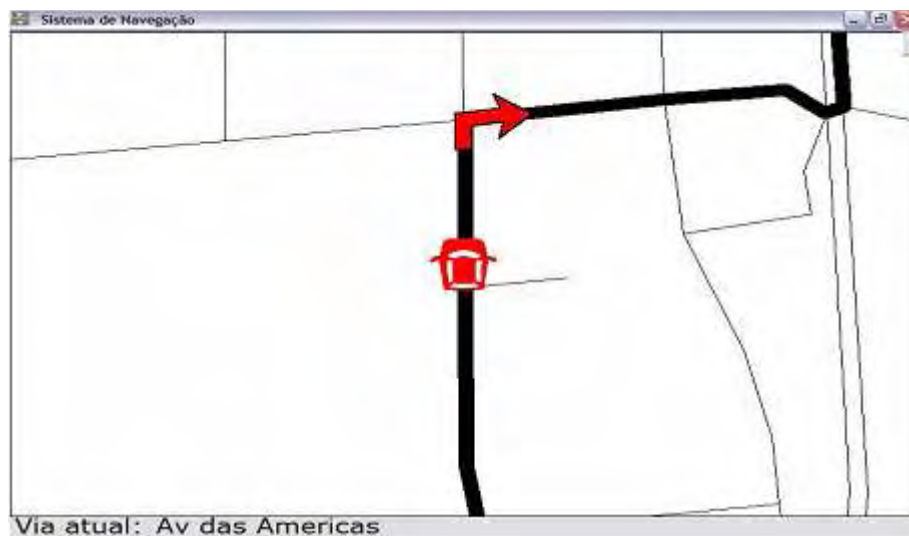


Figura 07 – Representação de manobra no SINGRA em escala única, no momento de disparo do som de *beep*.
Fonte: Pugliesi (2007).

3.1. Projeto de Composição Geral

Na fase de projeto de composição geral, caracteriza-se o propósito do mapa para que as especificações do projeto, como a definição das variáveis interdependentes sejam estabelecidas. O objetivo das representações áudio-dinâmicas em múltiplas escalas é auxiliar nas tarefas de manutenção em trechos de rota e de preparação para a realização das manobras. O SINGRA pretende fornecer informações que contribuam para a navegação em áreas urbanas pouco ou não conhecidas pelo condutor do automóvel.

3.1.1. Área Geográfica

A área de estudo desta pesquisa está localizada na cidade de Álvares Machado, próxima à Presidente Prudente, região oeste do estado de São Paulo (Figura 8), e refere-se à mesma área de estudo de Pugliesi (2007).



Figura 8 – Localização geográfica da área de estudo.

A área possui uma malha viária com diferentes características, as quais motivaram a escolha por esse local, tais como:

- A existência de uma base cartográfica de vias com precisão adequada para a navegação¹². Característica peculiar, pois poucas cidades da região de Presidente Prudente possuem bases precisas e atualizadas;
- A diversidade nos tipos de vias, em termos de geometria, e pontos nodais, além da existência de marcos que podem ser utilizados como referência na navegação;
- Um ambiente propício para a aplicação de futuros testes, uma vez que estudos recomendam que os experimentos sejam realizados em locais pouco ou totalmente desconhecidos pelos motoristas (BURNETT, 1998), os quais podem ser da cidade de Presidente Prudente;

¹² Precisão da base de vias da cidade de Álvares Machado é melhor que 1 metro (PUGLIESI, 2007).

- Mesma área de estudo de pesquisas anteriores (PUGLIESI, 2007; PUGLIESI; DECANINI, 2009d, PUGLIESI; DECANINI, 2009b; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009), sendo, portanto, de interesse utilizar os dados disponíveis, bem como concentrar esforços na criação de novos produtos, a fim de realizar comparações entre as diferentes soluções propostas para essa área;
- A proximidade com a cidade de Presidente Prudente, onde está situada a sede desta pesquisa, foi outro fator favorável.

A rota de estudo (Figura 9) considerada consistiu em parte da rota selecionada por Pugliesi (2007). As principais características da rota são: (1) trechos de vias com diferentes comprimentos e formas; (2) diferentes tipos de cruzamentos; (3) presença de rotatórias; (4) existência de pontos de referência ao longo da via e, principalmente, (5) trechos de logradouro com diferentes limites de velocidade permitida. A velocidade foi um dos critérios empregados na determinação da quantidade de informação apresentada ao motorista, isto é, na definição das escalas.

O trajeto teve início na “Avenida das Américas” e terminou na “Rua Monsenhor Nakamura”. O número de manobras foi igual a 13 e a extensão da rota correspondeu a três quilômetros. O limite de velocidade está entre 40 e 60 km/h, de maneira que em apenas dois trechos (“Estrada Artur Boigues Filho” e “Rua Marcílio Dias”) a velocidade permitida é de 60km/h, conforme a legislação de trânsito vigente.



Figura 9 – Representação da rota selecionada sobre a malha viária.

3.1.2. Formato de apresentação

Os mapas e a interface visual do SINGRA foram projetados para um monitor de navegação de alta resolução de sete polegadas, o mesmo utilizado pelo sistema em escala única. Essa mídia eletrônica, modelo XENARC LCD 700-TSV (Figura 10), pode ser conectada a um computador que executa o SINGRA e é adequada para uso dentro do automóvel (PUGLIESI. 2007). As especificações técnicas do monitor estão apresentadas no Quadro 4.



Figura 10 – Monitor de navegação de pequeno formato.
Fonte: Xenarc 2010.

Característica	Quantidade/Descrição
Entrada de áudio, vídeo e de VGA	01
Proporção da tela	16:9*
Sistema anti-serrilhado	Possui
Tela sensível ao toque	Possui no modo USB
Dimensão na diagonal	7 polegadas
Dimensão física da tela	15,9x9,3 cm (largura e altura)
Resolução do vídeo	Mínima: 640 x 480; Máxima: 1600 x 1200

Quadro 4 – Especificação técnica do monitor de navegação.

*Ajuste automático de vídeo. Fonte: Xenarc 2010.

3.1.3. Sistema de Projeção

O sistema selecionado para projetar as representações cartográficas consistiu no sistema UTM (*Universal Transverso de Mercator*), com meridiano central de 51° Oeste e fuso 22. Isso porque, em virtude da área de mapeamento não estar na borda de fuso, não houve a necessidade de transformação de fuso, o que viabiliza o emprego desse sistema de projeção.

3.1.4. Seleção e organização da informação de navegação

As informações de auxílio à manutenção em rota foram apresentadas por meio da combinação das modalidades visual e sonora. Para a comunicação das informações visuais utilizou-se mapa com esquema de seta sobre a junção da manobra, e na transmissão das instruções sonoras empregou-se o uso de som abstrato seguido de som natural. As informações foram selecionadas e organizadas em função do tipo de modalidade adotado.

3.1.4.1. *Seleção e organização da informação visual e sonora*

A seleção das informações visuais consistiu na identificação dos elementos considerados essenciais para a navegação em ambientes urbanos desconhecidos ou pouco conhecidos. Esse conjunto compreendeu as feições que possibilitam o motorista determinar sua “localização” na rota (onde estou?), o “contexto” de direção (próximo de onde estou?) e a “direção e distância” da próxima manobra (para onde manobrar e quando?) (BURNETT, 1998; PUGLIESI, 2007; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009).

A informação de “localização” refere-se à indicação do motorista na rota e é importante para manter o usuário seguro e confiante durante o percurso (BURNETT, 1998; ROSS; BURNETT, 2001; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008). No SINGRA, a localização do motorista foi indicada por meio da representação do símbolo do automóvel. A informação de “contexto” relaciona-se à comunicação de elementos pertencentes à rota ou próximos que podem auxiliar na tarefa de navegação. Dentre as informações selecionadas destacam-se: as vias principais (ex.: avenidas, estradas e ruas importantes na cidade) e as vias secundárias (demais vias); as áreas verdes e a linha férrea que cruza de um extremo a outro a cidade Álvares Machado.

A “direção” da manobra foi indicada por uma seta sobre a junção, associada com a toponímia da próxima rua e os pontos de referência. A “distância” até a manobra foi fornecida pela relação de proximidade entre a posição do automóvel e o cruzamento na via.

Os pontos de referência selecionados pretendem atuar como fonte de confirmação ao motorista durante a navegação, isso porque são umas das principais feições presentes nas representações internas dos motoristas, desempenhando papel fundamental no processo de aprendizado do ambiente (ALM, 1990; BURNETT, 2000b). Tais elementos, foram determinados por Pugliesi e Decanini (2005) e, posteriormente, foram criados símbolos miméticos por Barbosa et al. (2005). Os pontos levantados e produzidos consistiram em igreja, semáforo, posto de combustível, agência bancária, loja, supermercado e equipamento público, como prefeitura, estação ferroviária, ponto de ônibus, caixa de abastecimento de

água potável e ginásio de esportes. O Quadro 5 ilustra cada um dos 11 pontos de referência considerados no SINGRA em múltiplas escalas.

PONTO DE REFERÊNCIA	SÍMBOLO
Estação ferroviária	
Loja	
Agência bancária	
Supermercado	
Prefeitura	
Semáforo	
Igreja	
Posto de combustível	
Ponto de ônibus	
Caixa de abastecimento de água	
Ginásio de esportes	

Quadro 5 – Pontos de referência adotados para o SINGRA.
Fonte: Pugliesi (2007).

A partir da seleção das informações, os elementos foram organizados com base na tarefa tática desenvolvida ao longo da rota (Quadro 6). Além disso, foi criado classes e subclasses de informação, estabelecendo-se a

dimensão espacial dos elementos, se ponto, linha ou área; bem como o nível de medida, nominal, quantitativo ou ordinal, pretendido para as feições consideradas. A dimensão espacial de algumas das feições foi definida com base nas escalas seleccionadas como descrito no item seguinte.

Tarefa táctica	Classe	Subclasse	Dimensão Espacial	Nível de medida
Manutenção em trecho de rota	Localização na rota	Automóvel	Ponto	-
	Ponto de referência	Posto de combustível; Agência bancária; Estação ferroviária; Caixa de água potável e Ginásio de esportes	Ponto	Nominal
	Rua	Vias principais; Vias secundárias e Rota	Linha/Área	Ordinal
	Via férrea	Linha férrea	Linha	Classe única
	Texto	Toponímia e Informação marginal *	-	-
	Área Verde	Área Verde	Área	Classe única
Preparação para a realização de manobra	Localização e orientação na rota	Automóvel e Seta	Ponto	Nominal
	Ponto de referência	Igreja; Semáforo; Loja; Supermercado; Prefeitura e Ponto de ônibus	Ponto	Nominal
	Rua	Vias principais; Vias secundárias e Rota	Linha/Área	Ordinal
	Via férrea	Linha férrea	Linha	Classe única
	Texto	Toponímia e Informação marginal *	-	-
	Área Verde	Área Verde	Área	Classe única

Quadro 6 - Seleção e organização da informação de navegação.

*Informação marginal refere-se ao campo que apresenta o nome da via em que o automóvel se encontra e ao campo que apresenta a barra de título do sistema.

Para a modalidade sonora, as informações foram selecionadas considerando as recomendações de Burnett (1998; 2000a) e Oliver (2007). As instruções pretendem (1) atrair a atenção do motorista para o mapa, a fim de receber as informações visuais e (2) reforçar a direção da próxima manobra. Portanto, além do mapa com a representação dos elementos, como o ponto de referência e as vias, também foi apresentado por meio da modalidade sonora, informações relacionadas ao nome da via em que o motorista deveria adentrar após a manobra ou o nome do ponto de referência próximo à junção, associados com a informação topológica (vire à direita, vire à esquerda) para indicar a direção da manobra.

3.1.5. Escala

A seleção da escala consistiu em uma das mais importantes decisões do projeto cartográfico, porque tem influência direta sobre a simbolização das feições (DENT, 1999). O nível de generalização aplicado ao mapa é dependente da escala, ou seja, o mapa apresenta os elementos com mais detalhes em escalas maiores (menos generalizados) e com menos detalhes em escalas menores (mais generalizado) (DENT, 1999; KEATES, 1989). Segundo Aaserud e Ranang (2001), a generalização cartográfica consiste em um processo de redução do nível de detalhe de um mapa como consequência da redução da escala, em que o objetivo é preservar padrões espaciais e ressaltar a informação de interesse. Em suma, a generalização atua para a obtenção de mapas legíveis, de maneira a enfatizar o necessário e eliminar o desnecessário (SWISS SOCIETY OF CARTOGRAPHY, 1977).

No SINGRA, os mapas são exibidos em diferentes escalas a partir do emprego dos métodos de generalização cartográfica. As escalas foram definidas em função do tipo de tarefa de navegação e do tamanho do monitor, com a finalidade de se adequar a quantidade de informação à tarefa e a mídia. Para a tarefa tática de manutenção em trecho de rota, duas escalas foram estabelecidas para as representações cartográficas, escala 1/10.000 e 1/5.000. Para definir tais

escalas considerou-se a abordagem de Sheleiby et al. (2008), a qual é baseada na velocidade do automóvel no trecho de rota. A menor escala (1/10.000) foi proposta para a velocidade de percurso superior a 40 km/h e a maior, escala 1/5.000, para a velocidade igual ou inferior a 40 km/h. Definiu-se esse limiar de 40 km/h com base na verificação do limite máximo permitido nas vias da cidade de Álvares Machado que compõe a rota selecionada.

Ao que se refere à tarefa de preparação para a realização de manobra, as escalas selecionadas consistiram em 1/2.500 e 1/1.000. No entanto, cabe ressaltar que o mapa na escala 1/1.000 foi projetado apenas para atender a uma manobra específica (manobra de número 7), pois em virtude dessa manobra estar compreendida em um trecho de rota de pequena extensão (65 metros), as informações de navegação, ao serem projetadas na escala 1/2.500, resultaram em um mapa sem legibilidade, o que poderia proporcionar um aumento no número de erros de manobra para esse ponto específico da rota. Diante disso, decidiu-se por uma maior escala para os trechos de rota em que a escala 1/2.500 não permite uma fácil discriminação entre os elementos representados, mais especificamente, entre o esquema de seta sobre a junção em uma referência egocêntrica, e o símbolo do automóvel.

O nível de detalhamento para as representações cartográficas nessas escalas (1/1.000 e 1/2.500) foi estabelecido em função da proximidade da manobra. Conforme Burnett (1998) o motorista tende a subdividir a rota em pequenas partes priorizando o que está por vir, como, por exemplo, a próxima manobra. Associado a isso, considerou-se o argumento de Liu (2000), de que o motorista ao aproximar-se da manobra reduz a velocidade naturalmente para que possa controlar o veículo. Diante disso, as escalas definidas para a preparação da realização da manobra foram maiores se comparadas às escalas determinadas para a tarefa de manutenção em trechos de rota (Quadro 7), o que atente às recomendações de Sheleiby et al. (2008).

Outro aspecto que influenciou na definição das escalas consistiu no objetivo de se representar os elementos de navegação com legibilidade para cada tarefa tática proposta. Assim, uma alternativa foi analisar visualmente se os elementos selecionados e projetados na tela do monitor de navegação apresentaram-se legíveis em cada escala de representação. Dentro disso,

determinou-se que as escalas 1/10.000, 1/5.000, 1/2.500 e 1/1.000 foram o suficiente para exibir as informações de interesse de acordo com o contexto de direção do motorista.

Tarefa	Proximidade da manobra	Velocidade	Escala	Informação	
				Visual	Sonora
Manutenção em trecho de rota	> 100m	>40	1/10.000	Veículo, rota, vias principais e secundárias, linha férrea e informação marginal	Não
		≤40	1/5.000	Veículo, rota, vias principais e secundárias, linha férrea, área verde, ponto de referência e informação marginal	
Preparação para a realização da manobra	≤100m	-	1/2.500	Veículo, seta de manobra, rota, vias principais e secundárias, linha férrea, área verde, ponto de referência, toponímia e informação marginal	Sim
			1/1.000	Veículo, seta de manobra, rota, vias principais e secundárias, área verde, linha férrea, ponto de referência, toponímia e informação marginal	

Quadro 7 – Definição das escalas para as representações do SINGRA.

Para calcular o valor das escalas selecionadas utilizou-se o comprimento das quadras da cidade de Álvares Machado, o qual varia de 90 a 170 metros, e fez-se a projeção das quadras na tela do monitor de navegação. A partir disso foi possível determinar a razão entre a extensão da quadra na tela e seu valor real. O Quadro 8 apresenta o resumo do cálculo das quatro escalas de representação.

Escala	Comprimento real da quadra (D)	Comprimento medido no monitor* (d)	Cálculo da escala (E = D/d)
1/10.000	111,24 m	1,1 cm = 0,011 m	$E = 1/10.112 \cong 1/10.000$
1/5.000	95,06 m	1,9 cm = 0,018 m	$E = 1/5.003 \cong 1/5.000$
1/2.500	111,76 m	4,5 cm = 0,045 m	$E = 1/2.483 \cong 1/2.500$
1/1.000	125,1 m	11.4 cm = 0,114 m	$E = 1/1.097 \cong 1/1.000$

Quadro 8 – Determinação das escalas para as representações do SINGRA.

