

# CONSTRUÇÃO DE VÍDEOS DE ROTAS DE VEÍCULOS ATRAVÉS DA COMPOSIÇÃO DE SEGMENTOS DE VÍDEOS GEORREFERENCIADOS

Marcos Silva Sousa \*

Jorge Campos \*\*

## Resumo

Mapeamento e roteamento são, de longe, os serviços de informações geográficas mais populares na Web. Os usuários comuns se sentem confortáveis em consultar mapas da rede viária através dos serviços de roteamento para solicitar a melhor rota para ir de um lugar para outro. A Web 2.0 oferece novos mecanismos para apoiar e motivar as pessoas para produzir e compartilhar conteúdos digitais através de redes sociais. A produção de vídeos georreferenciados por meio de veículos que utilizam as estradas torna-se uma fonte notável de informação que pode ser combinada com os sistemas de roteamento para proporcionar não apenas uma visualização da rota no mapa, mas um filme com todo o percurso do itinerário a ser feito. Este trabalho apresenta uma metodologia para produção de vídeos de rotas com base na segmentação e composição de vídeos georreferenciados. Espera-se que a apresentação do percurso em um mapa combinado com o vídeo da rota possa melhorar a assimilação do trajeto a ser feito pelos usuários.

**Palavras-Chave:** Sistemas de Informação Geográfica; Web 2.0; Vídeo Georreferenciado.

## Abstract

Mapping and routing are by far the most popular geographic information services on the Web. Ordinary users are very comfortable in consulting maps of the road network and to request the best route to go from place to place. The Web 2.0 provides new mechanisms to support and motivate people to produce and shared digital content through social networks. The production of georeferenced video of vehicles running on the road forms a notable source of information that can be combined with routing system to provide not only directions of a route but a movie of the selected route. This paper presents a methodology to produce video of routes based on the segmentation and composition of georeferenced videos. It is expected that the presentation of the route on a map combined with the video of the route will enhance users' assimilation of the route.

**Keywords:** Geographic Information Systems; Web 2.0; Georeferenced Video.

## 1 INTRODUÇÃO

Há décadas pesquisadores realizam estudos e desenvolvem ferramentas para demonstrar e registrar por meio de representações gráficas o dinamismo das mudanças temporais do nosso planeta. Os mapas são de longe os métodos mais utilizados pelas pessoas para conhecer e representar o seu espaço, incluindo tudo que o cerca. É através dos mapas que as pessoas se localizam e conseguem se deslocar de uma região para outra.

Com a evolução da tecnologia, a cartografia tradicional migrou da apresentação estática de mapas em papel para a apresentação na forma digital de mapas dinâmicos,

---

\* Mestrando do Programa de Pós-graduação em Sistemas e Computação – Universidade Salvador (UNIFACS), jrc.marcos@gmail.com.

\*\* Coordenador do Grupo de Aplicações e Análises Geoespaciais – GANGES, Professor do Mestrado em Sistemas e Computação – Universidade Salvador (UNIFACS), jorge@unifacs.br.  
Proceedings of the XII SIBGRAPI (October 1999) 101-104.

tridimensionais e enriquecidos com recursos multimídia. A cartografia digital experimenta uma mudança ainda mais radical com o advento da Internet e a popularização dos Sistemas de Informações Geográficas na Web (SIGWeb). De um modo geral, um SIGWeb é caracterizado por uma interface simples e intuitiva com funcionalidades básicas para manipulação e controle do conteúdo do mapa. A facilidade de utilização por pessoas não especializadas, associada ao poder de disseminação dos dados geográficos constitui-se como os principais fatores na popularização destes tipos de Sistemas.

Os SIGWeb têm apresentado um formidável crescimento nos últimos anos, tornando-se um dos sistemas mais utilizados na disponibilização e disseminação de dados geográficos na Internet. Os SIGWebs, em geral, são caracterizados por uma interface fácil e intuitiva para a apresentação de mapas temáticos. A esta característica são acrescentadas algumas funcionalidades básicas para manipulação e controle do conteúdo apresentado no mapa. A facilidade de uso pelo público não especializado em conjunto com o poder da comunicação cartográfica, constituem-se como os principais fatores na popularização desses sistemas.

Existem atualmente diversos SIGWeb, comerciais e livres, que oferecem diferentes níveis de serviços e recursos. O Open Street Map (OSM<sup>1</sup>) é uma iniciativa livre e aberta que visa à construção da malha viária do planeta através da contribuição voluntária dos seus usuários. O projeto OSM oferece ao público em geral a possibilidade de consultar a sua base de dados através de um SIGWeb. No SIGWeb do projeto é possível consultar o sistema viário detalhado de diversas cidades ao redor do mundo. A base de dados do projeto OSM é disponibilizada também para desenvolvedores que desejem utiliza-la no desenvolvimento dos seus próprios SIGWeb.

O projeto OSM agrega diversas iniciativas, igualmente públicas e abertas, que utilizam a base de dados de vias e oferece serviços especializados. Um dos projetos agregados mais conhecido é o Open Source Routing Machine (OSRM<sup>2</sup>), que estuda melhorias em algoritmos de menor caminho para oferecer serviços de roteamento na base de dados do OSM. Desta forma, o SIGWeb OSM oferece atualmente além das funcionalidades básica para manipulação de mapas, a funcionalidade de roteamento entre dois pontos, ou seja, de indicar a melhor rota entre duas localidades.