*Uma régua foi utilizada para medir o comprimento da quadra na tela do monitor de navegação.

Em relação à distância de 100 metros da manobra adotada para marcar o início da tarefa de preparação para a realização da manobra, e o momento do disparo da mensagem sonora, cabe ressaltar que esse valor foi determinado por Pugliesi (2007), com base na velocidade máxima permitida na rota. Além disso, na presente pesquisa, considerou-se as recomendações de Ross, Nicolle e Brade (1994 apud BURNETT, 2000a) e de Green e George (1995 apud GREEN, 1996), sobre a distância mínima antes da manobra para se disparar a instrução sonora. Para Ross, Nicolle e Brade (1994) a distância deve ser de 215 metros para uma velocidade de percurso de 80 km/h, enquanto que para Green e George (1995) a mensagem sonora deve ser disparada a 135 metros antes da manobra para uma velocidade de 64 km/h. Assim, observa-se que o valor de 100m antes da manobra está condizente com a literatura. Cabe ressaltar ainda, que para essa distância e para o limite de velocidade permitido, o qual varia de 40 a 60km/h, o motorista dispõe de oito a dez segundos para começar a realização da manobra. Esse intervalo pode ser aumentado visto que a preparação para a mudança de direção provoca a redução progressiva da velocidade (LIU, 2000), o que resulta em um maior tempo para se chegar até junção (LIU, 2000; PUGLIESI, 2007). Para os trechos de rota inferior a 100 metros a mudança da escala e a apresentação da mensagem sonora foi realizada a 20 metros após a última manobra, de acordo com Pugliesi (2007).

3.2. Projeto áudio-gráfico

O projeto áudio-gráfico foi dividido em subprojetos que consistem na representação cartográfica e no leiaute do sistema. A etapa de representação cartográfica compreendeu os projetos de símbolos, projeto sonoro e o projeto de tipos ou fontes (toponímia). Enquanto o leiaute do sistema foi baseado na proposta de Pugliesi (2007).












3.2.1. Representação cartográfica



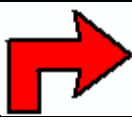

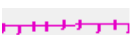

3.2.1.1. Projeto de símbolos cartográficos

A escolha da simbologia de uma representação temática deve ser realizada de maneira que as propriedades perceptivas visuais (dissociativa/associativa, seletiva, ordenativa ou quantitativa) dos símbolos, representem as características ou os níveis de medida do fenômeno geográfico estabelecido pelo propósito do mapa (ROBBI, 2000). O projeto de símbolos compreende um conjunto de decisões relacionadas à escolha das variáveis visuais (estáticas e/ou dinâmicas), a determinação da forma das feições (geométrica, pictórica ou alfanumérica), bem como a especificação das dimensões (tamanho, espessura, etc.) dos elementos pontuais, lineares e de área selecionados (DECANINI; IMAI, 2000; DENT, 1999; KEATES, 1989).

Para o projeto dos símbolos do SINGRA desenvolveu-se um estudo de comunicação visual por cores e por forma, no contexto de formação de figura-fundo (DENT, 1999) para representar os elementos de navegação selecionados com legibilidade. O Quadro 9 apresenta, para cada subclasse de informação considerada nas diferentes escalas de representação, as decisões relacionadas às variáveis visuais estáticas, as cores no sistema RGB e a dimensão dos símbolos (tamanho ou

espessura). Alguns símbolos foram representados por meio da forma geométrica, enquanto outros com a forma pictórica, como o caso do símbolo do automóvel.

Escala	Subclasse de informação	Dimensão (em pontos)	Variável Visual estática	Sistema de cor (RGB)	Símbolo
1/10.000	Automóvel ⁽¹⁾	95	-	(250,0,0)	
	Rua: Via principal Via Secundária Rota ⁽³⁾	4 1 15	Tamanho Valor Valor da cor	(255,166,0) (0,0,0) (0,0,0)	
	Linha férrea	1,2 (linha) 4 (trilhos)	-	(230,0,200)	
1/5.000	Automóvel ⁽¹⁾	105	-	(250,0,0)	
	Pontos de referência ⁽²⁾	Variável*	Forma Matiz da cor	Variável*	-
	Rua: Via principal Via Secundária Rota ⁽³⁾	- - 16	Tamanho Valor Valor da cor	(255,166,0) (255,255,255) (0,0,0)	
	Linha férrea	1,2 (linha) 3 (trilhos)	-	(230,0,200)	
	Área Verde	-	-	(184,255,140)	
1/2.500	Automóvel ⁽¹⁾	125	Forma	(250,0,0)	
	Seta ⁽¹⁾	-			
	Pontos de referência ⁽²⁾	Variável*	Forma Matiz da cor	Variável*	-
	Rua: Via principal Via Secundária Rota ⁽³⁾	- - 22	Tamanho Valor Valor da cor	(255,166,0) (255,255,255) (0,0,0)	
	Linha férrea	1,2 (linha) 2 (trilhos)	-	(230,0,200)	

	Área Verde	-	-	(184,255,140)	
1/1.000	Automóvel ⁽¹⁾	135	Forma	(250,0,0)	
	Seta ⁽¹⁾	-			
	Pontos de referência ⁽²⁾	Variável*	Forma Matiz da cor	Variável*	-
	Rua: Via principal Via Secundária Rota ⁽³⁾	- - 25	Tamanho Valor Valor da cor	(255,166,0) (255,255,255) (0,0,0)	
	Linha férrea	1,2 (linha) 2 (trilhos)	-	(230,0,200)	
	Área Verde	-	-	(184,255,140)	

Quadro 9 – Especificação da representação cartográfica para o SINGRA.

⁽¹⁾ Cor e Forma propostas por Pugliesi (2007).

⁽²⁾ Os pontos de referência estão listados no Quadro 5.

⁽³⁾ Cor proposta por Pugliesi (2007).

Obs.: Um (01) ponto equivale a 0,35mm.

As subclasses de informação referentes à rota, automóvel, vias principais, secundárias e linha férrea foram mantidas visíveis no mapa para todas as escalas. No entanto, os seus respectivos atributos gráficos, como tamanho e espessura, foram alterados de acordo com a escala de representação. Os pontos de referência, as setas de indicação da manobra e a toponímia foram exibidas em escalas específicas de acordo com a tarefa de navegação. Ao que se refere à informação marginal, esta foi representada em todas as escalas.

Os mapas foram projetados na orientação egocêntrica, de modo que o símbolo do automóvel fosse mantido fixo no centro do monitor, enquanto o mapa fosse rotacionado na tela. Adotou-se essa orientação porque possibilita a fácil adaptação do mapa ao ponto de vista do usuário e isso contribui para a determinação da direção da manobra, se à direita ou à esquerda (MASHIMO et al., 1993 apud HO; LI, 2004).

A posição adotada para o veículo consistiu no centro horizontal e vertical da tela do monitor de navegação, isto é, no centro geométrico, para obter um

balanço visual (DENT, 1999) adequado para o mapa. Segundo Arnheim (1984) os elementos posicionados no centro de uma cena possuem menor peso visual comparado aos que estão distantes do centro. O alvo próximo ao centro ótico da representação, posição pouco acima ao centro geométrico, resulta que a informação encontra-se sobre ou próximo à linha de movimento natural dos olhos¹³ o que facilita a leitura do mapa (DENT, 1999). Além disso, pretendeu-se manter o automóvel fixo em um ponto a fim de facilitar o processo de busca visual pela informação (LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008).

A decisão pelo símbolo de automóvel na forma pictórica e não geométrica, na forma de seta, como, em geral, apresenta os sistemas comerciais, foi tomada com base nos resultados obtidos por Pugliesi (2007). A partir de um experimento realizado junto a grupo de motoristas brasileiros, o autor determinou que 70% dos motoristas preferem o automóvel “visto de cima” (Figura 11), comparado às representações de seta ou automóvel visto de frente. Por essa razão, e devido ao fato da presente pesquisa ter sido desenvolvida no mesmo cenário urbano, decidiu-se manter o símbolo de automóvel visto de cima.

Quanto à cor selecionada para representar o veículo, o qual foi classificado como uma das informações principais (figura) do mapa utilizou-se à cor vermelha porque consiste em uma cor quente e, por conseguinte, avança aos olhos (DENT, 1999). Também pretendeu-se resgatar a teoria do mapa de sensibilidade retinal proposto por MacEachren (1995), a qual indica ser o vermelho uma cor adequada para simbolizar elementos de pequena dimensão, como é o caso do símbolo do automóvel.



Figura 11 – Símbolo utilizado para indicar a localização do motorista na rota.
Fonte: Pugliesi (2007).

¹³ O movimento natural dos olhos é caracterizado pela linha definida pelo canto superior esquerdo e inferior direito, passando pelo centro ótico (DENT, 1999).

A seta para a indicação da manobra também concerniu em outro elemento de navegação representado na cor vermelha. O objetivo foi criar um agrupamento por cor (GOMES FILHO, 2000) entre este símbolo (seta) e o automóvel (PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009). De acordo com a teoria da Gestalt, os objetos de mesma cor tendem a se agrupar em uma composição visual, favorecendo a geração de uma unidade perceptiva que facilita a compreensão do mapa (GOMES FILHO, 2002; PUGLIESI, 2007). Um contorno na cor preta foi mantido à seta para aumentar o contraste com o fundo cinza do mapa e proporcionar o princípio da continuidade (GOMES FILHO, 2002) com a rota, a qual foi representada em preto, seguindo as recomendações de Pugliesi (2007) e Pugliesi, Decanini e Tachibana (2009). Ambos os símbolos de seta e automóvel foram disponibilizados por Pugliesi (2007), contudo, tiveram seus respectivos tamanhos redefinidos com base nas escalas de visualização, como mostrou o Quadro 9.

Os elementos que representam os pontos de referência foram simbolizados como feições miméticas, a fim de se obter um alto grau de semelhança entre o símbolo e o elemento do mundo real, de acordo com a proposta de Pugliesi (2007) e Pugliesi e Decanini (2009c). No entanto, o tamanho dos pontos foi alterado em função da escala do mapa, pois alguns desses elementos foram exibidos na escala 1/5.000 e outros na escala 1/2.500.

Para determinar o tamanho dos símbolos, automóvel, seta e pontos de referência, para cada escala adotada, considerou-se dois critérios: acuidade visual e tamanho do monitor. O primeiro refere-se ao tamanho mínimo selecionado para as feições pontuais, cujo valor considerado deve ser superior ou igual a 0,2 mm, pois representa o valor da acuidade visual humana (SWISS SOCIETY OF CARTOGRAPHY, 1977). O segundo critério consistiu em considerar a distância do monitor aos olhos do motorista, para a qual adotou o valor aproximadamente de 50 cm. Sendo assim, fez-se a projeção desses elementos na tela do monitor de navegação, de maneira que o tamanho selecionado para as feições não possibilitasse apenas que fossem visíveis no mapa, mas representadas com legibilidade.

Para o elemento rota utilizou-se a mesma representação gráfica para ambas as partes (trecho percorrido e a percorrer). O intuito consistiu em aplicar

o princípio da continuidade (GOMES FILHO, 2002; MACEACHREN, 1995) entre o trecho já percorrido e o trecho que ainda deveria ser navegado. A cor preta para simbolizar a rota se justifica porque apresentou bom contraste com o fundo cinza do mapa, bem como em relação aos demais elementos como as vias principais e secundárias. A espessura da rota foi dependente da escala de representação, conforme mostra o Quadro 9, e para determiná-la, novamente fez-se a projeção desse elemento na tela do monitor de navegação nas escalas de representação, buscando-se adotar uma espessura que permitisse ressaltar a rota em relação às vias principais e secundárias.

Os atributos gráficos (cor, espessura e forma) das vias principais e secundárias foram alterados de uma escala para outra com base no grau de detalhamento do mapa. Na escala 1/10.000 empregou-se a cor preta para representar as vias secundárias, enquanto que a cor laranja foi utilizada para simbolizar as vias principais. Além disso, aplicou-se uma espessura maior para as vias principais a fim de melhorar o contraste com as vias secundárias. Cabe ressaltar que, a cor amarela é bastante utilizada por sistemas de navegação comerciais e, por isso, foi proposta para as vias principais, entretanto, não foi aplicada neste caso porque ao projetá-la na menor escala (1/10.000) observou-se um baixo contraste com as vias secundárias e o fundo do mapa, isso porque o amarelo apresenta alto brilho (DENT, 1999). Nessa escala, ambas as feições foram representadas pelo eixo central da via, enquanto que para as escalas 1/5.000, 1/2.500 e 1/1.000, estes elementos foram representados por linhas duplas, sendo a vias secundárias simbolizada na cor branca e as vias principais na cor laranja.

Ainda de acordo com o Quadro 9, observa-se que as áreas verdes foram representadas pela geometria de área e a linha férrea pela primitiva de linha. Para as áreas verdes empregou-se a cor verde com baixa saturação para não sobrecarregar visualmente o mapa, uma vez que se trata de uma informação secundária (fundo). Enquanto que para a linha férrea utilizou-se a cor roxa e não a cor preta como de convenção, com a finalidade de melhor discriminar esta feição em relação à rota.

Para selecionar a cor do fundo do mapa foi considerado os resultados determinados em Pugliesi (2007), os quais apontam que 85% dos motoristas preferem mapa com fundo branco para a navegação durante o dia, como

é a proposta do SINGRA em múltiplas escalas. Nesse sentido, adotou-se a cor cinza e não a cor branca como, pois as vias secundárias não seriam percebidas no mapa, visto que foram representadas na cor branca.

Quanto à dimensão das informações, estas foram representadas em duas dimensões, isto é, em mapa com vista ortogonal, exceto os pontos de referência que foram exibidos com vista perspectiva (PUGLIESI, 2007) a fim de possibilitar o rápido reconhecimento desses elementos e ajudar na correspondência das respectivas feições do mundo real.

No projeto das representações cartográficas, além das variáveis visuais estáticas, selecionou-se um conjunto de variáveis visuais dinâmicas, as quais foram associadas às variáveis estáticas para a produção das representações do SINGRA. Dentre as variáveis dinâmicas selecionadas tem-se a duração, momento no tempo e ordem. A definição dessas variáveis foi importante porque a velocidade do automóvel e o comprimento do trecho de rota influenciam diretamente no instante (momento no tempo), na sequência (ordem) e no tempo de apresentação (duração) das escalas selecionadas para o mapa de navegação.

3.2.1.2. *Projeto sonoro*

A principal motivação para a apresentação de 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. As mensagens pretendem confirmar a informação visual exibida no monitor. Assim, durante o projeto das instruções, preocupou-se em elaborar mensagens de curta duração, com poucos elementos de informação. Isso se justifica com base no argumento de Green (1996), de que longas mensagens sonoras prejudicam a memorização da informação, portanto, o número de frases adequado para compor uma instrução é de três a quatro frases no máximo.

Para atrair a atenção do motorista foi selecionado um som abstrato de *beep* acrescido de um som natural, e para comunicar a direção da manobra

utilizou-se som natural em duas situações. Na primeira, a mensagem de voz descreve a direção da manobra a ser tomada, seguida do nome da via, tal como “Vire à direita, Rua Carlos Gomes” (BURNETT, 2000a). Na segunda situação, a mensagem de voz indica a direção da manobra, seguida do tipo de ponto de referência, localizado próximo da junção, como “Vire à direita, na igreja” (OLIVER, 2007).

Os pontos de referência só foram apresentados na mensagem de voz quando consistiram em pontos importantes aos motoristas na navegação. Para as instruções de manobra em rotatória, conforme sugerido por Burnett (1998; 2000a), apresentou-se o número da saída associada ao nome da próxima via, por exemplo, “Na rotatória, pegue a terceira saída, Rua Presidente Roosevelt”. O som de *beep*, associado às mensagens de voz, foi programado no SINGRA para ser disparado no instante de apresentação dos elementos de auxílio à manobra, como a seta, a toponímia e o ponto de referência, quando este existe próximo à junção. No momento do disparo do *beep*, o intuito foi indicar ao motorista que a escala do mapa seria alterada, pois a manobra a ser realizada estava próxima.

O tipo de voz selecionado para compor as mensagens foi a feminina, pois, segundo Sanders e McCormick (1993), trata-se de um gênero adequado para auxiliar o motorista na preparação para a realização da manobra. A variável áudio-dinâmica selecionada no projeto sonoro consistiu na taxa de variação, porque o tempo decorrido entre duas mensagens foi distinto, devido às instruções serem disparadas de acordo com comprimento do trecho de rota.

Sendo assim, as instruções áudio-visuais foram apresentadas em sincronia e em função da proximidade da manobra. Para trechos iguais ou com mais de 100 metros, o disparo da mensagem foi realizado a 100 metros antes da manobra, juntamente com a alteração do mapa para a escala 1/2.500. Para trechos com extensão inferior a 100m, os elementos, visuais e sonoros, foram apresentados a 20 metros após a última manobra, conforme realizado por Pugliesi (2007). Observa-se que os mapas permitem a compreensão do tipo e da forma da manobra, e as mensagens sonoras despertam a atenção do motorista, pelo som de *beep*, bem como confirmam a informação visual projetada para auxiliar na preparação da mudança de direção.

3.2.1.3. Projeto de fontes

A fonte selecionada para representar a informação de toponímia e as informações marginais do SINGRA foi o tipo verdana na cor preta. Brown, Ermmer e Worm (2001) recomendam essa fonte para os mapas apresentados em monitor por consistir em um estilo claro, moderno e limpo. Além disso, os autores sugerem utilizar esse tipo com o negrito e letras maiúsculas, sobretudo, tratando-se de textos pequenos para se obter uma melhor legibilidade no mapa.

Em virtude da resolução adotada para a interface do sistema (1440x900 *pixels*) ter sido maior, quando comparada àquela empregada por Pugliesi (2007) (800x600 *pixels*), teve-se que realizar uma modificação no tamanho dos textos para mantê-los legíveis na nova resolução. O tamanho dos textos para as representações cartográficas em múltiplas escalas foi determinado pela projeção dos elementos na tela do monitor de navegação. Além disso, considerou-se a sugestão de Green (1996) de que o texto apresentado durante a navegação não deve ser inferior a 6,4 mm, o que equivale a 25,6 pontos. Contudo, devido o monitor utilizado nessa pesquisa ser caracterizado como de alta resolução, adotou-se um tamanho entre 18 e 22 pontos (equivalente a 4,5mm e 6,25mm respectivamente), o qual ainda atende à recomendação de Weinman e Weinman (2002), os quais observam que o tamanho mínimo para uma fonte ser lida com legibilidade é de 10 pontos (2,5mm).

As informações marginais foram representadas com tamanhos fixos, tanto para a barra de título do sistema, em verdana 18, quanto para o nome da via atual, em verdana 22. As informações de toponímia apresentam tamanho variado de acordo com a escala do mapa. A toponímia foi empregada como forma de texto designativo (FAIRBAIRN, 1993) de nome de via, e foi apresentada nas escalas 1/2.500, em fonte verdana negrito tamanho 16, e 1/1.000, em verdana negrito 22. Um polígono na cor amarela (RGB = 255,255,190) e contorno preto, foi utilizado para realçar a informação de toponímia em relação ao fundo do mapa.

3.2.2. Leiaute da interface visual básica do SINGRA

O leiaute adotado para a interface do SINGRA foi o mesmo proposto por Pugliesi (2007). A elaboração do leiaute visa propor uma divisão balanceada do espaço disponível para apresentar a informação, de tal forma que se tenha um produto com uma estética agradável ao usuário (DENT, 1999). A organização equilibrada entre os elementos (DECANINI; IMAI, 2000) evita um peso ótico em uma só direção (DENT, 1999).

A interface do SINGRA (Figura 12) consiste em um conjunto de quatro grupos de elementos funcionais: (A) barra de título, (B) barra de ferramenta, (C) barra para indicar a via atual e (D) ambiente de mapa, onde as informações são exibidas. A descrição de cada um dos oito botões da barra de ferramenta (item B na Figura 12) pode ser encontrada em Pugliesi (2007). Ainda na Figura 12 (item E) tem-se a tela de configuração do sistema.

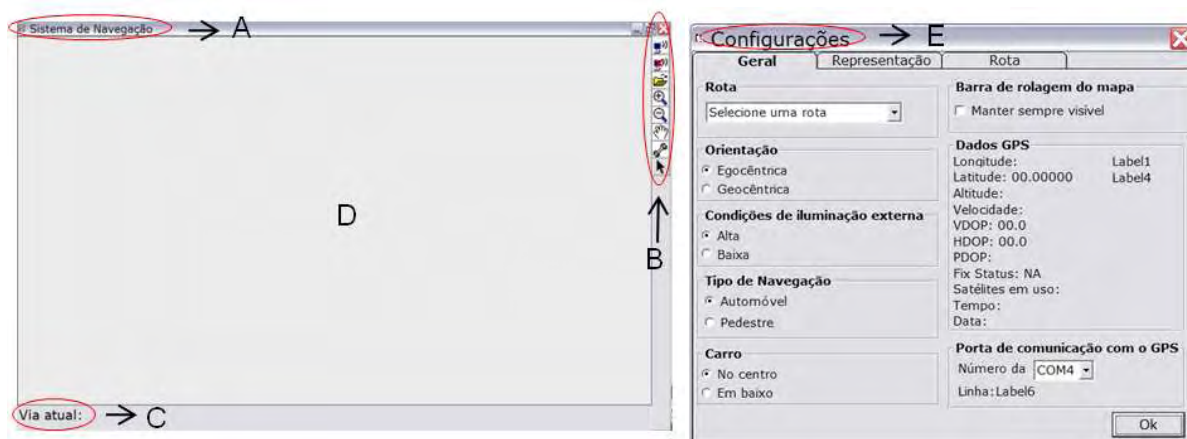


Figura 12 - Interface visual do SINGRA.

4. PRODUÇÃO E COMPARAÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES DO SINGRA

Este capítulo descreve a etapa produção dos mapas áudio-dinâmicos e realiza uma análise preliminar, na qual se compara as representações em múltiplas escalas elaboradas para o SINGRA com sistema de escala única, desenvolvido por Pugliesi (2007). A etapa de produção compreende a edição da base cartográfica por meio da aplicação das operações de generalização, a criação das mensagens sonoras e a implementação das representações cartográficas áudio-dinâmicas no protótipo desenvolvido por Pugliesi (2007). Os materiais e softwares utilizados também estão descritos nesse capítulo.

4.1. Materiais e softwares

Os materiais e softwares necessários no desenvolvimento da presente pesquisa foram:

Equipamentos:

- Notebook HP Centrino Duo Core (execução do SINGRA, incluindo o processamento dos dados);
- Monitor XENARC LCD 700-TSV (exibição do SINGRA);

Softwares:

- ESRI *ArcGis 9.2 ArcInfo* (manipulação da base cartográfica);
- Microsoft *Visual Basic* (personalização do SINGRA);
- ESRI *MapObjects 2.1* (biblioteca de objetos de mapa);
- Microsoft Windows *Movie Maker 5.1* (produção e edição das mensagens de voz);

Dados:

- Base Cartográfica¹⁴ de vias.

¹⁴ Base cartográfica disponibilizada pela Prefeitura de Álvares Machado, obtida a partir de um levantamento geodésico em WGS84.

4.2. Edição dos dados geográficos: processo de generalização cartográfica

A partir dos elementos visuais selecionados e das escalas de representação estabelecidas, a etapa seguinte consistiu na seleção e na aplicação das operações de generalização cartográfica.

Dentre as operações selecionadas tem-se exagero, deslocamento e simplificação. A base cartográfica original encontra-se na escala 1/1.000 e representa a malha viária da cidade de Álvares Machado. A generalização foi aplicada pelo método manual no *software ArcGis 9.2*.

Para a generalização dos mapas nas escalas 1/2.500, 1/5.000 e 1/10.000, foram considerados os seguintes critérios: o propósito do mapa e as características da rota de estudo, as quais se relacionam à geometria da malha viária, como o comprimento e o formato das ruas.

Com relação à operação de exagero, esta foi utilizada para realçar os seguintes elementos: pontos de referência, símbolo do automóvel, rota e seta (Figura 13). No caso dos pontos de referência (marcos) o intuito foi possibilitar um claro e rápido 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. 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.

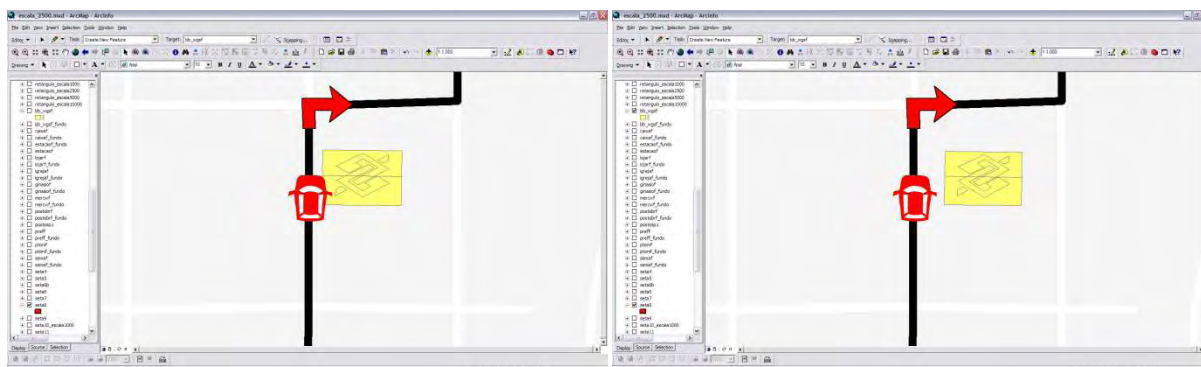


Figura 13 – Operação de exagero aplicada aos elementos do mapa.
 Em (a) mapa na escala 1/10.000. Em (b) mapa na escala 1/5.000.
 Em (c) mapa na escala 1/2.500. Em (d) mapa na escala 1/1.000.

Quanto à operação de deslocamento, observou-se que ao projetar as informações na tela do monitor para as escalas consideradas, alguns elementos apareceram sobrepostos em virtude da proximidade. Assim, deslocou-se os pontos de referência, tanto para evitar a interferência gráfica com a seta, quanto com o automóvel, como mostram as Figura 14 e 15, respectivamente. A decisão tomada ao deslocar os pontos de referência foi dispor esses elementos de maneira que pudessem ser rapidamente percebidos pelo motorista e, ao mesmo tempo, não interferissem na representação da rota ou do símbolo do automóvel.

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,

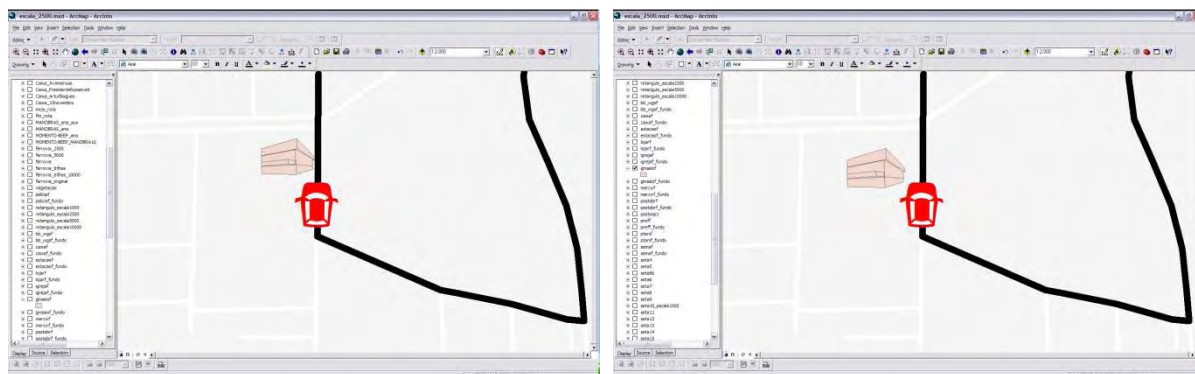
pois continua compondo uma só unidade com os elementos seta e carro, os quais se agrupam pela cor. A proximidade representa um dos princípios de agrupamento na organização da forma, na teoria da *Gestalt* (GOMES FILHO, 2002).



(a)

(b)

Figura 14 – Operação de deslocamento aplicada aos elementos na escala 1/2.500. Em (a) antes, e em (b) após a aplicação da operação.



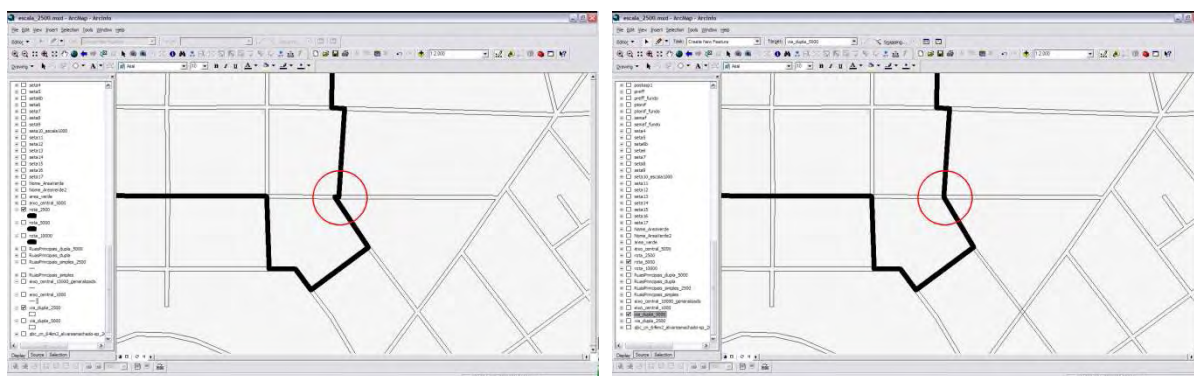
(a)

(b)

Figura 15 – Operação de deslocamento aplicada aos elementos na escala 1/5.000. Em (a) antes, e em (b) após a aplicação da operação.

A operação de simplificação foi aplicada apenas sobre os trechos de rota. Os trechos de pequena extensão ao serem projetados nas escalas menores, como 1/10.000 (Figura 16) e 1/5.000 (Figura 17), apresentaram-se como um ruído visual no mapa, o que poderia comprometer a legibilidade da representação. Sendo assim, considerando que as menores escalas foram propostas para auxiliar na tarefa de manutenção em trecho de rota, alguns detalhes da rota puderam ser omitidos, conforme Sheleiby et al. (2008). Cabe ressaltar que para a menor escala (1/10.000),

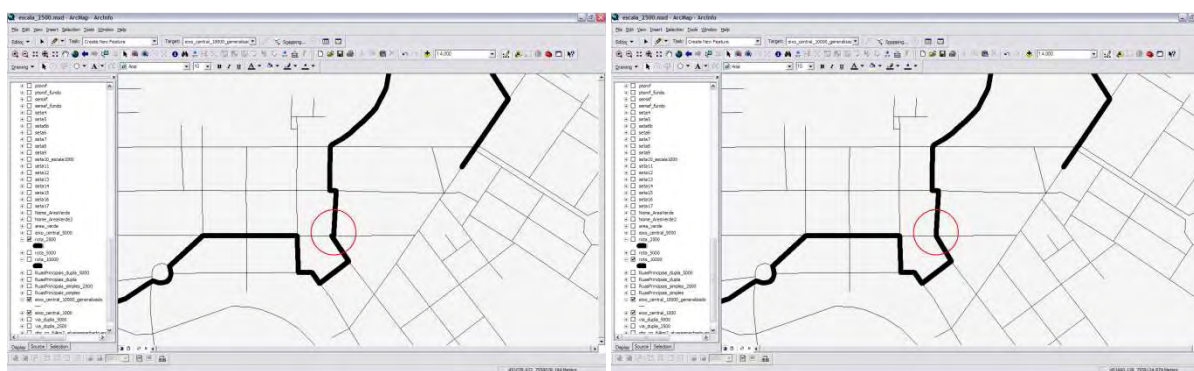
fez-se, ainda, a simplificação das vias principais e secundárias, representando-as apenas pelo eixo central (Figura 17).



(a)

(b)

Figura 16 – Operação de simplificação aplicada ao mapa na escala 1/5.000. Em (a) antes, e em (b) após a aplicação da operação.



(a)

(b)

Figura 17 – Operação de simplificação aplicada ao mapa na escala 1/10.000. Em (a) antes, e em (b) após a aplicação da operação.

4.3. Criação das mensagens sonoras

As instruções sonoras foram compostas por três partes: (1) disparo do *Beep* acrescido da palavra “Atenção”, (2) “direção da manobra” e (3) “nome da próxima via” ou “do ponto de referência na junção” ou, ainda, a “indicação do número da saída na rotatória”. As mensagens consistiram em informações pré-gravadas na voz feminina, e para criá-las utilizou-se o *software Windows Movie Maker 5.1* e a voz da própria pesquisadora.

Na produção das instruções sonoras utilizou-se a variável áudio-dinâmica taxa de variação, a qual representa a relação entre a duração de um som e o silêncio no tempo (KRYGIER, 2008; MACEACHREN, 1995). A taxa de variação foi dependente do comprimento do trecho de rota, de tal forma que para trechos curtos, menor que 100 metros, obteve-se uma maior taxa de variação, porque as manobras eram próximas. Para trechos longos a relação entre a duração do som e o silêncio no tempo foi menor, devido o intervalo de tempo entre as duas mensagens ser maior.