---

<sup>1</sup> <https://www.openstreetmap.org/>

<sup>2</sup> <http://project-osrm.org/>

Entre os SIGWeb privados que oferecem serviços de mapas e roteamento, destacam-se o *Bing Maps*<sup>3</sup> e o *Google Maps*<sup>4</sup>. Embora privados, estes sistemas não cobram pelos serviços básicos, como o serviço de roteamento, mas oferecem a possibilidade de aquisição de licenças comerciais para os usuários e empresas que desejem explorar recursos e serviços avançados. Um dos serviços gratuitos de maior impacto oferecido pelo *Google Maps*, por exemplo, incorpora recursos multimídia para enriquecer a visualização cartográfica e aumentar o entendimento e percepção do ambiente mapeado através de imagens fotográficas no nível do solo. O serviço denominado *Google Street View* utiliza imagens coletadas por veículos com sofisticados equipamentos de imageamento. Antes de serem disponibilizadas, as imagens coletadas passam por um processo complexo para turvar regiões que permitam a identificação de pessoas e veículos ao longo das vias. Finalmente, as imagens são armazenadas e indexadas em um banco de dados espacial de forma a permitir uma rápida recuperação e apresentação da visão panorâmica de 360 graus de qualquer ponto do mapa.

O uso combinado de mapas e imagens aumenta a capacidade do usuário de apropriar e se familiarizar com o ambiente geográfico. Quando combinado com os serviços de roteamento, as imagens estáticas ao longo da rota poderiam ser apresentadas sequencialmente, simulando um vídeo, dando ao usuário a sensação de está percorrendo a rota solicitada. Este cenário não é oferecido atualmente pelo *Google Maps* e não pode ser desenvolvido por pessoas ou pesquisadores que não estejam ligados a Google, tendo em vista que o acesso à base de dados do *Google Street View* ainda não está disponível ao público em geral ou aos assinantes dos serviços da Google.

O serviço de imagens oferecido pelo *Google Street View* não pode ser estendido de forma automática aos sistemas livres, gratuitos e baseados em contribuição voluntária dos usuários, a exemplo do OSM. O custo do equipamento utilizado na aquisição das imagens está fora do alcance da maioria dos usuários do sistema. Além disso, o processo de aquisição de imagens do *Google Street View* está condicionado a uma rigorosa metodologia que estabelece a forma e a densidade espacial na qual as imagens são coletadas. Esta metodologia é fundamental para garantir a uniformidade dos dados e facilitar o armazenamento e recuperação das imagens em banco de dados.

Uma possível solução para a criação de um banco de dados de imagens para SIGWebs abertos, livres e gratuitos é através da captura de vídeos georreferenciados. A popularização

---

<sup>3</sup> <https://www.bing.com/maps>

<sup>4</sup> <https://maps.google.com/>

dos dispositivos móveis equipados com GPS e câmeras de vídeo de alta resolução motivam as pessoas a registrarem suas viagens e posteriormente compartilharem suas experiências na Internet. Se os usuários do sistema forem incentivados a produzirem vídeos georreferenciados enquanto se deslocam pelas vias realizando suas atividades diárias ou viagens e submeterem esses vídeos a um repositório comum, em breve ter-se-ia uma formidável massa de dados com o vídeo registro da visão de dentro do veículo de um grande número de vias.

A combinação dos serviços de roteamento com o banco de dados de vídeos georreferenciados apresenta diversas vantagens e desafios. A principal vantagem é poder apresentar ao usuário um vídeo da rota definida pelo serviço de roteamento. Espera-se que as pessoas possam adquirir mais segurança ao memorizar previamente o itinerário a ser percorrido através de um vídeo associado a uma rota apresentada em um mapa. O principal desafio é a formação do vídeo da rota desejada baseada em um banco de dados de vídeos georreferenciados. É razoável se imaginar que é pouco provável que exista um vídeo na base de dados que corresponda a rota solicitada. Desta forma, será necessária a identificação de segmentos de vídeos que uma vez combinados produzam o vídeo desejado.

Este trabalho apresenta um modelo de dados e uma metodologia para compor um vídeo que represente a rota solicitada pelo usuário a partir da segmentação e composição dos vídeos georreferenciados armazenados em um banco de dados. O restante deste artigo está estruturado da seguinte maneira. A próxima seção discute os trabalhos relacionados e apresenta algumas soluções Web que integram de forma inovadora mapas e imagens. A seção 3 apresenta como os serviços de roteamento podem ser potencializados com os vídeos georreferenciados. A seção 4 apresenta o modelo e a metodologia para geração de vídeos da rota. A seção 5 apresenta uma avaliação experimental do projeto. A seção 6 apresenta a conclusão do trabalho.

## **2 TRABALHOS RELACIONADOS**

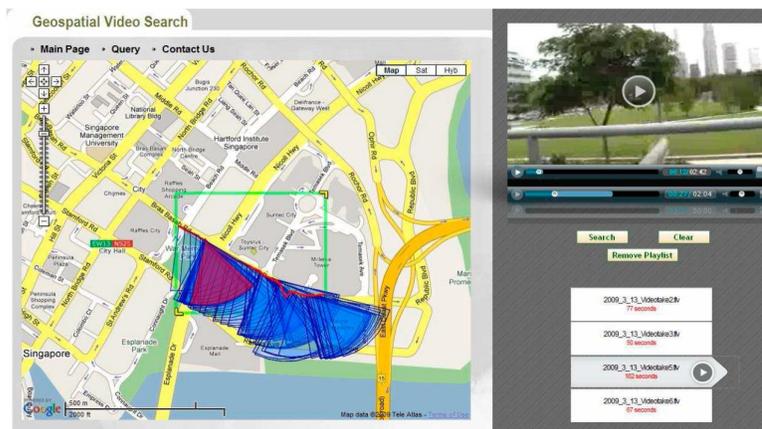
A evolução e a popularização da Internet e o crescimento do uso dos Sistemas de Informações Geográficas como ferramenta para tomada de decisão motivaram o desenvolvimento dos SIGWeb. Os SIGWeb representam um extraordinário salto cultural ao conferirem ao cidadão comum a capacidade de produzir e visualizar seus próprios mapas e realizar consultas espaciais, tarefas que eram exclusividades dos geógrafos e especialistas das diversas áreas (LONGLEY *et al.*, 2005).