O som de *Beep* utilizado nessa pesquisa foi desenvolvido por Pugliesi (2007). Por essa razão, uma etapa posterior à criação das mensagens sonoras consistiu na combinação do *Beep* às instruções gravadas em som natural, a qual também foi realizada no *Windows Movie Maker 5.1*.

No total, 17 instruções foram produzidas, das quais 13 apresentavam informações relacionadas à direção da manobra, outras três indicavam o início e o fim da rota, e uma mensagem para alerta sobre a redução da velocidade. Para definir a ordem de apresentação das instruções, seguiu-se a abordagem de Jackson (1998), Oliver (2007) e Oliver e Burnett (2008), em que a instrução de direção da manobra foi apresentada antes das demais informações, pois essa ordem contribui positivamente para o desenvolvimento do mapa cognitivo do motorista. O Quadro 10 apresenta as mensagens elaboradas e o tempo de duração de cada instrução.

TIPO DE INSTRUÇÃO	NÚMERO DA MANOBRA	MENSAGENS	DURAÇÃO
Manobra	1ª	<i>Beep:</i> “Atenção, vire à direita, Rua XV de Novembro.”	5 seg.
	2ª	<i>Beep:</i> “Atenção, vire à esquerda Estrada Artur Boigues Filho.”	5 seg.
	3ª	<i>Beep:</i> “Atenção, na rotatória pegue a 3ª saída, Rua Presidente Roosevelt.”	7 seg.
	4ª	<i>Beep:</i> “Atenção, vire à direita, Avenida das Américas.”	5 seg.
	5ª	<i>Beep:</i> “Atenção, vire à direita, Rua Rui Barbosa.”	5 seg.
	6ª	<i>Beep:</i> “Atenção, vire à esquerda, Rua Ismael Dias Silva.”	5 seg.
	7ª	<i>Beep:</i> “Atenção, vire à esquerda, Rua Carlos Gomes.”	5 seg.
	8ª	<i>Beep:</i> “Atenção, vire à esquerda, Rua Fernando Costa.”	5 seg.
	9ª	<i>Beep:</i> “Atenção, vire à direita, Rua Miguel Couto.”	5 seg.
	10ª	<i>Beep:</i> “Atenção, vire à esquerda, na igreja.”	4 seg.
	11ª	<i>Beep:</i> “Atenção, siga em frente, Rua Marcílio Dias.”	5 seg.
	12ª	<i>Beep:</i> “Atenção, vire à direita, Rua Antônio Louzada Marzabal.”	5 seg.
	13ª	<i>Beep:</i> “Atenção, vire à direita, Rua Monsenhor Nakamura.”	6 seg.
Início da rota	-	<i>Beep:</i> “Viajando para a Rua Monsenhor Nakamura, número 261, cidade de Álvares Machado, São Paulo.”	9 seg.
Fim da rota	-	<i>Beep:</i> “Em 100 metros chegando ao seu destino.”	4 seg.
	-	<i>Beep:</i> “O seu destino encontra-se à direita. Rua Monsenhor Nakamura, número 261.”	6 seg.
Alerta de velocidade	-	<i>Beep:</i> “Atenção, mantenha a velocidade reduzida.”	4 seg.

Quadro 10 – Mensagens de voz produzidas para o SINGRA.

4.4. Implementação das representações em múltiplas escalas automáticas

A manipulação dos dados e a produção das representações cartográficas preliminares foi realizada no *ArcGis 9.2*, a partir de arquivos *shapefile* (.shp). Os mapas foram projetados de acordo com a resolução de vídeo estabelecida para o monitor de navegação, a qual correspondeu a 1440x900 *pixels*.

Os arquivos *shapefile* foram carregados no compilador *Microsoft Visual Basic*, por meio da biblioteca *MapObjets* e implementados no protótipo já existente. Este protótipo foi desenvolvido por Pugliesi (2007) e apresenta a informação na modalidade áudio-visual, sem comando de voz, e em escala única. A biblioteca de objetos de mapa *ESRI MapObjects 2.1* constitui-se de um componente que permite a manipulação de dados geográficos e a criação de mapas. Para tanto compreende um controlador ActiveX denominado de *Map*, bem como um conjunto de aproximadamente 50 objetos, os quais são manipulados por meio de propriedades, métodos e eventos.

Para a produção das representações visuais, utilizou-se as variáveis dinâmicas duração, momento no tempo e ordem. A variável duração consiste no intervalo de tempo entre dois eventos/cenas e permite responder “Quanto tempo dura o evento?” (MACEACHREN, 1995). No SINGRA, essa variável foi empregada na alternância entre as escalas de visualização para a tarefa de manutenção em trecho de rota, escalas 1/10.000 e 1/5.000, bem como na exibição dos elementos de auxílio à manobra, escalas 1/2.500 e 1/1.000. Nesse sentido, para uma velocidade constante, observou-se que o tempo de apresentação dos elementos de auxílio à manobra, como toponímia da próxima via, seta e pontos de referência, foi maior para trechos de rota igual ou superior a 100 metros. Para velocidades variáveis e trechos de rota de mesmo comprimento, verificou-se que a duração de apresentação do mapa foi menor para velocidades maiores, pois a manobra se aproximava mais rapidamente e os elementos permaneceram por menos tempo visíveis no mapa.

A variável momento no tempo responde à questão “Em que momento do tempo o evento ocorre?” e pode ser definida como o instante em que se inicia uma mudança no mapa (MACEACHREN, 1995). No SINGRA, essa variável definiu o instante de apresentação dos pontos de referência, os quais foram exibidos

somente no momento que o motorista percorria o trecho de rota que os continham. Em relação às escalas 1/2.500 e 1/1.000, também houve um momento determinado no tempo para que os mapas fossem exibidos, o qual foi determinado a partir da distância do automóvel à manobra, isto é, a 100 metros da manobra ou a 20 metros após a realização da última manobra, em virtude do trecho ser menor que 100m.

A variável dinâmica ordem refere-se à sequência de ocorrência dos eventos e responde “Qual a ordem de acontecimento dos eventos?” (MACEACHREN, 1995). Essa variável foi aplicada na alteração das escalas do SINGRA, pois ao se aproximar da manobra, independente da velocidade de percurso, o sistema exibe a informação em uma escala maior ao motorista, a fim de auxiliá-lo na preparação para a realização da manobra. Para a tarefa de manutenção em trecho de rota, para velocidades superiores a 40km/h a informação selecionada foi menos detalhada, mapa na escala 1/10.000, enquanto que para velocidades inferiores a 40 km/h a escala adotada correspondeu a 1/5.000. Assim, verifica-se que houve uma ordem de apresentação da informação de acordo com a tarefa desenvolvida. O Apêndice A apresenta os mapas nas escalas 1/2.500 e 1/1.000 produzidos para atender as 13 manobras consideradas, bem como as representações de manutenção em trecho de rota nas escalas 1/10.000 e 1/5.000 entre essas respectivas manobras.

Para alterar as escalas de exibição, de maneira automática, desenvolveu-se procedimentos que verificavam a velocidade desenvolvida pelo motorista e a distância restante até a próxima manobra. Além disso, 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, desenvolveu-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 apresenta-se os critérios estabelecidos para a mudança automática da escala:

- Se o automóvel estivesse localizado a uma distância superior a 100 metros da próxima manobra e a velocidade desenvolvida fosse superior a 40 km/h, a escala selecionada seria 1/10.000. Além disso, deveria ser executado o procedimento que altera as informações em função da escala, neste caso o procedimento para a escala 1/10.000;
- Caso contrário, se a velocidade do automóvel fosse inferior ou igual a 40 km/h, o mapa na escala 1/5.000 deveria ser apresentado e os elementos de navegação alterados para essa escala (procedimento para a escala 1/5.000);
- Outra situação ocorreu quando o automóvel esteve a uma distância inferior ou igual a 100 metros antes da manobra. Neste caso, independentemente da velocidade desenvolvida, o sistema deveria disparar a instrução sonora e alterar a escala do mapa para 1/2.500 ou 1/1.000 (um exemplo disso é apresentado para a manobra de número 7). Os elementos condizentes a essas escalas também deveriam ser apresentados a partir da execução do procedimento que altera as informações.

Nesse contexto, ao executar o sistema apresenta-se a tela inicial do SINGRA, na qual o usuário tem a opção de configurar uma rota utilizando a opção de configuração (APÊNDICE A). Selecionado a rota de interesse, apresenta-se um mapa de vias referente à cidade selecionada e o SINGRA pode ser executado com uma rota de histórico ou utilizando a conexão direta com o GPS (APÊNDICE A). A rota de histórico caracteriza-se por armazenar as coordenadas de posição do automóvel em um arquivo do tipo texto, enquanto que na segunda opção as coordenadas são coletadas e processadas em tempo real pela integração do GPS e o sistema. Nesta pesquisa o SINGRA foi programado para ser executado com um arquivo de histórico, disponibilizado por Pugliesi (2007). O Apêndice B apresenta

alguns dos principais procedimentos implementados para a apresentação dos mapas em múltiplas escalas automáticas.

4.5. Comparação dos mapas multimodal e em diferentes escalas

A comparação dos mapas foi realizada a partir da alteração da escala para o tipo de tarefa de navegação desenvolvida. Além disso, desenvolveu-se uma comparação entre as representações multimodal em múltiplas escalas com o sistema em escala única proposto por Pugliesi (2007).

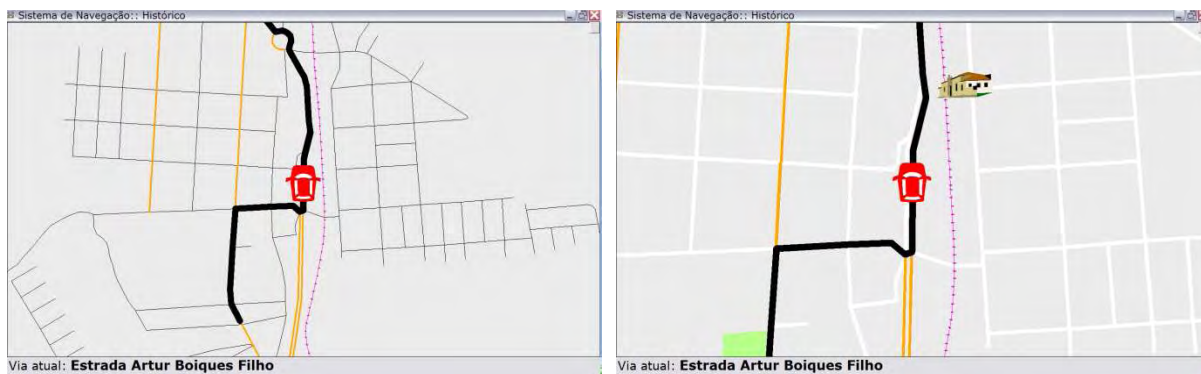
Considerou-se dois trechos, para a tarefa de manutenção em trecho de rota, a estrada Artur Boigues Filho (Figura 18) e a Rua Marcílio Dias (Figura 19). Nesses trechos a velocidade máxima permitida é de 60km/h. Na solução em múltiplas escalas a informação de navegação foi generalizada para diferentes velocidades. Assim, para as velocidades mais altas, acima de 40 km/h, os mapas foram exibidos na escala 1/10.000 (Figuras 18a e 19a) e alguns dos elementos de contexto, tais como os pontos de referência foram omitidos. Ainda nessa escala (1/10.000), representou-se as vias secundárias e principais apenas pelo eixo central, para reduzir a quantidade de detalhes das vias e tornar o mapa mais legível. O intuito foi simplificar a representação para que com a redução da escala, não se obtivesse um aumento na demanda visual. Isso porque Labiale (2001), Liu (2000) e Uang e Hwang (2003) constataram que à medida que se acrescenta informação no mapa, como ocorre com o aumento da área mapeada, o motorista leva mais tempo para capturar a informação de interesse, o que aumenta o tempo dos olhos fora da via.

Para as velocidades mais baixas, menor ou igual a 40km/h, o sistema apresentou as informações na escala 1/5.000, de modo que mais elementos de contexto fossem exibidos no mapa, como os pontos de referência (Figura 18b e 19b) e as áreas verdes (Figura 18b). Ao percorrer o trecho de rota com velocidade reduzida, o motorista tem um tempo maior para observar os detalhes do ambiente (SHELEIBY, et al., 2008), e, assim, pode-se utilizar os elementos de contexto para a confirmação da rota (ROSS; BURNETT, 2001).

Na solução em escala única, Figuras 18c e 19c, as informações não foram alteradas de acordo com a mudança da velocidade. O mapa manteve o mesmo nível de detalhamento para todo o trecho de rota. Observa-se que a proposta de Pugliesi (2007) não trabalha com a generalização das instruções com base no contexto de direção do motorista. Portanto, o autor não considera que para diferentes momentos da viagem o motorista necessita de distintos tipos de informação (DOGRU, et al., 2009; HO;LI, 2004; LABIALE, 2001; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008; SHELEIBY, et al., 2008; UANG; HWANG, 2003).

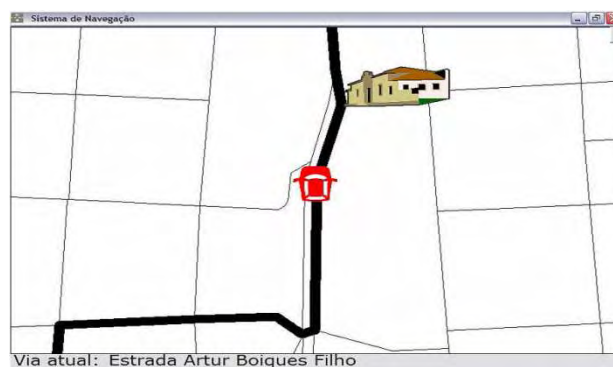
Quanto à representação gráfica dos elementos no SINGRA em múltiplas escalas, nota-se que foi aplicado um realce nas vias principais, por meio da alteração da cor, para ressaltá-las em relação às vias secundárias (Figuras 18a e 18b; e 19a e 19b). No mapa mais generalizado, escala 1/10.000, o contraste obtido entre esses elementos foi alcançado pela combinação das variáveis visuais cor e tamanho, neste caso, pelo aumento da espessura da linha que simboliza as vias principais. No mapa menos generalizado, escala 1/5.000, apenas a variável visual cor foi suficiente para manter essas feições destacadas no mapa. Verifica-se que não há essa diferenciação na solução em escala única (Figuras 18c e 19c).

Sobre o método de deslocamento aplicado aos pontos de referência, observa-se que foi mantida uma pequena sobreposição desse elemento com a linha férrea (Figura 18b), isso para não alterar drasticamente a relação topológica. O deslocamento do ponto de referência, estação ferroviária, para a direita e mais distante da rota, para evitar coalescer com a linha férrea, poderia confundir o motorista ao consultar o mapa, porque a relação topológica entre esses elementos não estaria condizente com o observado externamente ao automóvel. Na proposta de Pugliesi (2007) (Figura 18c e 19c) o mesmo problema não acontece porque o elemento de ferrovia não foi representado, o qual poderia oferecer contexto.



(a)

(b)



(c)

Figura 18 – Manutenção em trecho de rota na Estrada Artur Boiques Filho.
Em (a) mapa na escala 1/10.000. Em (b) mapa na escala 1/5.000.
Em (c) solução apresentada em Pugliesi (2007).