Os sistemas de informações geográficas continuam despertando interesses dos pesquisadores, que estão sempre buscando enriquecer os serviços de mapeamento com o uso de imagens e vídeos georreferenciados. Pesquisas com este fim sempre tiveram destaques no cenário tecnológico e alguns destes projetos serão apresentados nesta seção.

Navarrete e Blat (2002) desenvolveram o projeto VideoGIS, que visa construir hipervídeos dinâmicos com base em conteúdos geográficos. Os autores descrevem o processo de indexação e segmentação dos vídeos, que são estruturados em documentos XML e contêm informações como a autoria, taxa de transmissão e as coordenadas geográficas de alguns quadros do vídeo. O sistema armazena os vídeos em um banco de dados PostgreSQL e utiliza uma variação da estrutura de árvore R para indexação espacial dos segmentos de vídeo. Esta indexação permite recuperar segmentos de vídeos e apresentá-los em um navegador Web de forma bastante eficiente.

Ay *et al.* (2009) criaram um sistema de busca de vídeos georreferenciados baseado em vídeos obtidos de forma colaborativa. Os vídeos capturados e submetidos por cidadãos comuns são armazenados em um banco de dados e disponibilizados para que as pessoas possam pesquisar informações sobre regiões geográficas de interesse. Neste sistema os vídeos contêm os mais variados cenários, como por exemplo: parques, ruas, edifícios, centros históricos, etc. O sistema permite que o usuário marque uma região de interesse em um mapa, e o motor de busca recupera os segmentos de vídeos que contenham cenas associadas ao local pesquisado (Figura 1).

Figura 1 - Aplicação Web para pesquisas de vídeos georreferenciados

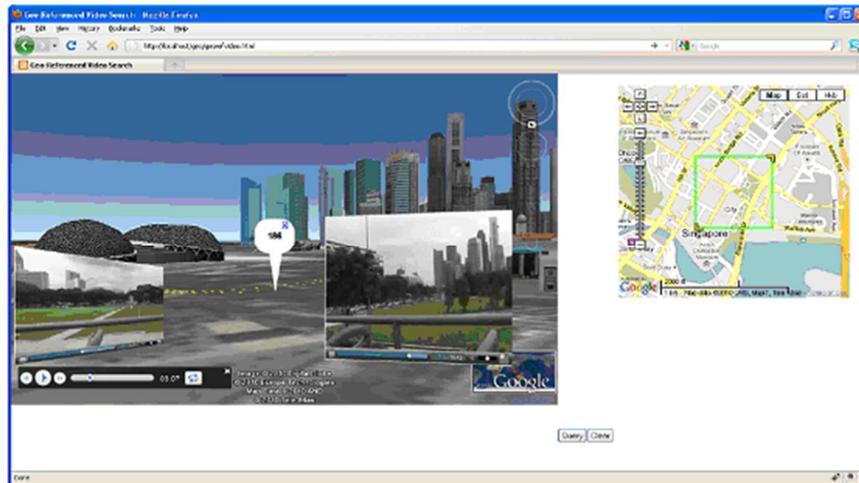


Fonte: AY *et al.*, 2009.

Zhang *et al.* (2010) descrevem em seu trabalho uma solução utilizando a abordagem de realidade aumentada, paradigma de visualização que combina imagens do mundo real e do mundo virtual. A solução desenvolvida por esses pesquisadores utiliza registros de vídeos

realizados por usuários voluntários para criar um banco de dados com os vídeos georreferenciados e apresentá-los em um ambiente virtual tridimensional. Como prova de conceito, os autores desenvolveram um sistema que incorpora no mesmo navegador o *Google Earth*, o *Google Maps* e um player que apresenta os vídeos associados à área selecionada no mapa (Figura 2).

Figura 2 - Vídeos georreferenciados encontrados através do Google Earth.



Fonte: ZHANG *et al.*, 2010

O trabalho de Chen e outros (2009) aborda a criação de um sistema que integra um mapa a vídeos automaticamente construídos a partir de imagens panorâmicas capturadas ao longo de uma rota. Durante a reprodução do vídeo, o sistema permite ao usuário um controle na velocidade do vídeo, assim como uma modulação no vídeo para realçar as curvas e pontos de interesse. O estudo de caso deste projeto evidenciou que o usuário obteve um reforço na memorização da rota ao percorrer previamente o vídeo do itinerário desejado (Figura 3).