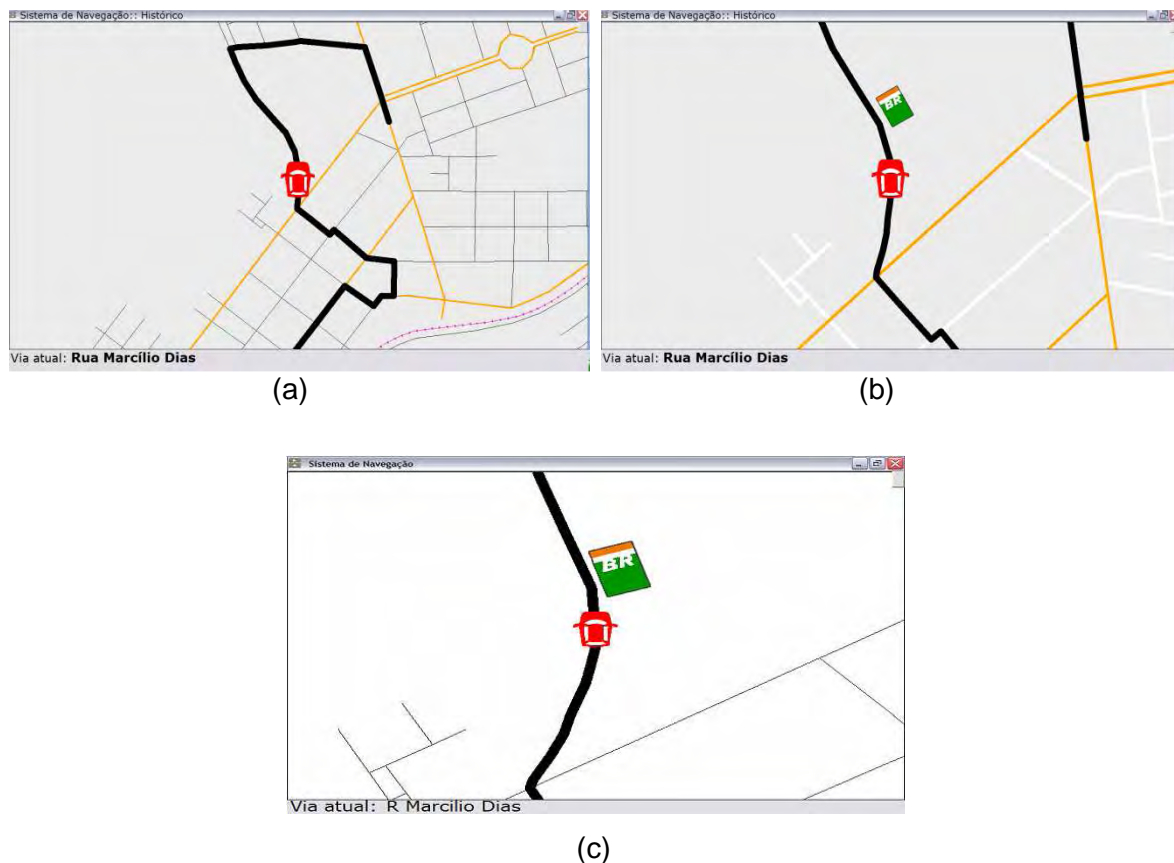


Figura 19 – Manutenção em trecho de rota na Rua Marcílio Dais. Em (a) mapa na escala 1/10.000. Em (b) mapa na escala 1/5.000. Em (c) solução apresentada em Pugliesi (2007).

A Figura 20 apresenta uma manobra em rotatória, a qual é caracterizada como um ponto nodal complexo do ambiente por oferecer várias possibilidades de saídas, o que pode confundir o motorista durante a mudança de direção (BURNETT, 1998). As instruções, no caso do projeto em diferentes escalas, foram exibidas em mapas na escala 1/2.500 e 1/5.000. As Figuras 20b e 20c mostram, respectivamente, o automóvel no início e durante a realização da manobra. As Figuras 20a e 20d apresentam a informação para a tarefa de manutenção em trecho de rota, respectivamente, antes e depois da tarefa tática de preparação para a realização da manobra. O sistema de Pugliesi (2007) apresentado nas Figuras 20e e 20f, utiliza o mesmo grau de detalhamento para o mapa, isto é, a informação não é mais detalhada com a aproximação da manobra, fator que pode ser relevante para diminuir a quantidade de erros navegacionais,

principalmente, ao realizar manobras do tipo complexa, como é o caso das rotatórias (LABIALE, 2001; LIU, 2000; UANG; HWANG; 2003).

Outra característica do presente SINGRA refere-se ao disparo de uma mensagem sonora para reforçar tanto a manobra indicada pela seta, quanto a via que o motorista deveria adentrar. O disparo da instrução sonora foi executado no momento da alteração da escala para 1/2.500 ("*Beep*, atenção, na rotatória pegue a terceira saída, Rua Presidente Roosevelt"). A representação multimodal teve por objetivo facilitar a interatividade entre o sistema e o usuário, a qual pode contribuir para a leitura de uma representação visual (TRBOVICH; LINDGAARD; DILLON, 2005). Isso porque a combinação das modalidades sonora e visual tem sido apontada como uma das maneiras mais eficientes de se apresentar instruções de navegação ao motorista (BURNETT, 1998, 2000a; GREEN, 1996; LABIALE, 2001; LIU, 2000; UANG; HWANG; 2003).

No projeto de escala única (Figuras 20e e 20f), o sistema não apresentou comando de voz natural, mas apenas som de *beep* para indicar a aproximação da manobra. Assim, mesmo sendo alertado sobre a proximidade da mudança de direção, o motorista tinha apenas a mídia visual para saber qual decisão deveria ser tomada naquele momento da navegação, o que poderia aumentar a demanda visual do sistema, pois a atenção do motorista estava dividida entre a via e o monitor.

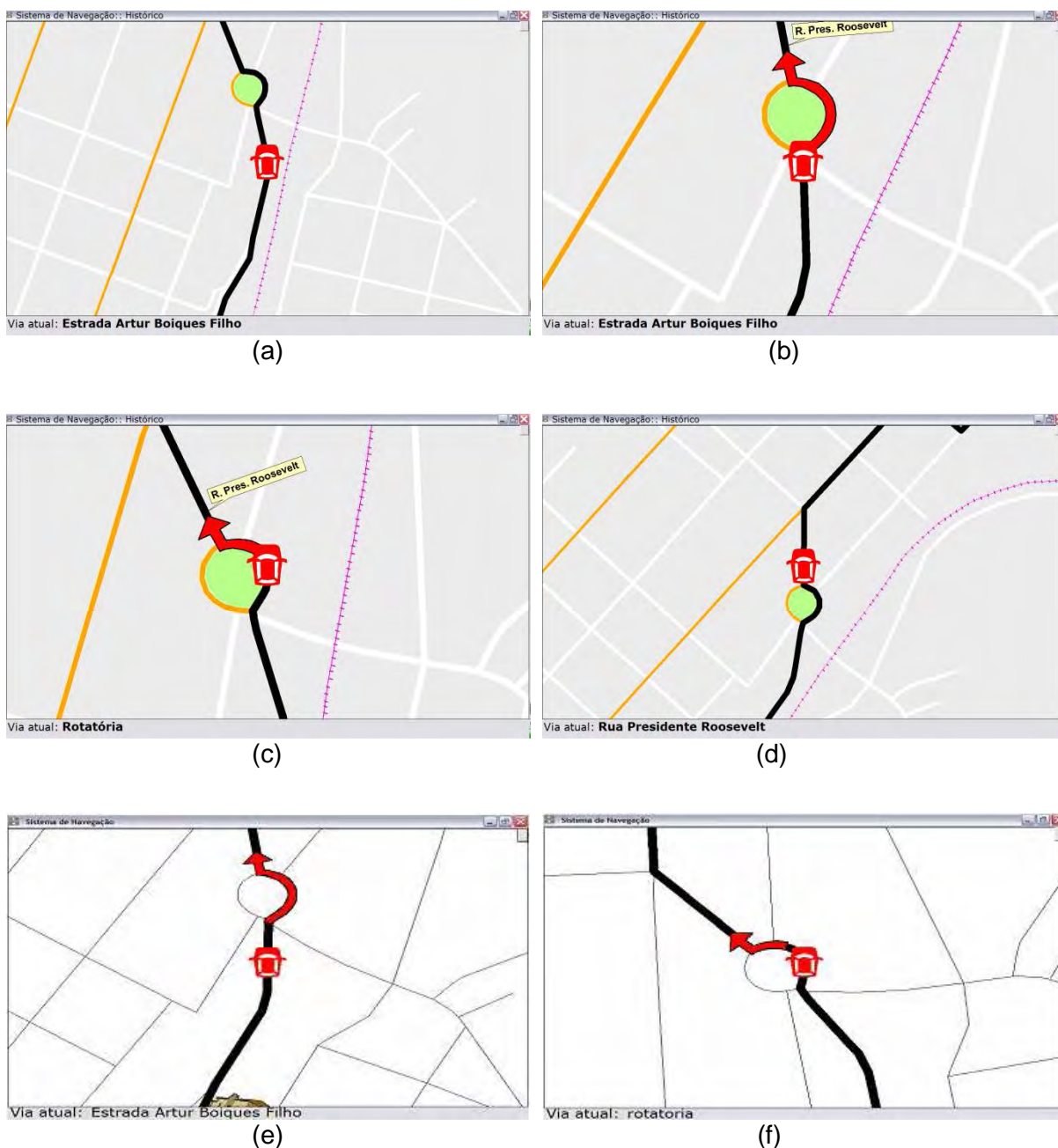


Figura 20 – Manutenção em trecho de rota e realização de manobra.
 Em (a) mapa na escala 1/5.000 antes da manobra. Em (d) depois da manobra.
 Em (b) mapa na escala 1/2.500 no início da manobra. Em (c) meio da manobra.
 Em (e) e (f) solução apresentada em Pugliesi (2007).

Ainda com base na Figura 20, pretendeu-se melhorar o projeto proposto na solução única (Figuras 20e e 20f), por meio da aplicação do contraste de cor entre os elementos representados. O objetivo foi explorar a relação de figura-fundo (Figuras 20a, 20b, 20c e 20d), a partir da variável visual cor, de tal forma que se pudesse apoiar à preparação para a realização da manobra. Por exemplo, a seta

(Figuras 20b e 20c) sobreposta à manobra apresentou alto contraste com a área verde situada no centro da rotatória, bem como com as vias principais que circundam a rotatória, as quais foram representadas em laranja. Além disso, a seta formou um agrupamento perceptivo, por cor, com o automóvel, o que provoca a criação de uma unidade entre esses elementos (PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009). A seta realçada sobre a manobra (Figura 20b e 20c) e associada à informação de toponímia, a qual não havia nos mapas em escala única (Figura 20e), pode ser uma maneira de se favorecer a indicação do número da saída da rotatória que o motorista deveria tomar, embora ainda necessite ser avaliada experimentalmente.

Quanto aos elementos de contexto, como as vias principais e secundárias e a linha férrea, apresentados no SINGRA em múltiplas escalas, nota-se que estas feições foram segregadas do fundo do mapa e, ao mesmo tempo, não se sobressaíram em relação à informação principal. O exagero aplicado ao automóvel pode contribuir para realçar a relação de proximidade do motorista à manobra, isso porque símbolos bem destacados no mapa possibilitam uma rápida leitura do elemento representado (DENT, 1999). Neste caso, a operação de generalização pode facilitar a identificação da posição do motorista na rota, a qual é importante para mantê-lo confiante na viagem (BURNETT, 1998; ROSS; BURNETT, 2001; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008).

A manobra do tipo simples¹⁵ entre as Ruas Miguel Couto e Rua São José (Figura 21) caracterizou-se como outra situação apropriada para comparar o SINGRA de escala única com a presente proposta de múltiplas escalas. A Figura 21a evidencia a sobreposição entre o automóvel e o ponto de referência (a igreja), a qual pode dificultar a discriminação dos elementos e, conseqüentemente, comprometer a usabilidade do sistema em termos de demanda visual.

¹⁵ Manobra simples é caracterizada por apresentar apenas uma via ortogonal ou diagonal à esquerda ou à direita do trecho de rota, após a junção (LABIALE, 2001; PUGLIESI, 2007; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009).



(a) (b)

Figura 21 – Realização de manobra com ponto de referência na junção.
 Em (a) solução apresentada em Pugliesi (2007).
 Em (b) mapa na escala 1/2.500 no instante de realização da manobra.

Na solução em múltiplas escalas (Figura 21b) verifica-se que a operação de deslocamento pode possibilitar que os elementos sejam representados com clareza, evitando-se a sobreposição de elementos que, de fato, não acontece no mundo real. Observa-se que a relação de vizinhança foi mantida (à direita da rota). Além disso, nota-se que a redução aplicada ao símbolo de ponto de referência, bem como seu deslocamento não resultam na perda da relação de proximidade desse elemento com o cruzamento da via, e, sendo assim, o ponto pode ser compreendido como um elemento integrante da manobra, por compor uma só unidade com os demais elementos, seta e carro. Gomes Filho (2002) aponta que a proximidade é um dos princípios de agrupamento na percepção visual e pode facilitar a leitura da representação.

Ao que se refere à mensagem sonora disparada para auxiliar a realização dessa manobra (Figura 21b), o que não ocorreu no sistema em escala única, observa-se que a instrução apresentou ao motorista o nome do ponto de referência em substituição ao nome da próxima via (“Atenção, vire à esquerda, na igreja”). Isso porque a igreja consiste em um dos elementos mais utilizados pelos motoristas de diversas nacionalidades (ALM, 1990; OBATA, et al., 1993), inclusive os brasileiros (REIS, 2010) durante a tarefa de navegação. Burnett (2000a) afirma que as mensagens sonoras associadas com ponto de referência contribuem para o desempenho de um SINGRA, em termos de redução da demanda visual, aumento da preferência subjetiva e diminuição dos erros navegacionais. Os pontos de

referência correspondem a uma das cinco categorias mais utilizadas para descrever o ambiente (LYNCH, 1960), e são um dos principais elementos das representações internas dos motoristas, as quais são utilizadas para navegar de um local para o outro ou oferecer instruções de direção a outras pessoas (ALM, 1990; BURNETT, 1998, 2000a).

A comparação entre os SINGRA também foi realizada considerando a representação cartográfica para a manobra de número 7 (Figura 22).

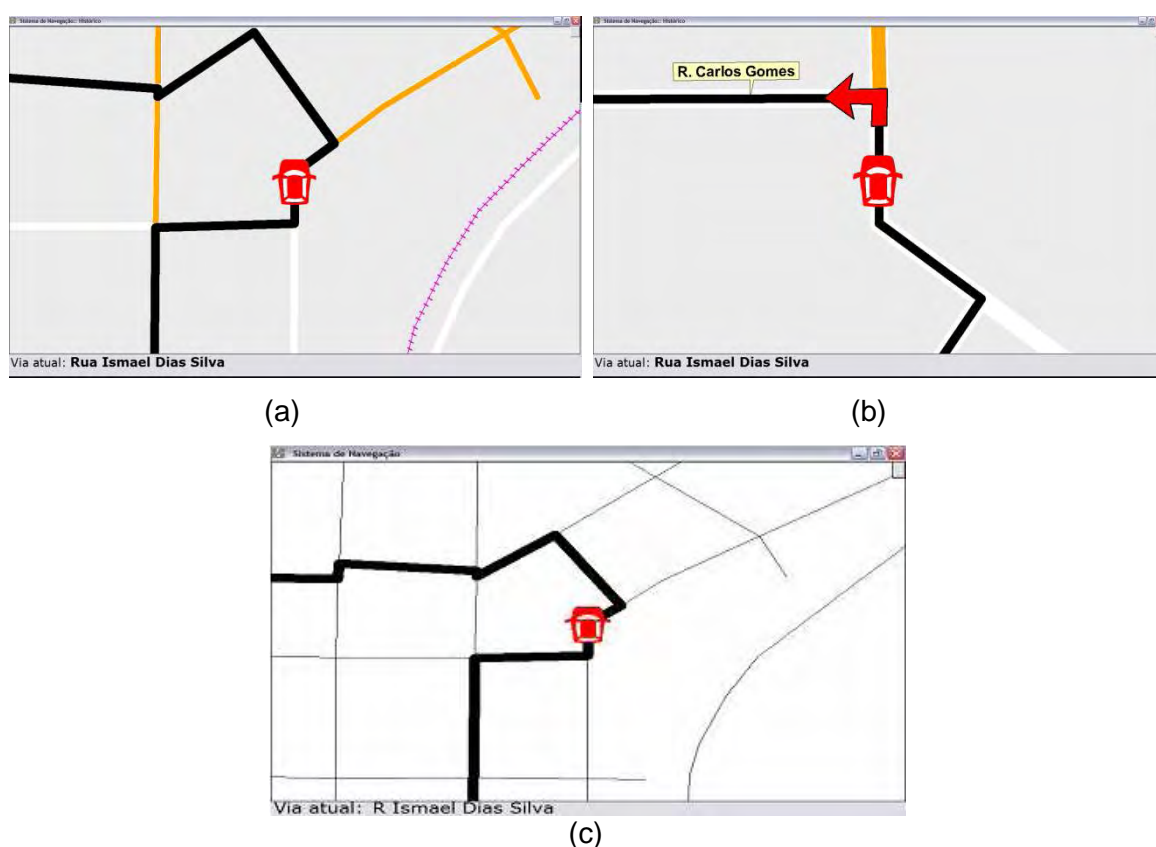


Figura 22 – Representação de manobra simples.

Em (a) mapa na escala 1/2.500 no momento do disparo da primeira instrução sonora.

Em (b) mapa na escala 1/1.000 no momento do disparo da segunda instrução sonora.

Em (c) solução apresentada em Pugliesi (2007).

No primeiro caso, Figuras 22a e 22b, a manobra foi representada por uma escala maior, escala 1/1.000, quando comparada à escala utilizada para as outras doze manobras da rota selecionada, que correspondeu à escala 1/2.500. Esse aumento na escala 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. Isso foi importante também para impedir que a seta e o automóvel se confundissem no mapa, em virtude da proximidade destes elementos, o que poderia dificultar a interpretação do motorista e, assim, aumentar as chances de erros navegacionais.