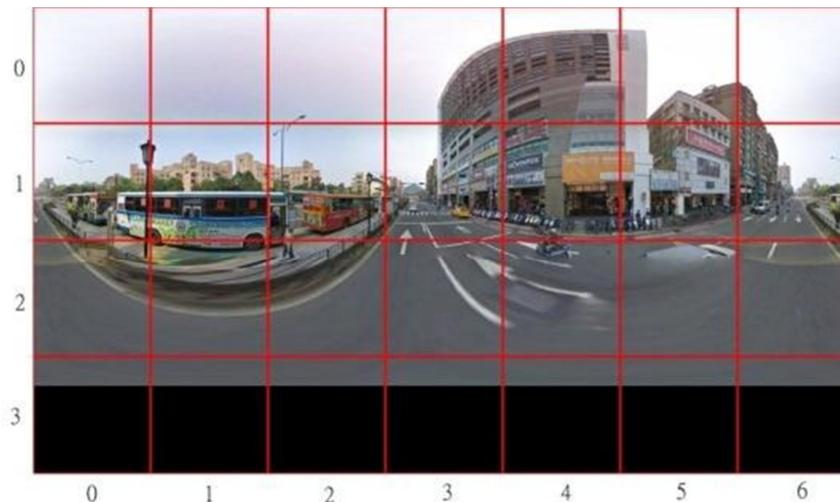
Figura 3 - Aplicação de mapa e vídeo integrado.



Fonte: (CHEN *et al.*, 2009).

Peng *et al.* (2010) apresentou em seu trabalho um sistema no qual utiliza o serviço de roteamento do *Google Maps* combinado com as imagens do *Google Street View* para disponibilizar um vídeo da rota solicitada. Os quadros do vídeo são as imagens das vias que são capturados e mantidos pela Google, permitindo ao usuário assistir previamente todo o trajeto no qual terão que percorrer para chegar ao seu destino. Este sistema costura cada imagem que representa o caminho a ser percorrido pelo usuário, a fim de permitir uma navegação suave e contínua da rota planejada (Figura 4).

Figura 4 - Imagem panorâmica combinada com cada quadro, separados por linhas vermelhas



Fonte: (PENG *et al.*, 2010)

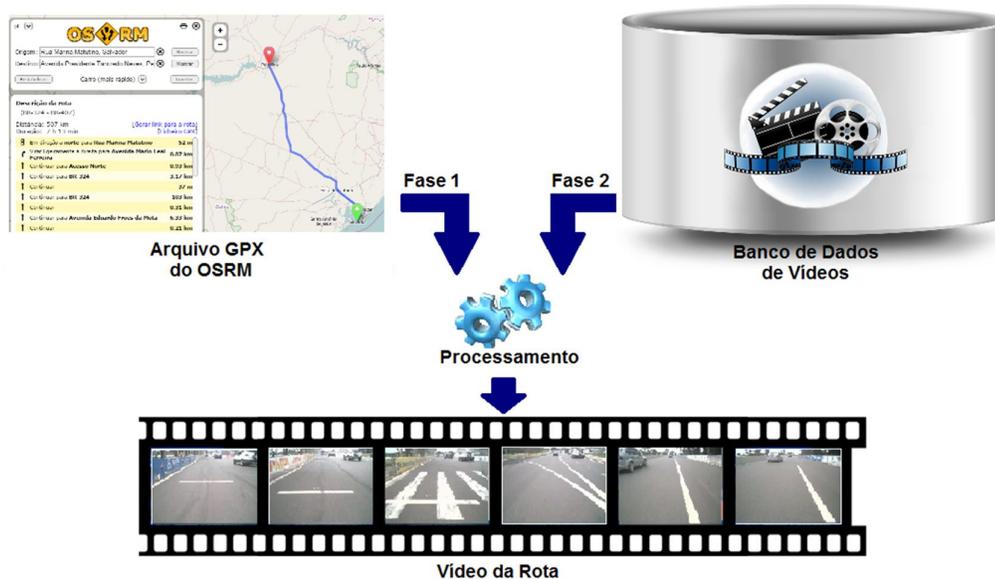
Os trabalhos realizados por Chen *et al.* (2009) e Peng *et al.* (2010) utilizam imagens estáticas da visão obtida ao nível do solo para os sistemas *Microsoft Virtual Earth* e do *Google Maps*, respectivamente. O resultado obtido por estes trabalhos é idêntico ao resultado que apresentamos neste artigo. A principal diferença dos trabalhos relacionados é que estes são baseados em imagens estáticas coletadas por produtores formais de dados geográficos. O processo de captura é extremamente sofisticado e caro. Além disso, as imagens produzidas pela Google e Microsoft não estão disponíveis ainda para o uso gratuito ou mesmo através de licenças comerciais. Finalmente, as soluções apresentadas por Chen *et al.* (2009) e Peng *et al.* (2010) ainda não foram disponibilizadas pelas empresas detentoras das imagens, ficando somente como interessantes provas de conceito.

Este trabalho utiliza o sistema de roteamento do OSM e apresenta o vídeo da rota selecionada através da segmentação e concatenação de vídeos georreferenciados gerados e disponibilizados de forma voluntária por produtores informais de dados.

### 3 SERVIÇOS DE ROTEAMENTO E VÍDEOS GEORREFERENCIADOS

A interação entre o usuário e os sistemas de roteamento é normalmente limitada. Os usuários desses sistemas geralmente ficam restritos a visualizar imagens estáticas do caminho solicitado em um mapa e a descrição textual com as instruções das movimentações a serem executadas ao longo da rota solicitada. A adição do vídeo da rota a ser percorrida permite ao usuário uma familiarização mais natural com o percurso a ser realizado, dando a sensação de já ter realizado o itinerário proposto anteriormente (SERRA, 2014). O objetivo principal deste trabalho é apresentar uma metodologia para a utilização de vídeo georreferenciados com a movimentação de um veículo ao longo do sistema viário para produzir um vídeo que reflita uma rota obtida de algum tipo de serviço de roteamento. Desta forma, a matéria prima para a obtenção do referido objetivo é a informação detalhada do itinerário a ser executado e vídeos do sistema viário da região onde será feito o deslocamento para serem combinados para mostrar o caminho a ser percorrido (Figura 5).

Figura 5 - Processo de Geração dos Vídeos



Para a obtenção de informações do itinerário, existem diversos serviços de roteamento na Web, onde o usuário define os locais de partida e de destino e um algoritmo de menor, ou melhor, caminho apresenta o itinerário a ser percorrido. Como este projeto é baseado em iniciativas livres e abertas, optou-se por utilizar como mapa de base e como serviço de roteamento o projeto o Open Street Maps (OSM).

O projeto OSM é desenvolvido por uma comunidade de voluntários que tem o objetivo de disponibilizar dados geográficos, livres e gratuitos, sobre as malha viária de todo o planeta. Os dados da malha viária são coletados e submetidos de forma voluntária para um repositório de dados geográficos. Estes dados são validados por usuários também voluntários, mas com um nível de expertise e confiabilidade mais avançado do que os usuários comuns. Os dados após tratamento e verificação são disponibilizados de forma livre e gratuita.

A base de dados do projeto OSM subsidia diversos projetos igualmente livres e gratuitos. O projeto OSRM é uma iniciativa que disponibiliza o serviço de roteamento da base de dados OSM e além de mostrar o rastro da rota solicitada pelo usuário, permite também que se faça a extração, através de um arquivo XML (Figura 6), das coordenadas de cada ponto ao longo da rota resultante (COSTA, 2011).