No sistema de uma única escala (Figura 22c), a seta para a indicação da manobra não foi apresentada por questões de decisão de projeto, em que a distribuição de símbolos cartográficos, ao longo da rota, de diferentes características foi colocada aleatoriamente, de acordo com Pugliesi (2007). No entanto, a seta é considerada um elemento relevante na indicação da mudança de direção, uma vez que enfatiza a direção que deve ser tomada (PUGLIESI, 2007; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009).

Quanto às mensagens sonoras, duas foram as instruções disparadas pelo sistema em múltiplas escalas. O primeiro tipo apresentou o som de *beep* associado a um comando de voz para chamar a atenção do motorista para a redução da velocidade (“*Beep*, Atenção mantenha a velocidade reduzida.”). Essa instrução foi disparada a 46 metros antes da mudança de direção e com o mapa na escala 1/2.500 (Figura 22a). Enquanto que o segundo tipo de mensagem consistiu em um *beep* seguido de um comando de voz para indicar a direção da manobra. No momento de apresentação da instrução, tal como, “*Beep*, Atenção vire à esquerda, Rua Carlos Gomes.”, o veículo encontrava-se a 20 metros para chegar até a manobra e o mapa na escala 1/1.000 foi apresentado (Figura 22b). O sistema de Pugliesi (2007) (Figura 22c) disparou apenas um som abstrato (*beep*) a 20 metros após a realização da última manobra. Novamente, a ausência dos comandos de voz pode dificultar a realização da manobra, visto que a modalidade sonora combinada com a representação de mapa tem melhorado a usabilidade do sistema em termos de eficiência, quando comparada com a representação apenas visual (LIU, 2000).

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As representações áudio-dinâmicas em múltiplas escalas foram projetadas com base na teoria da comunicação cartográfica e da percepção visual, para se obter mapas legíveis e que pudessem auxiliar o motorista na navegação em ambiente desconhecido ou pouco familiar. A solução em múltiplas escalas possibilitou apresentar as informações em função do tipo de tarefa desenvolvida, de tal forma que os elementos fossem exibidos a partir do contexto de direção do motorista, um aspecto relevante, pois estudos evidenciam que para distintos momentos da viagem, o usuário do sistema requer diferentes tipos de informação (DOGRU, et al., 2009; HO;LI, 2004; LABIALE, 2001; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008; SHELEIBY, et al., 2008; UANG; HWANG, 2003).

Para a tarefa de manutenção em trecho de rota, tem-se que a quantidade de informação apresentada varia de acordo com a velocidade do automóvel. Segundo Sheleiby et al. (2008), o uso da velocidade como um critério para a alteração da escala é de suma importância, pois ao reduzir a velocidade o motorista tem mais tempo para identificar os detalhes da área navegada. Diante disso, apresentar um mapa menos generalizado pode contribuir para que mais elementos de contexto sejam exibidos e, assim, possam ser utilizados na confirmação da rota (ROSS; BURNETT, 2001). Liu (2000) também ressalta que diante de incertezas o motorista tende a reduzir a velocidade do automóvel, portanto, um mapa mais detalhado pode permitir que o condutor compreenda com mais facilidade seu contexto de direção, e diminua as oportunidades de se cometer erros de manobra.

Para a tarefa de preparação para a realização da manobra, observa-se que ao alterar a escala em função da proximidade da manobra emprega-se as recomendações de Burnett (1998), as quais apontam que o motorista parece dividir a viagem em etapas ou submetas, dando sempre maior ênfase à tarefa que está imediatamente por vir, neste caso, a próxima manobra. Portanto, um mapa com quantidade suficiente de informação, neste caso, um mapa menos generalizado, pode ser uma maneira eficiente de se induzir o motorista a observar somente a informação de interesse para a tarefa em questão, e, com isso, pode-se evitar a

distração e a sobrecarga mental do usuário, por exemplo, ao prestar atenção em informações não condizentes com a mudança de direção (UANG; HWANG, 2003).

Dentro disso, a informação apresentada em uma escala única, como proposto por Pugliesi (2007), pode comprometer a usabilidade do sistema, em termos de aumento dos erros navegacionais e da demanda visual, a qual interfere na segurança do motorista, sobretudo, ao realizar manobras complexas, como é o caso das rotatórias. Um mapa com excesso de informação e que não condiz com a meta estabelecida pode promover incertezas ao motorista e até erros na direção (HO; LI, 2004; LABIALE, 2001; LIU, 2000; UANG; HWANG; 2003).

Em relação ao emprego da modalidade áudio-dinâmica, conclui-se que apresentar as instruções de navegação com a combinação de diferentes modalidades (visual e sonora) é importante para auxiliar o motorista na tarefa de manutenção em rota, pois permite que o usuário usufrua das vantagens de ambas. A representação multimodal é considerada um dos meios mais eficientes para se apresentar as instruções de navegação ao motorista, com baixa demanda visual e poucos erros navegacionais (BURNETT, 1998, 2000a; GREEN, 1996; LABIALE, 2001; LIU, 2000; UANG; HWANG; 2003). Isso se deve ao fato de que o motorista, ao receber as mensagens de voz, não necessita desviar os olhos da via (BURNETT, 2000a), e o mapa pode comunicar mais facilmente informações de direção, distância e de contexto, como quadras, pontos de referência, vias, etc., comparado com a modalidade apenas sonora (BURNETT, 1998, 2000a; LEE; FORLIZZI, HUDSON, 2008; LIU, 2000; ROSS, et. al., 1995 GREEN, 1996; LABIALE, 2001; LIU, 2000; UANG; HWANG; 2003).

As mensagens de voz pré-gravadas na voz feminina e apresentadas de acordo com a abordagem de Jackson (1998) podem ser utilizadas para auxiliar na confirmação da informação visual. No entanto, deve-se testar as instruções com motoristas brasileiros, visto que as diferenças de cultura representa um dos critérios de suma relevância no projeto de um SINGRA (GREEN, 1996). Um exemplo são os marcos do ambiente utilizados como referência na navegação. Enquanto os sinais de trânsito e semáforos são os elementos mais utilizados nos EUA e Europa, no Japão, as construções mais antigas são as preferidas pelos motoristas para auxiliar na manutenção em rota (GREEN, 1996). Reis (2010) afirma que, no Brasil, a nível regional, tais elementos constituem-se de igrejas e semáforos. A quantidade de

elementos na mensagem sonora e o gênero da voz utilizada, se masculino ou feminino, também deve ser outro fator considerado na produção do sistema (GREEN, 1996).

Ao que se refere à representação de mapa combinado com esquema de seta sobreposta à manobra, conforme adotado por Pugliesi (2007), conclui-se que a seta associada à informação de toponímia, pode indicar com clareza o sentido da mudança de direção, bem como a saída que o motorista deve tomar na rotatória. Além disso, a operação de exagero aplicada ao símbolo do automóvel pode facilitar a localização do motorista na rota, e, assim, contribuir para a manutenção do contexto de direção, o qual é importante para manter usuário confiante ao longo da viagem (BURNETT, 1998; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008).

Nesse sentido, um SINGRA deve fornecer as informações de maneira simples e que atenda às expectativas do usuário (HWAN; JIN, 2010; LIU, 2000), de modo que a demanda visual do sistema seja reduzida e a tarefa de navegação seja realizada com segurança (HWAN; JIN, 2010). Dingus e Hulse (1993) argumentam que o motorista reduz o desempenho na direção quando exposto a situações de alta demanda perceptiva e cognitiva. Isso ocorre como forma de compensação ao esforço exigido, como no caso de consulta às representações complexas, o que aumenta a demanda visual e o número de erros de navegação (DINGUS; HULSE, 1993). Assim, no projeto de um SINGRA deve-se considerar o nível de processamento mental exigido do motorista enquanto utiliza o sistema, para que com isso, se possa elaborar mapas legíveis e que contribuam para evitar distrações da via, de modo que a segurança deste usuário não seja comprometida ao navegar em locais pouco ou não conhecidos ao ser auxiliado por essa tecnologia (BURNETT, 2000a; OLIVER; BURNETT, 2008; OLIVER, 2007; UANG; HWANG, 2003).

Conclui-se que a abordagem de projeto apresentada por Keates (1989), quando associada à teoria da comunicação cartográfica e da percepção visual, são recursos importantes na elaboração dos mapas para um SINGRA. Entretanto, o produto desenvolvido nesta pesquisa ainda requer uma fase de verificação (KEATES, 1989), a qual ocorre por meio da avaliação do sistema junto aos motoristas, de maneira que refinamentos ao produto preliminar sejam propostos para que o produto final atenda às exigências dos seus usuários.

O objetivo de se aprimorar o SINGRA disponível na FCT-UNESP foi alcançado, uma vez que o sistema não mais apresenta a instrução de navegação em escala única e sem comando de voz, mas exibe as informações em mapas áudio-dinâmicos em múltiplas escalas automáticas. Além disso, considera-se que o trabalho apresenta contribuições relevantes para futuros projetos de mapas otimizados para SINGRA, pois o protótipo foi aprimorado a partir dos princípios da comunicação cartográfica.

Como recomendação para trabalhos futuros destaca-se a necessidade de se avaliar as representações cartográficas do SINGRA com um grupo de motoristas brasileiros, para verificar a usabilidade do sistema, em termos de eficiência, de eficácia e de satisfação. Recomenda-se que além do tipo da via, como curta, longa, larga, estreita, etc., e da velocidade de percurso, a complexidade da manobra seja mais um critério adotado na generalização dos mapas, de forma que seja aplicada em função do tipo de manobra, se simples ou complexa.

Outra recomendação refere-se à alteração do nível de detalhamento do mapa. Sugere-se uma transição suave para as escalas, por meio do uso de escalas intermediárias, para evitar uma troca brusca de informação. Além disso, recomenda-se aplicar a generalização automática e em tempo de execução do sistema. 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 (DOGRU et al.,2009; DOGRU; ULUGTEKIN, 2004, 2006; ULUGTEKIN; DOGRU; THOMSON, 2004).

REFERÊNCIAS

AASERUD, L.; RANANG, M. **Generalization in Geographic Information Systems: How Storage Models Affect the Process and the Results**, Trondheim, Norway, 2001.

ARNHEIM, R. **Arte e Percepção Visual: Uma Psicologia da Visão Criadora**. Nova versão/ Rudolf Arnheim; tradução de Ivone Terezinha de Faria. São Paulo: Pioneira Thomson Learning. 2004.

ALM, H. **Drivers cognitive models of routes**. DRIVE project V1041 (GIDS). Groningen, The Netherlands: University of Groningen, Traffic Research Centre.1990.

BARBOSA, L. A.; ET AL. Projeto de símbolos cartográficos como pontos de referência para um sistema de navegação em carro. **XXI Congresso Brasileiro de Cartografia**. Macaé -RJ. Anais em CD-ROM, 26 a 30 de Setembro de 2005.

BERTIN, J. **Semiology of Graphics**. Madison, University of Wisconsin Press, 1983.

BOARD C. Map Reading Tasks Appropriate in Experimental Studies in cartographic Communication. **Cartographic: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization**. vol. 15, nº 10, p. 1-12. June 1978.

BOS, E. S. **Cartographic Symbol Design**. ITC, The Netherlands. 1984.

BORDENAVE, J. E. D. **Além dos Meios e Mensagens: Introdução à comunicação como processo, tecnologia, sistema e ciência**. 8 ed. VOZES. Petrópolis: RJ. 119p. 1998.

BURNETT, G. E.; JOYNER, S. An Assessment of Moving Map and Symbol-Based Route Guidance Systems. p. 115-137. In: NOY, Y. I. **Ergonomics and safety of intelligent driver interfaces**. USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. 1997. Cap. 6. 432p.

BURNETT, G. E. **Turn right at the King's Head: Drivers' requirements for route guidance information**. 1998. 341p. PhD Thesis (Doctorate em Philosophy) – Loughborough University, United King.

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 2000a.

BURNETT, G.E. Turn right at the traffic lights: The requirement for landmarks in vehicle navigation systems. **The Journal of Navigation**. vol. 53, nº 3, p.499-510. 2000b.

BURNETT, G.E.; LEE, K. The effect of vehicle navigation systems on the formation of cognitive maps. *Traffic and Transport Psychology: Theory and Application*. **Elsevier**. p. 407-418. 2005.

BROWN, A.; ERMMER, N.; WORM, J. V. D. Cartographic design and production era: the example of tourist web maps. **Cartographic Journal**, 38(1): 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**. p. 65-75. 2000.

DENT, B. D. **Cartography: Thematic Map Design**. 3rd ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 1999.

DINGUS, T. A.; HULSE, M. C. Some human factors design issues and recommendations for automobile navigation information systems. **Transportation Research 1C**, p. 119–131. 1993.

DOGRU, A. O.; ULUGTEKIN, N. N. Car Navigation Map Design In Terms Of Multiple Representations. **XXXV Congress ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. Istanbul, Turkey. p.12-23. Jul 2004.

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, A. O.; et al. Generalization Approaches for Car Navigation Systems. **First National Workshop on Generalization and Multiple Representations**. Iznik, Turkey. p.12–13. Sept. 2009.

FAIRBAIRN, D.J. On the Nature of Cartographic Text. **The Cartographic Journal**. vol. 30, p.104-111. 1993.

GOMES FILHO, J. **Gestalt do Objeto: Sistema de Leitura Visual da Forma**. São Paulo: Escrituras Editora. 2002.

GREEN, P. Why Safety and Human Factors Standards Are So Difficult to Establish. In de Waard, Brookhuis, Moraal, and Toffetti (Eds.). **Human Factors in Transportation, Communication, Health and the Workplace**. Maastricht, the Netherlands: Shaker Publishing. 2002.

GREEN, P. Crashes are induced by driver navigation systems and what can be done to reduce. (SAE paper 2000-01-C008). **Convergence 2000 Conference Proceedings** (SAE publication P-360). Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, p. 26-36. 2000a.

GREEN, P. The Human Interface for ITS Display and Control Systems: Developing International Standards to Promote Safety and Usability. **Invited paper presented at the International Workshop on ITS Human Interface in Japan**, Utsu, Japan. June 2000b.

GREEN, P. In-Vehicle Information: Design of Driver Interfaces for Route Guidance. **Paper presented at the Transportation Research Board Meeting in 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**. Korea. vol. 23. nº 3. p.309–327. May. 2010.

HO, A.; LI, Z. Design of Dynamic Map for Land Vehicle Navigation. **The Cartographic Journal**. The British Cartographic Society. nº 3. vol. 41. p.265–270. Dec. 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARDIZATION. **Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability**. Génève: ISO 9441-11, 1998.

JACKSON, P. G. Behavioural Responses to Dynamic Route Guidance (DRG) Systems. **PICT International Doctoral Conference**, p.28-30. Mar. 1994.

JACKSON, P. G. In search of better route guidance instructions. In **Ergonomics**, vol. 41, nº. 7, p.1000-1013. 1998.

KEATES, J. S. **Cartographic design and production**. 2nd ed. New York: Longman Group, 1989.

KRAY, C., et al. Presenting Route Instructions on Mobile Devices. **IUI'03**. Miami, Florida, p.12-15. Jan. 2003.

KRYGIER, J. Making Maps with Sound. **University Park**, PA. 2008.

LABIALE, G. Visual search and preferences concerning different types of guidance displays. **Behaviour & Information Technology**. London: Taylor & Francis. nº 3, vol. 20, p.149-158. May 2001.

LEE, J.; FORLIZZI, J.; HUDSON, S. Iterative design of MOVE: A situationally appropriate vehicle navigation system. **International Journal of Human-Computer Studies**. USA. vol. 66. p.198–215. Feb. 2008.

LIU, Y. Effect of advanced traveler information system displays on younger and older drivers' performance. **Elsevier Science**. vol. 21. p.161-168. Sept. 2000.

LYNCH, K. **A imagem da Cidade**. São Paulo. Martins Fontes, 1997.

MACEACHREN, A. M. **How maps work: Representation, Visualization and Design**. London: The Guilford Press. 1995.

MICHON, J.A. A critical view of driver behaviour models. In: EVANS, L.; SCHWING, R. S. **Human behaviour and traffic safety**. New York: Plenum Press. University of Groningen. 1985.

MONMONIER, M. **How to lie with maps**. 2nd ed. The university of Chicago Press. USA. 208p. 1996.

MORITA, T. Grading of the Map Functions in Navigation System. **16th International Cartographic Conference. Cologne. Koln International Cartographic Association.** 1993.

OLIVER, K. J.; BURNETT, G. Learning-oriented Vehicle Navigation Systems: A Preliminary Investigation in a Driving Simulator. **MobileHCI.** Amsterdam, the Netherlands. p.2–5. Sept. 2008.

OBATA, T., DAIMON, T., & KAWASHIMA, H. A cognitive study of invehicle navigation systems: applying verbal protocol analysis to usability evaluation. **Proceedings of Vehicle Navigation and Information Systems Conference.** Piscataway, NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers. p. 232-237. 1993.

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.