Figura 6 - Estrutura do arquivo GPX extraído do serviço de roteamento OSRM

---

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<gpx xsi:schemaLocation="http://www.topografix.com/GPX/1/1 gpx.xsd"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns="http://www.topografix.com/GPX/1/1"
version="1.1" creator="OSRM Routing Engine">
  <metadata>
    <copyright author="Project OSRM">
      <license>Data (c) OpenStreetMap contributors (ODbL)</license>
    </copyright>
  </metadata>
  <rte>
    <rtept lon="-40.844440" lat="-14.904477"/>
    <rtept lon="-40.844434" lat="-14.904695"/>
    <rtept lon="-40.844421" lat="-14.905579"/>
    .....
  </rte>
</gpx>

```

---

A outra fonte de dados para a geração do vídeo da rota é a base de dados de vídeos georreferenciados. Assumimos que os vídeos serão gerados de forma voluntária e submetidos a um repositório que irá estruturar e indexar estas informações. Este repositório irá ser construído na medida em que os usuários percebam a sua utilidade e decidam submeter os seus vídeos georreferenciados de forma voluntária.

A ideia deste projeto, entretanto, surgiu de uma parceria entre o Grupo de Aplicações e Análises Geoespaciais (GANGES) do Mestrado em Sistemas e Computação da Unifacs, do

Laboratório de Geotecnia da Escola Politécnica da UFBA e da SEINFRA/SIT - Superintendência de Infraestrutura de Transportes do Governo do Estado da Bahia, para a realização de Pesquisa e Desenvolvimento de Sistemas de Computação Aplicados à Pavimentação.

Os sistemas desenvolvidos nessa parceria realizam a aquisição, sincronização e apresentação de dados sobre os pavimentos capturados através de diversos sensores e equipamentos. No contexto deste trabalho, destacamos os dados obtidos através de um mecanismo de posicionamento e câmeras de vídeo. O sistema de posicionamento global (GPS) coleta as coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) de todo o trajeto do veículo na rodovia. Com a sincronização dos dados do GPS com os dados dos outros equipamentos é possível o georreferenciamento de todos os dados coletados. As câmeras de vídeo registram as condições das estradas ao longo de todo o percurso. Estes dados serão utilizados, a posteriori, para anotações de anomalias e características visuais do pavimento.

O Sistema Integrado de Aquisição (SIAq) de dados de pavimentação encontra-se plenamente funcional e em uso. As informações obtidas através dos equipamentos representam uma formidável coleção de dados sobre as condições da malha viária. Estas informações, em especial os vídeos georreferenciados serão utilizados como base do sistema de geração de vídeos de rotas de veículos. Espera-se, em breve, a cobertura com vídeos georreferenciados da malha viária estadual e federal do estado da Bahia.

No que se refere à captura dos vídeos produzidas pelo SIAq, cada segmento de vídeo gera dois arquivos: um arquivo com o vídeo e outro arquivo, chamado de arquivo de sincronização, que contém as informações para o georreferenciamento do vídeo.

O arquivo de sincronização é um arquivo texto simples com dados que associam informações de alguns quadros do vídeo com informações obtidas do GPS (Figura 7). As primeiras cinco colunas do arquivo de sincronização são obtidas do GPS. Toda vez que o receptor GPS produz uma nova localização, o sistema recupera da câmera de vídeo o número e tempo do quadro do vídeo que está sendo gerado. O tempo neste caso é o número de segundos transcorridos tomando como origem o quadro inicial do vídeo.

Figura 7 - Trecho do arquivo de sincronização de um vídeo georreferenciado

Latitude	Longitude	Altitude	Velocidade	Data e Hora	Tempo Vídeo	Quadro Vídeo
-12,97983833	-38,4591	12	0,20372	26/11/2014 09:53	00:00:00.794	24
-12,97983833	-38,4591	12	0,20372	26/11/2014 09:53	00:00:01.801	54
-12,97983833	-38,4591	12	0,35188	26/11/2014 09:53	00:00:02.813	84
-12,97983667	-38,4591	12	0,35188	26/11/2014 09:53	00:00:03.874	116
-12,97983667	-38,4591	12	0,29632	26/11/2014 09:53	00:00:04.809	144

As informações contidas no arquivo de sincronização são triviais e podem ser obtidas facilmente por qualquer aplicação embarcada em um dispositivo móvel com uma câmera de vídeo e GPS. Este fato propicia que a coleta de vídeos georreferenciados do sistema viário possa ser feita por qualquer pessoa utilizando um *tablet* ou *smartphone*.

#### **4 MODELO DE DADOS E A METODOLOGIA PARA GERAÇÃO DE VÍDEO DA ROTA**

As informações básicas para geração do vídeo, isto é, os pontos da rota oriundos do OSRM e a coleção de vídeos georreferenciados possuem uma estrutura bastante rudimentar, o que dificulta a elaboração de algoritmos que processem e manipulem estes dados. De forma que estas informações possam ser processadas mais rápida e facilmente, faz-se necessária uma estruturação mínima desses dados.

Com o objetivo de estruturar as informações das fontes de dados, foi criado um modelo de dados para este projeto. O referido modelo foi materializado em um Sistema de gerenciamento de banco de dados PostgreSQL, com a extensão espacial PostGIS.

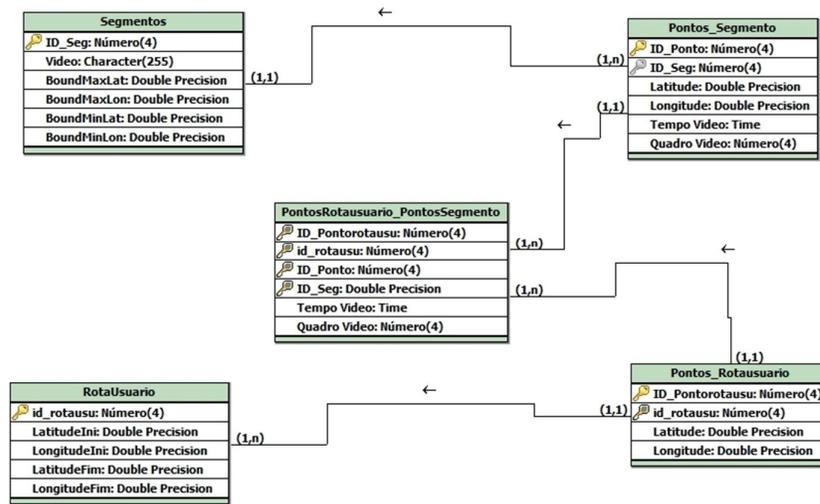
Após a definição do modelo de dados, foram desenvolvidos algoritmos para povoar as respectivas tabelas. As primeiras tabelas a serem povoadas são as relacionadas aos registros do arquivo de sincronização. A tabela primária *Segmentos* armazena o nome do arquivo de vídeo e as coordenadas que representam o *bounding box* do caminho realizado durante a aquisição do vídeo. O *bounding box* é a menor área delimitadora que contém totalmente o caminho associado ao vídeo. A segunda tabela (*Pontos\_Segmentos*) armazena as coordenadas dos pontos dos segmentos registrados ao longo do vídeo (Figura 8).

A segunda etapa no processo de conversão dos dados brutos de entrada procede à leitura e conversão dos registros da rota armazenados em um arquivo GPX<sup>5</sup>. Este arquivo é gerado pelo serviço de roteamento OSRM. O arquivo GPX contém as coordenadas geográficas dos pontos ao longo de uma rota. No mesmo contexto da estrutura de dados anterior, foi criada uma tabela primária (*RotaUsuario*) para armazenar as coordenadas relacionadas ao *bounding box* da rota do usuário e uma segunda tabela (*Pontos\_Rotausuario*) para armazenar a latitude e longitude referente aos pontos da rota descrita no arquivo GPX (Figura 8).

---

<sup>5</sup> Os arquivos GPX utilizam as definições dos padrões dos arquivos XML.

Figura 8 - Esquema de dados resultante da estruturação dos vídeos georreferenciados com os dados da rota

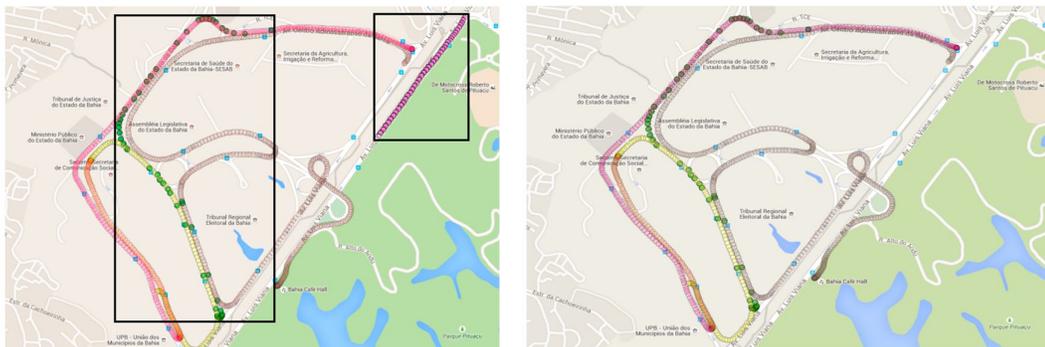


Fonte: Autoria própria.

A última tabela povoada (*PontosRotausuario\_PontosSegmento*) é o núcleo central deste projeto, pois seus registros relacionam os segmentos de vídeos armazenados na base de dados com os dados dos pontos da rota do usuário. Desta forma, esta tabela serve como base para a composição do vídeo final que representa o itinerário do usuário (Figura 8).

O algoritmo desenvolvido para gerar os registros da tabela que representa o vídeo da rota realiza uma seleção prévia dos segmentos de vídeos candidatos para compor o vídeo resultante. Esta seleção é feita comparando o *bounding box* da rota inteira contra os *bounding box* de cada segmento de vídeo. Esta consulta embora exaustiva e compare todos os segmentos de vídeos na base, é extremamente barata computacionalmente, pois compara a interseção de dois retângulos. Esta operação descarta os vídeos cuja região não faz parte da rota solicitada, reduzindo com isto o volume de vídeos a serem processados (Figuras 9).

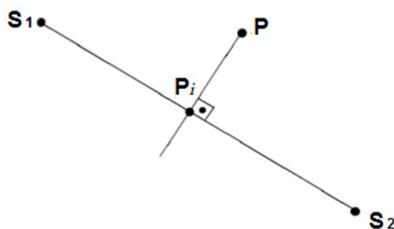
Figura 9 - Descartando vídeos com Bounding Box e os Vídeos Selecionados



Com os vídeos candidatos selecionados, o algoritmo percorre a lista dos pontos da rota do usuário, verificando se existe algum segmento, destes vídeos, que esteja mais próximo desta coordenada. Se existir, então verificamos o tempo do vídeo correspondente a este frame. Este parâmetro é utilizado por um método específico que fará a fragmentação deste trecho do vídeo, armazenando temporariamente em um diretório. Se não existir um segmento do vídeo que esteja próximo a esta informada, é criado um frame com a informação “trecho sem vídeo”, o qual fará parte do vídeo final.

Para analisar esta condição, carregamos as coordenadas de cada vídeo “candidato” em uma estrutura de dados do tipo lista duplamente encadeada, no qual permitirá formar um segmento de reta, entre o primeiro ponto e o ponto seguinte (e assim sucessivamente), até o final dos pontos contidos no vídeo. São passados para o algoritmo as coordenadas do segmento de reta ( $S_1$  e  $S_2$ ) e as coordenadas do ponto da rota ( $P$ ) e após processamento retorna a distância desejada, calculada através de ( $P$  e  $P_i$ ) no qual deverá formar um ângulo de  $90^\circ$  com o segmento da reta (Figura 10).

Figura 10 - Distância entre o ponto e o segmento da reta



Antes de estabelecer definitivamente a distância entre o ponto e o segmento, analisamos se ( $P_i$ ) que é considerado como o ponto do vídeo mais próximo da rota, está projetado entre ( $S_1$  e  $S_2$ ), pois se não estiver então o algoritmo absorve como a nova coordenada ( $S_1$  ou  $S_2$ ) dependendo de onde ( $P_i$ ) estiver mais próximo.

Outras regras desenvolvidas para suavizar as junções do vídeo resultante são:

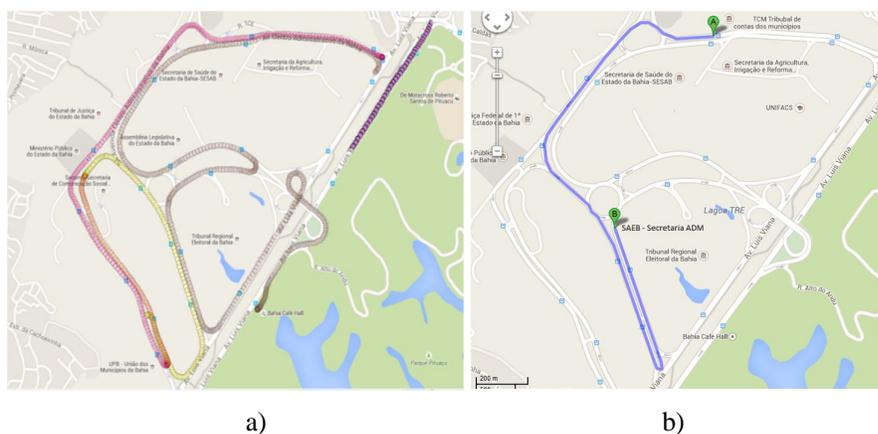
- a) Priorizar o vídeo que foi utilizado para compor o segmento inicial;
- b) Identificar o vídeo que foi registrado durante o dia;
- c) Verificar o vídeo que tem o seu registro mais recente;
- d) Descartar o vídeo que passa pela rota solicitada pelo usuário, contudo em uma direção oposta;

Após a conclusão do processo de segmentação, o algoritmo executa a concatenação de todos os segmentos de vídeos, criando assim um novo vídeo que representa a rota solicitada pelo usuário.

## 5 AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL

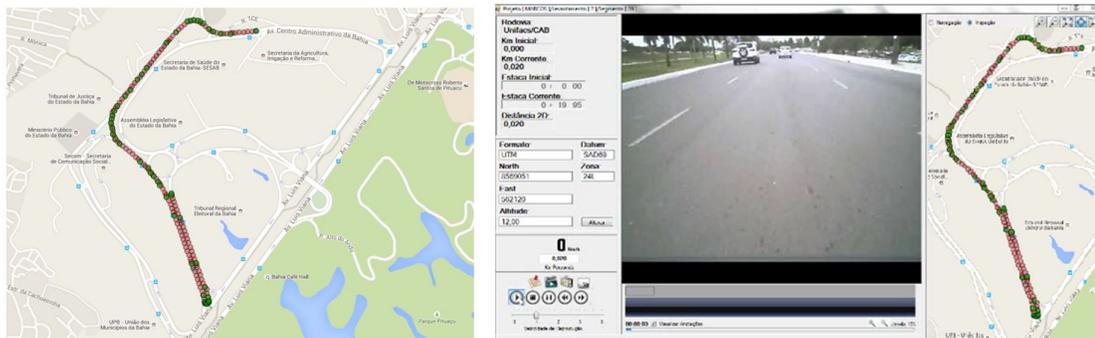
Para o estudo de caso apresentado neste artigo, decidimos trabalhar com uma série de vídeos capturados ao longo de diversas vias na região do Centro Administrativo da Bahia na cidade de Salvador (Figura 11.a). Na sequência foi utilizado o serviço Web do OSRM para definir uma rota que vai do Tribunal de Contas dos Municípios até a Secretaria de Administração (Figura 11.b).