PARKES, A. M. Data capture techniques for RTI usability evaluation. In **Advanced telematics in road transport - the DRIVE conference.** Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. vol. 2, p.1440-1456. 1991.

PETCHENIK, B. B. The Nature of Navigation: Some Difficult Cognitive Issues in Automatic Vehicle Navigation. **IEEE Explore.** p.43-48. 1989.

PUGLIESI, E. A. **Avaliação da Comunicação Cartográfica de um Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel.** 2007. 292p. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente.

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.** nº 61/1, Abril. 2009a.

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.** Abril 2009b.

PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S. Projeto Cartográfico e Implementação de Pontos de Referência de Alta Iconicidade em Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel. **Revista Brasileira de Cartografia.** nº 61/2, August. 2009c.

PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S. Information for In-Car Route Guidance and Navigation Systems: Selection, Presentation and Evaluation. **24th International Cartography Conference**, Chile, Nov. 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**. nº 2, vol. 36, p.193-207. Apr. 2009.

PUGLIESI, E.A.; DECANINI, M.M.S. Selection, Survey and Classification of Landmarks for Conceiving In-Car Route Guidance. **IV Brazilian Colloquium of Geodesic Sciences**. Curitiba/ BR. (in Portuguese) 2005.

REIS, Y. C. **Seleção de informações de guia de rota para a concepção de sistemas de navegação**. 2010. 130p. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente.

ROBBI, C. **Sistema para Visualização de Informações Cartográficas para Planejamento Urbano**. 2000. 352p. Tese (Doutorado em Computação Aplicada). INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

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, USA**. Academic Press. vol. 55, p.661-674. May 2001.

ROSS, T.; VAUGHAN, G.; ENGERT, A.; PETERS, H.; BURNETT, G.E., May, A.J. Human factors guidelines for information presentation by route guidance and navigation systems (**DRIVE II V2008 HARDIE, Deliverable 19**). Loughborough, UK: HUSAT Research Institute. 1995.

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)**. Iran. ISSN 1818-4952. p.101-106. 2008.

SLOCUM, T.A. **Thematic cartography and visualization**. Upper-Saddle River, NJ: Prentice-Hal. 1999. 293p.

SWISS SOCIETY OF CARTOGRAPHY. **Cartography Generalization** (Topographic Maps). SSC, 61p. Zurich, 1977.

TSIMHONI, O.; GREEN, P. Visual Demand of Driving and the Execution of Display-Intensive, In-Vehicle Tasks. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society** 45th Annual Meeting. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society, CD-ROM. 2001.

TRBOVICH, P. L.; LINDGAARD, G.; DILLON, R. F. **Cybercartography: A Multimodal Approach**. p. 257-284. In: TAYLOR, F. **Cybercartography: Theory and Practice**. Amsterdam The Netherlands. 5nd ed. Cap. 11. 575p. 2005.

UANG, S. T.; HWANG, S. L. Effects on driving behavior of congestion information and of scale of in-vehicle navigation systems. **Transportation Research Part**. Taiwan. vol. 11. p.423–438. Oct. 2003.

ULUGTEKIN, N. N; DOGRU, A. O; THOMSON, R. C. Modelling Urban Road Networks Integrating Multiple Representations Of Complex Road And Junction Structures. **Proc. 12th Int. Conf. on Geoinformatics – Geospatial Information**. Research: Bridging the Pacific and Atlantic University of Gävle, Sweden, 7-9 June 2004.

XENARC. **Online Technical Support**. Disponível em: <<http://www.xenarc.com/>>. Acesso em: 20 maio de 2010.

WANG, Y.; MENG, H. A Multi-Scale Road Visualization Method In Navigable Database. **XXXVII Congress ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. Beijing, China. 3-11 July 2008.

WEINMAN, L.; WEINMAN, W. **Design criativo com HTML: um guia prático e Completo para design na web**. Ciência Moderna. Rio de Janeiro. 2002. 506p.

WICKENS, C. D.; et al., **An Introduction to Human Factors Engineering**. 2nd ed. New Jersey – USA. 2004.

SITES consultados em 2011:

www.mio.com;
<http://www.telesystem-world/>

APÊNDICES

APÊNDICE A – Representações produzidas para a tarefa de manutenção em rota.

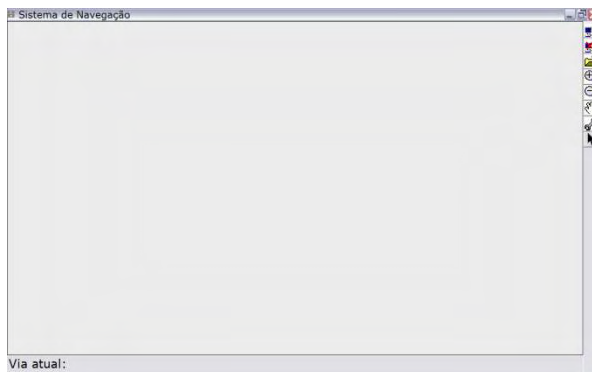


Figura A.1 – Tela inicial do SINGRA.

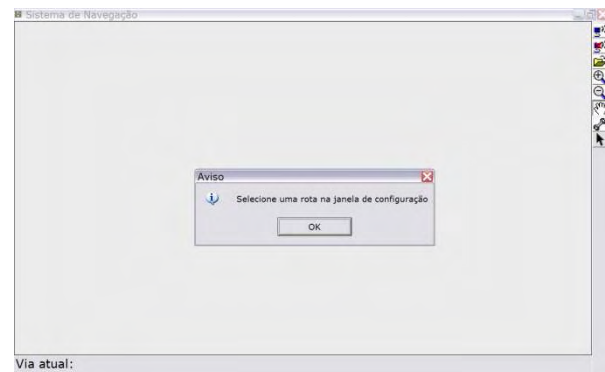


Figura A.2 – Tela de aviso para a seleção.

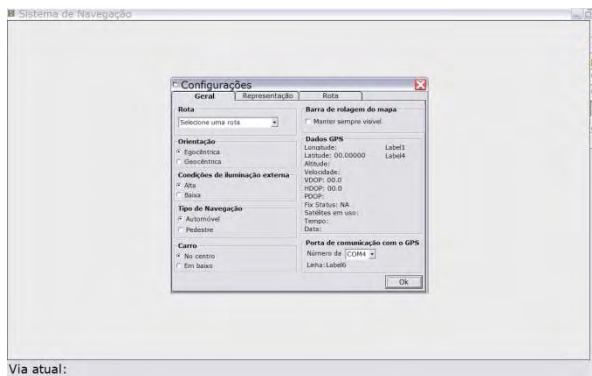


Figura A.3 – Tela de configuração da rota.



Figura A.4 – Mapa da cidade selecionada.



Figura A.5 – Mapa orientado para a direção do Norte, no início da navegação e no momento do disparo da mensagem sonora, a qual afirma o destino de interesse.



Figura A.6 – Mapa orientado para a direção egocêntrica, iniciando a tarefa de manutenção em trecho de rota. Escala 1/5.000.



Figura A.7 – Manobra 1. Escala 1/2.500.



Figura A.8 Manutenção em trecho de rota (1/5.000).



Figura A.9 – Manobra 2 (1/2.500).

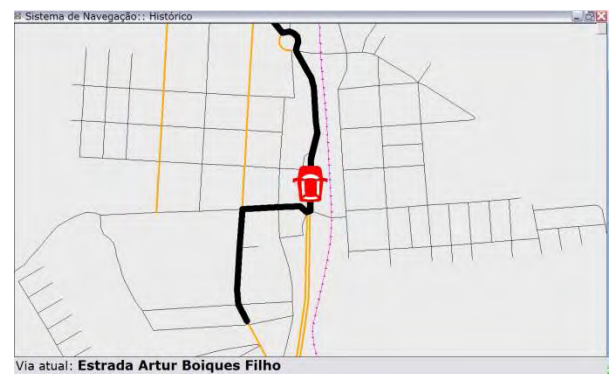


Figura A.10 Manutenção em trecho de rota (1/10.000).

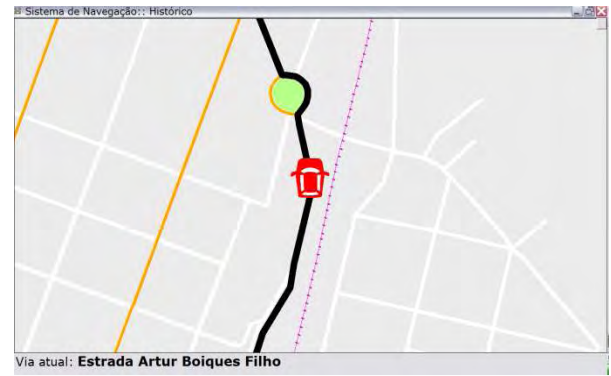
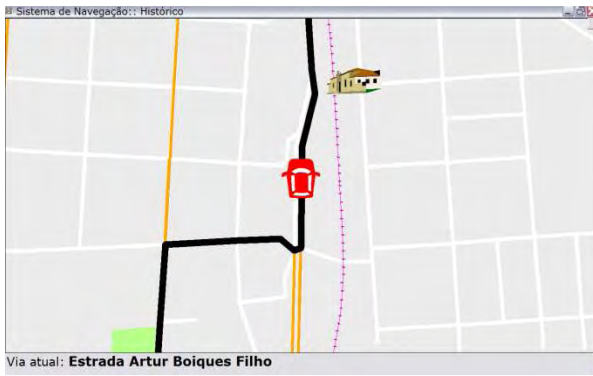


Figura A.11 e 12 - Manutenção em trecho de rota (1/5.000).

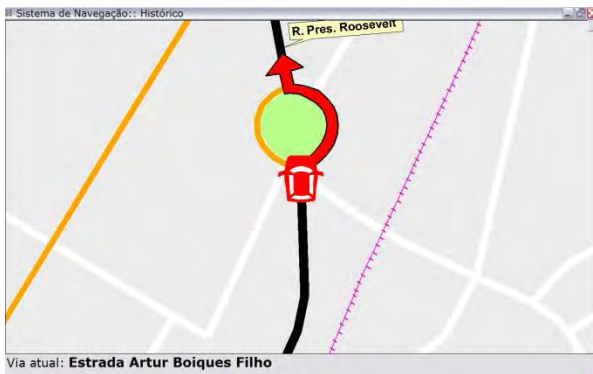


Figura A.13 e 14 – Manobra 3. Escala 1/2.500.

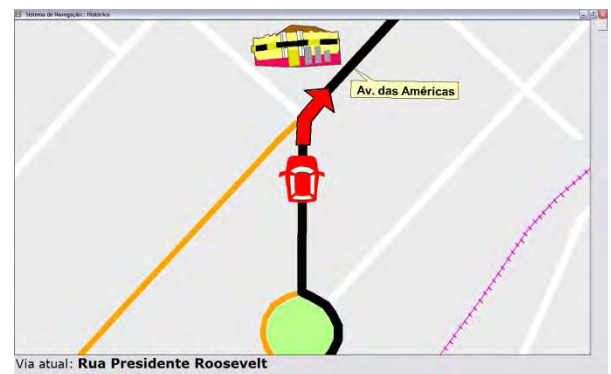


Figura A.15 - Manutenção em trecho de rota (1/5.000).

Figura A.16 – Manobra 4 (1/2.500).



Figura A.17- Manutenção em trecho de rota (1/5.000).

Figura A.18 – Manobra 5 (1/2.500).



Figura A.19 - Manutenção em trecho de rota (1/5.000).

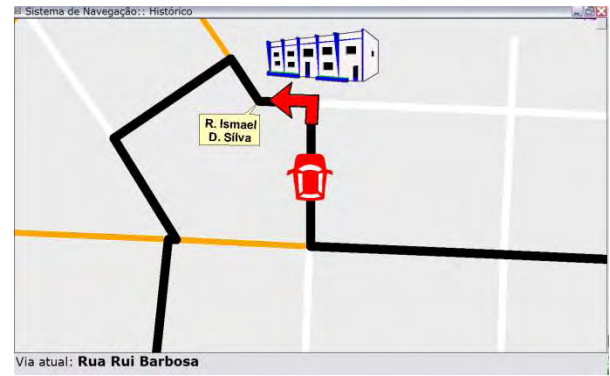


Figura A. 20 – Manobra 6 (1/2.500).



Figura A. 21- Preparação para a manobra 7 (1/2.500).



Figura A. 22 – Manobra 7 (1/1.000).



Figura A. 23 - Manutenção em trecho de rota (1/5.000).



Figura A. 24 - Manobra 8 (1/2.500).



Figura A. 25 - Manutenção em trecho de rota (1/5.000).



Figura A. 26 - Manobra 9 (1/2.500).



Figura A. 27 - Manutenção em trecho de rota (1/5.000).

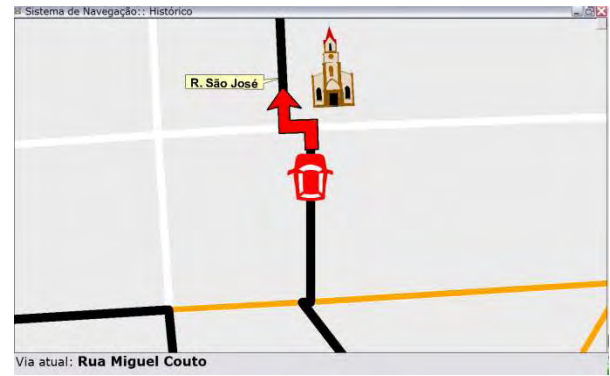


Figura A. 28 - Manobra 10 (1/2.500).



Figura A. 29 - Manutenção em trecho de rota (1/5.000).



Figura A. 30 - Manobra 11 (1/2.500).



Figura A. 31 e 32 - Manutenção em trecho de rota. Escala 1/10.000 em 31 e escala 1/5.000 em 32.



Figura A. 33 – Manobra 12 (1/2.500).



Figura A.34 Manutenção em trecho de rota (1/5.000).

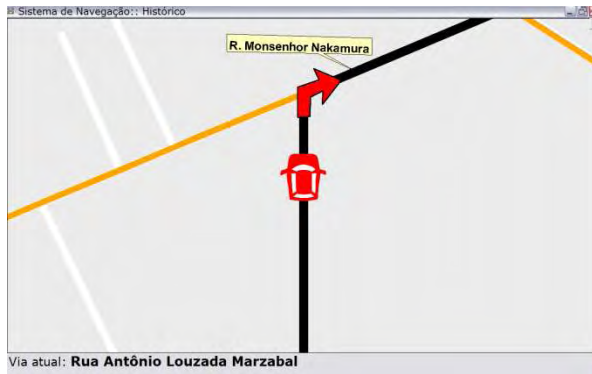


Figura A. 35 – Manobra 13 (1/2.500).

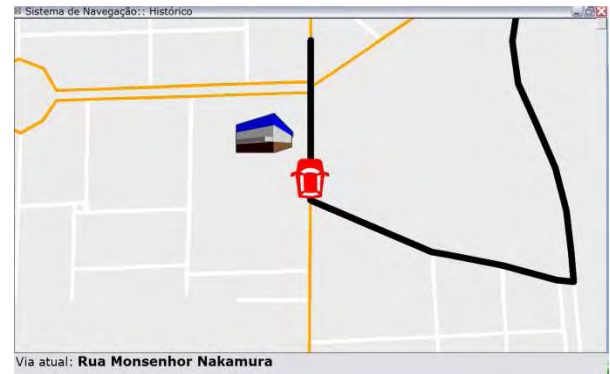


Figura A.36 Manutenção em trecho de rota (1/5.000).

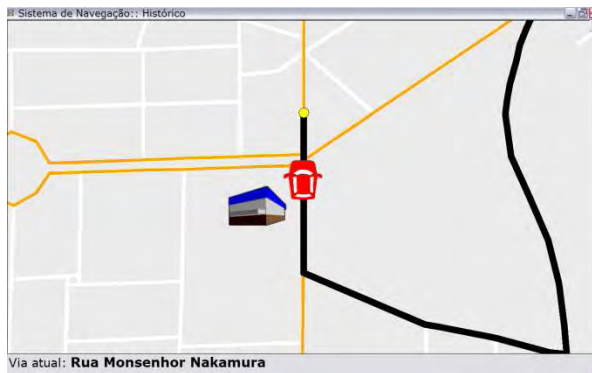


Figura A.37 - Mapa na escala 1/5.000 no momento do disparo da mensagem sonora para informar que o destino encontra-se a 100 metros.

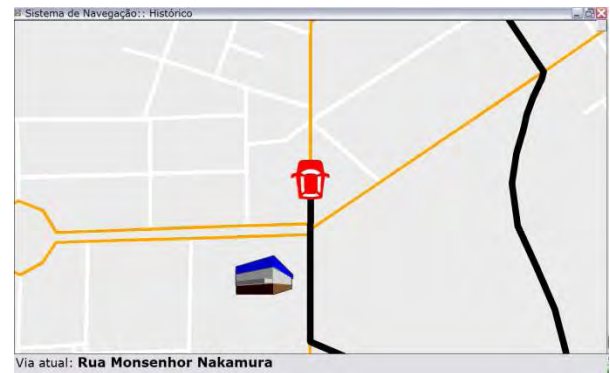


Figura A.38 - Mapa na escala 1/5.000 no momento do disparo da mensagem sonora para informar que chegou ao destino.