Figura 11 - Ilustração das fontes de dados utilizadas no estudo de caso: a) caminhos de todos os vídeos coletados na região do Centro Administrativos e b) rota sugerida pelo OSRM para se deslocar entre dois órgãos estaduais



Para identificar os vídeos candidatos à representação da rota solicitada pelo usuário, foi feito a leitura do arquivo GPX, extraído do serviço de busca do OSRM, e submetido ao processamento do algoritmo para a análise dos segmentos de vídeo com base nos pontos identificados na rota do usuário, a fim de identificar os frames relevantes de acordo com os critérios de classificação do método apresentado na seção anterior. Como resultado, temos um novo vídeo que foi criado a partir da composição dos segmentos de vídeos que estavam armazenados no banco de dados (Figura 12).

Figura 12 - Ilustração do resultado do processamento da rota e a composição do vídeo final



Os usuários utilizam sistemas de navegação para identificar o trajeto a ser seguido quando se deseja ir para um determinado destino, o mapa ainda é um dos meios mais utilizados para a identificação de rotas, entretanto mesmo com um mapa, é quase sempre mais confortável a navegação de uma rota que possamos visualizar previamente o caminho a ser seguido, devido à memória visual do percurso.

## 6 CONCLUSÃO

Os sistemas de informações geográficas na Web vêm ganhando grande popularidade na última década. Dentre as funcionalidades básicas desses sistemas, as mais consumidas pelo público em geral são os serviços de mapa e os serviços de roteamento. Os serviços de mapa oferecem mapas detalhados do sistema viário e de elementos urbanos relevantes e informações de diversos serviços públicos e privados. Os serviços de roteamento são ofertados sempre em conjunto com o serviço de mapas. Este serviço permite que o usuário solicite informações sobre as direções a serem tomadas para se deslocar entre dois locais.

Com a evolução dos SIGWeb, tornou-se comum a incorporação de recursos multimídia ao repertório de informações disponíveis para o usuário. Uma das informações multimídia mais comumente utilizadas são imagens fotográficas do ambiente urbano tirado ao nível do solo e em trezentos e sessenta graus. Mais recentemente, começaram a ser produzidos vídeos georreferenciados com os deslocamentos dos veículos nas vias. Estes vídeos, quando combinados com os serviços de roteamento possuem o potencial de enriquecer a experiência do usuário, permitindo que ele se familiarize com a rota antes mesmo de trafegar pela rede viária.

Este trabalho apresentou uma metodologia e um protótipo que baseado em dados do serviço de roteamento e de um repositório de vídeos georreferenciados produz um vídeo do caminho a ser percorrido. Os vídeos georreferenciados de veículos trafegando nas vias da rede de transporte quando associados com as rotas solicitadas pelo usuário permite a visualização prévia do caminho a ser percorrido. Acreditamos que a metodologia apresentada nesse trabalho possui o potencial de incentivar a produção de vídeos georreferenciados por comunidades voluntárias em uma escala planetária. Além disso, estes vídeos podem servir como repositório de imagens das iniciativas de serviços de mapas abertos e livres, a exemplo do projeto *Open Street Maps*.

## REFERÊNCIAS

- AY, S. A., ZHANG, L., KIM, S. H., MA HE, and ZIMMERMANN, R. **GRVS: A Georeferenced Video Search Engine**. In: ACM MULTIMEDIA CONFERENCE, **Proceedings...** oct. 2009.
- CHEN, B., NEUBERT, B., OFEK, E., DEUSSEN, O., and COHEN, M. F. **Integrated Videos and Maps for Driving Directions**. Proc. Symp. User Interface Science and Technology 2009.
- COSTA, Marco André Ferreira da. **Sistema de Apoio à Mobilidade de Utilizadores da Bicicleta**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação) - FEUP: Universidade do Porto, 2011. Disponível em: <<http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/61504/>>. Acessado em: 14 ago. 2014.
- LONGLEY, P., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., Rhind, D. W. **Geographic information systems and science**. Hoboken: John Wiley and Sons, 2005.
- NAVARRETE, T., and BLAT J. VideoGIS: Segmenting and Indexing Video Based on Geographic Information. In: AGILE CONFERENCE ON GEOGRAPHIC INFORMATION SCIENCE, 5., **Proceedings...** 2002.
- PENG, C., CHEN, B., TSAI, C. **Integrated Google Maps and Smooth Street View Videos for Route Planning**. Computer Symposium (ICS), 2010.
- SERRA, Sérgio Felipe Fernandes. **Acesso Multimodal a Vídeos Georreferenciados Através da Forma, Velocidade e Tempo em Dispositivos Móveis**. Dissertação – Mestrado em Informática. Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.ul.pt/handle/10451/16046>>. Acessado em: 12 mar. 2015.
- ZHANG L., ZIMMERMANN R., WANG G. Presentation of geo-referenced videos with google earth. In: ACM WORKSHOP ON SURREAL MEDIA AND VIRTUAL CLONING, **Proceedings...** 2010.