APÊNDICE B – Procedimentos implementados para a apresentação da informação áudio-dinâmica em múltiplas escalas automáticas no SINGRA.

B.1 Função de conexão com o banco de dados geográficos

Function ConectaBaseDadosMachado() **As Boolean** → *Esse procedimento faz a conexão com o banco de dados que contém os arquivos shapefile*

ConectaBaseDadosMachado = False → *Supõe que não há nenhuma conexão estabelecida*
 dcnConexao.Database = App.Path + "\BaseDadosMachado" → *Faz a conexão com a base de dados*
 ConectaBaseDadosMachado = True → *Supõe que há nenhuma*

Exit Function

B.2 Procedimento para inserir um arquivo shapefile no componente *Map* do *MapObjects*

Private Sub AdicionaTema(strNomeTema **As String**, strApelidoTema **As String**, booVisibilidade **As Boolean**) → *Esse procedimento adiciona no componente Map um novo layer*

Dim oDataset **As MapObjects2.GeoDataset** → *variável que conectará o banco de dados geográfico ao layer*

Set oDataset = dcnConexao.FindGeoDataset(strNomeTema) → *verifica se o layer procurado encontra-se no banco de dados geográfico*

If oDataset **Is Nothing** **Then** **Exit Sub** → *se o layer não existe na base, termina o procedimento*

Set IryTema = **New MapLayer** → *cria um novo layer*

IryTema.**GeoDataset** = oDataset → *se o layer existe, então o objeto "oDataset" aponta para shape*

IryTema.**Visible** = booVisibilidade → *configura a propriedade de visibilidade do layer*

mapDisp.**Layers.Add** IryTema → *adiciona o arquivo shape ao Map*

End Sub

B.3 Renderização das feições e especificação dos atributos gráficos dos temas

B.3.1 Renderização do símbolo de automóvel

Public Sub RenderizaSimboloAutomovel(Escala **As String**) → *Esse procedimento especifica as características (cor, tamanho, fonte...) do símbolo do automóvel na escala 1/10.000.*

If Escala = "10000" **Then**

Obs.: esses são as especificações do símbolo do automóvel

With symAutomovel → *indica o nome do objeto criado da classe de Símbolo da biblioteca MO*

.Font = "Mapa Dinamico Rodoviario" → *indica o nome do símbolo na pasta FONTE do Windows*

.SymbolType = moPointSymbol → *indica a geometria do símbolo, neste caso símbolo de ponto*

.Style = moTrueTypeMarker → *indica o tipo de fonte do símbolo, neste caso TrueTypeMaker*

.CharacterIndex = 101 → *indica o número do índice utilizado para acessar o símbolo*

.CenterOnAscent = True → *indica a posição do símbolo no mapa, neste caso o centro*

.Color = moRed → indica a cor do símbolo, neste caso, a cor vermelha
 .Size = 95 → tamanho do símbolo na unidade de pontos

End With

Obs.: esses são as especificações do fundo utilizado para representar o automóvel no mapa

With symFundoAutomovel → indica o nome do objeto criado da classe de Símbolo da biblioteca MO
 .Font = "Mapa Dinamico Rodoviario" → indica o nome do símbolo na pasta FONTE do Windows
 .SymbolType = moPointSymbol → indica a geometria do símbolo, neste caso símbolo de ponto
 .Style = moTrueTypeMarker → indica o tipo de fonte do símbolo, neste caso TrueTypeMaker
 .CharacterIndex = 99 → indica o número do índice utilizado para acessar o símbolo
 .CenterOnAscent = True → indica a posição do símbolo no mapa, neste caso o centro
 .Color = moWhite → indica a cor do símbolo, neste caso, a cor branca
 .Size = 95 → tamanho do símbolo na unidade de pontos

End With

End If

End Sub

Obs.: Essas renderização apresentada para o automóvel na escala 1/10.000 também foi aplicada para os demais símbolos nas escalas (1/5.000, 1/2.500 e 1/1.000) de acordo as especificações do projeto gráfico.

B.3.2 Renderização da rota

Public Sub RenderizaTrechoRota(strNomeRota As String) → Esse procedimento especifica as características da rota para cada escala considerada.

Dim l As MapObjects2.MapLayer → variável (l) que receberá a nova camada (layer) criada

Set l = mapDisp.Layers(strNomeRota) → indica qual shapefile (strNomeRota) o layer l receberá

Select Case strNomeRota → Aplica as especificações gráficas pelo nome do arquivo shapefile

Case "rota_2500" → Seleciona o arquivo shape que contém a rota a ser apresentada em 1/2.500

l.Visible = True → indica que o layer será visível

l.Symbol.SymbolType = moLineSymbol → indica a geometria do símbolo, neste caso linha

l.Symbol.Style = moSolidLine → indica o estilo da linha, neste caso, sólida

l.Symbol.Color = moBlack → indica a cor da linha, neste caso, preta

l.Symbol.Size = 22 → indica a espessura da linha

Case "rota_1000" → Seleciona o arquivo shape que contém a rota a ser apresentada em 1/1.000

l.Visible = True → indica que o layer será visível

l.Symbol.SymbolType = moLineSymbol → indica a geometria do símbolo, neste caso linha

l.Symbol.Style = moSolidLine → indica o estilo da linha, neste caso, sólida

l.Symbol.Color = moBlack → indica a cor da linha, neste caso, preta

l.Symbol.Size = 25 → indica a espessura da linha

Case "rota_5000" → Seleciona o arquivo shape que contém a rota a ser apresentada em 1/5.000

l.Visible = True → indica que o layer será visível

l.Symbol.SymbolType = moLineSymbol → indica a geometria do símbolo, neste caso linha

l.Symbol.Style = moSolidLine → indica o estilo da linha, neste caso, sólida

l.Symbol.Color = moBlack → indica a cor da linha, neste caso, preta

l.Symbol.Size = 16 → indica a espessura da linha

Case "rota_10000" → Seleciona o arquivo shape que contém a rota a ser exibida em 1/10.000

l.Visible = True indica que o layer será visível

l.Symbol.SymbolType = moLineSymbol → indica a geometria do símbolo, neste caso linha

l.Symbol.Style = moSolidLine → indica o estilo da linha, neste caso, sólida

l.Symbol.Color = moBlack → indica a cor da linha, neste caso, preta

l.Symbol.Size = 15 → indica a espessura da linha

End Select

mapDisp.Refresh → comando que faz a atualização do mapa

End Sub

B.3.3 Renderização dos pontos de referência

Private Sub RenderizaLandmarks(strNomeTema **As String**, strApelidoTema **As String**) → *Esse procedimento seleciona um ponto de referência específico para ser renderizado (atribuição das características gráficas do símbolo) e cria um registro de renderização.*

Set mapDisp.Layers(strNomeTema).Renderer = **New MapObjects2.ValueMapRenderer**

Select Case strApelidoTema → *Aplica as especificações gráficas pelo apelido do arquivo shapefile*

Case "Banco do Brasil" → *Arquivo shape que receberá as especificações gráficas*

With mapDisp.Layers(strNomeTema).Renderer → *O layer passa a ser acessado como um registro, de modo que a renderização é realizada pelo itens do registro.*

.SymbolType = moFillSymbol → *indica a geometria do símbolo, neste caso polígono*

.Field = "cor" → *indica o acesso à coluna "cor" na tabela dbf do arquivo shape*

.ValueCount = 3 → *indica que o símbolo é composto por três partes*

.Value(0)="amarelo claro" → *indica a cor da 1ª parte do símbolo no campo "cor" da tabela dbf*

.Symbol(0).Color = RGB(255, 255, 0) → *indica a atribuição da cor para a 1ª parte do símbolo*

.Symbol(0).Outline = False → *indica que o contorno do símbolo não será apresentado*

.Value(1)="amarelo medio" → *indica a cor da 2ª parte do símbolo na tabela dbf*

.Symbol(1).Color = RGB(255, 255, 0) → *indica a atribuição da cor para a 2ª parte do símbolo*

.Symbol(1).Outline = False → *indica que o contorno do símbolo não será apresentado*

.Value(2) = "azul" → *indica a cor da 3ª parte do símbolo no campo "cor" da tabela dbf*

.Symbol(2).Color = RGB(0, 0, 253) → *indica a atribuição da cor para a 3ª parte do símbolo*

.Symbol(2).Outline = False → *indica que o contorno do símbolo não será apresentado*

End With

End Select

End Sub

Obs.: Essa renderização apresentada para o ponto de referência Banco do Brasil também foram aplicadas para todos os demais pontos de referência considerados no projeto cartográfico.

B.3.4 Renderização dos demais temas da base de dados

Private Sub RenderizaTemasBaseMachado(strNomeTema **As String**, strApelidoTema **As String**) → *Esse procedimento aplica a renderização a cada arquivo shape que compõe as representações.*

Dim l **As** MapObjects2.MapLayer → *variável (l) que receberá a nova camada (layer) criada*

Set l = mapDisp.Layers(strNomeTema) → *indica qual shapefile a camada l receberá*

Select Case strApelidoTema → *Aplica as especificações gráficas pelo apelido do arquivo shape*

Case "Rota final 2500" → *Seleciona o arquivo shape pelo apelido do tema*

l.Visible = False → *indica que o layer não será visível neste momento*

Case "Rota final 5000" → *Seleciona o arquivo shape pelo apelido do tema*

l.Visible = False → *indica que o layer não será visível neste momento*

Case "Rota final 10000" → *Seleciona o arquivo shape pelo apelido do tema*

l.Visible = False → *indica que o layer não será visível neste momento*

Case "InicioFimRota" → *Seleciona o arquivo shape pelo apelido do tema*

l.Symbol.SymbolType = moFillSymbol → *indica a geometria do símbolo, neste caso polígono*

l.Symbol.Style = moSolidFill → *indica o estilo do polígono, neste caso, preenchido*

l.Symbol.Color = RGB(255, 255, 0) → *indica a cor do polígono, neste caso, amarela*

l.Symbol.Outline = True → *indica que o contorno do símbolo será apresentado*

l.Symbol.OutlineColor = moBlack → *indica a cor do contorno do símbolo, neste caso preta*

l.Symbol.Size = 18 → *indica o tamanho do raio do símbolo de polígono*

.

.

.

Obs.: Essa renderização consiste na apresentação de um fundo para o ponto de referência com um contorno em cinza claro.

Case "Loja Rosa Fundo", "Polícia Militar Fundo", "Banco do Brasil Fundo", "Estacao Ferroviaria Fundo", "Mercado Fundo", "Igreja Fundo", "Prefeitura Fundo", "Posto Petrobras Fundo", "Caixa

de agua Fundo", "Ginasio de Esporte Fundo", "Ponto de onibus Fundo", "Semaforo Fundo", "Mercado Fundo", "Policia"

With mapDisp.**Layers**(strNomeTema).**Renderer**

I.Symbol.SymbolType = moFillSymbol → *indica a geometria de polígono do símbolo*

I.Symbol.Style = moSolidFill → *indica o estilo do polígono, neste caso, preenchido*

I.Symbol.Color = RGB(235, 235, 235) → *indica a cor do polígono, neste caso, cinza claro*

I.Symbol.Outline = True → *indica que o contorno do símbolo será apresentado*

I.Symbol.OutlineColor = moDarkGray → *indica a cor cinza claro do contorno do símbolo*

I.Symbol.Size = 4 → *indica o tamanho do raio do símbolo de polígono*

End With

End Select

End Sub

Obs.: A renderização foi aplicada para todos os demais arquivos shape que foram utilizados na produção das representações áudio-dinâmicas.

B.4 Procedimento que altera os atributos em função da escala de visualização estabelecida

Sub AlteraAtributos(Escala **As String**) → *Esse procedimento realiza a alteração da escala do mapa, bem como dos elementos gráficos referentes à essa escala.*

If Escala = "5000" **Then**

mapDisp.**Extent** = mapDisp.**Layers**("retangulo_escala5000").**Extent**

CalculaNovoCentroMapa pntPontoGPS → *chama a função que calcula o centro do mapa*

Set lseta = mapDisp.**Layers**("rota_10000") → *função que seleciona a shape de interesse*

lseta.**Visible** = False → *propriedade que faz a shape torna-se invisível no mapa*

Set lseta = mapDisp.**Layers**("ferrovia_5000") → *função que seleciona a shape de interesse*

lseta.**Visible** = True → *propriedade que faz a shape torna-se visível no mapa*

Set lseta = mapDisp.**Layers**("ferrovia_2500") → *função que seleciona a shape de interesse*

lseta.**Visible** = False → *propriedade que faz a shape torna-se invisível no mapa*

Set lseta = mapDisp.**Layers**("ferrovia_trilhos") → *função que seleciona a shape de interesse*

lseta.**Visible** = False → *propriedade que faz a shape torna-se invisível no mapa*

Set lseta = mapDisp.**Layers**("ferrovia_trilhos_10000") → *função que seleciona a shape*

lseta.**Visible** = False → *propriedade que faz a shape torna-se invisível no mapa*

Set lseta = mapDisp.**Layers**("ferrovia_trilhos_5000") → *função que seleciona a shape*

lseta.**Visible** = True → *propriedade que faz a shape torna-se visível no mapa*

Set lseta = mapDisp.**Layers**("rota_5000") → *função que seleciona a shape de interesse*

lseta.**Visible** = True → *propriedade que faz a shape torna-se visível no mapa*

Set lseta = mapDisp.**Layers**("rota_2500") → *função que seleciona a shape de interesse*

lseta.**Visible** = False → *propriedade que faz a shape torna-se invisível no mapa*

Set lseta = mapDisp.**Layers**("rota_1000") → *função que seleciona a shape de interesse*

lseta.**Visible** = False → *propriedade que faz a shape torna-se invisível no mapa*

Set lseta = mapDisp.**Layers**("eixo_central_10000_generalizado") → *função que seleciona a shape de interesse*

lseta.**Visible** = False → *propriedade que faz a shape torna-se invisível no mapa*

Set lseta = mapDisp.**Layers**("via_dupla_5000") → *função que seleciona a shape de interesse*

lseta.**Visible** = True → *propriedade que faz a shape torna-se visível no mapa*

Set lseta = mapDisp.**Layers**("via_dupla_2500") → *função que seleciona a shape de interesse*

lseta.**Visible** = False → *propriedade que faz a shape torna-se invisível no mapa*

Set lseta = mapDisp.**Layers**("RuasPrincipais_dupla") → *função que seleciona a shape*

lseta.**Visible** = False → *propriedade que faz a shape torna-se invisível no mapa*

Set lseta = mapDisp.**Layers**("RuasPrincipais_dupla_5000") → *função que seleciona a shape*

lseta.**Visible** = True → *propriedade que faz a shape torna-se visível no mapa*

Set lseta = mapDisp.**Layers**("RuasPrincipais_simples") → *função que seleciona a shape*

lseta.**Visible** = False → *propriedade que faz a shape torna-se invisível no mapa*

```

Set lseta = mapDisp.Layers("area_verde") → função que seleciona a shape de interesse
lseta.Visible = True → propriedade que faz a shape torna-se visível no mapa
Set lseta = mapDisp.Layers("Nome_AreaVerde") → função que seleciona a shape de interesse
lseta.Visible = True → propriedade que faz a shape torna-se visível no mapa
Set lseta = mapDisp.Layers("Nome_AreaVerde2") → função que seleciona a shape de interesse
lseta.Visible = True → propriedade que faz a shape torna-se visível no mapa

```

Obs.: O procedimento aplicado à escala 1/5.000 também foi considerado para as demais escalas. No entanto, a omissão dos elementos foi realizada em função da escala do mapa, de acordo com o proposto no projeto cartográfico.

B.6 Procedimento de disparo do comando de voz

Sub TocaAlerta(strNomeAudio **As String**, ponto **As String**) → *Esse procedimento realiza o disparo do comando de voz em função do número da manobra*

```

Dim result → declaração da variável que conterà a mensagem de voz a ser disparada
If ponto = "0" Then → Teste de condição para a verificação da mensagem sonora a ser exibida
    result = winAlarme(App.Path + "\sons\beeps\" + strNomeAudio, 1) → indicação do caminho na
    base de dados, bem como o nome da instrução que deve ser apresentada
Elseif ponto = "4" Then
    result = winAlarme(App.Path + "\sons\beeps\" + strNomeAudio, 1)
    .
    .
    .
End If
Set result = Nothing
End Sub

```

Obs.: O procedimento foi aplicado considerando o teste para cada uma das manobras, bem como para as mensagens de partida e chegada ao ponto de interesse.