

# Um Framework para Carregamento Dinâmico e Transição Suave entre Mapas Contextuais\*

Danilo Inácio de Souza Resende, Heitor Menezes de O. Pereira,  
Ricardo C. Antunes da Rocha

<sup>1</sup>Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás (UFG)  
Caixa Postal 131 – 74.001-970 – Goiânia – GO – Brasil

{daniloresende,ricardo}@inf.ufg.br, heitormzs@gmail.com

**Abstract.** *This paper presents a framework for building applications based on contextual maps: maps from heterogeneous map bases, which are dynamically discovered and loaded, according to the user context. The proposed framework enable a transparent integration of map services in a same user interface for map navigation and visualization. A framework instance defines tasks such as the communication protocol to a map service and rendering mechanism. The paper presents a case study with three map services: Google Maps, a simple prototype with bit-mapped maps and a service for maps based on symbolic location.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta um framework para construção de aplicações baseada em mapas contextuais: mapas provindo de bases de mapas heterogêneas, descobertas e carregadas dinamicamente, de acordo como contexto do usuário. Por meio deste framework é possível integrar transparentemente serviços de mapas de diversas fontes por uma mesma interface de navegação e visualização. Uma instância do framework especifica, entre outras tarefas, o protocolo de comunicação com a base de mapas e como os mapas são renderizados na UI do usuário. O artigo apresenta um estudo de caso com três bases de mapas: Google Maps, um protótipo baseado em simples mapas bitmapeados e uma base de mapas baseados em localização simbólica.*

## 1. Introdução

Tradicionalmente, os serviços baseados em localização utilizam pontos geográficos baseados em latitude e longitude para fazer referência a uma certa localidade. Da mesma forma, os provedores de mapas estão fundamentados neste tipo de localização. Entretanto, locais de escopo geográfico bem limitado, como prédios, poderiam ser descritos por mapas que não são baseados em localização geográfica, mas em abstrações de localidade mais adequadas ao contexto do mapa. Por exemplo, o British Museum<sup>1</sup> oferece um mapa aos visitantes baseado em salas de visitação, onde cada uma mant m obras diferentes organizadas por diferentes critérios.

Uma aplica o que faça uso desses mapas deve ser capaz de utilizar outro tipo de inferência de localiza o, onde as informaçoes para determinar a localiza o de um

---

\*O autor Danilo In cio de Souza Resende   aluno de inicia o científica pelo programa PIVIC/UFG.

<sup>1</sup>[www.britishmuseum.org](http://www.britishmuseum.org)

determinado dispositivo são dadas a partir de pontos de referências próprios do mapa. Nessas aplicações, a própria interface com o usuário deve levar em consideração os pontos de referência. Este tipo de localização é chamada localização simbólica [Pradhan 2000].

O objetivo desse trabalho é implementar o conceito de *mapas contextuais*, proposto em [de Oliveira Pereira and da Rocha 2010], por meio de um framework para desenvolvimento de aplicativos na plataforma Android que permita carregar e exibir mapas de múltiplas fontes, e não apenas da base de mapas do Google Maps. Durante o carregamento de um novo mapa, também serão carregados as informações dos seus pontos de referência próprios, capazes de inferir uma localização.

Este artigo está organizado da seguinte forma. A seção 2 descreve um cenário para uso do conceito de mapas contextuais e elabora os principais requisitos do *framework*. A seção 3 apresenta a arquitetura de implementação do cenário proposto, e define a responsabilidade do *framework* e a sua interação com outros elementos do cenário, como um middleware sensível ao contexto e os serviços de mapas. As seções 4 e 5 descrevem a arquitetura interna do *framework* e a sua implementação na plataforma Android, respectivamente. A seção 6 avalia o *framework* proposto de acordo com três estudos de caso, enquanto que a seção 7 compara-o com outros trabalhos encontrados na literatura. Por fim, a seção 8 apresenta as conclusões deste trabalho e futuras direções de pesquisa.

## 2. Cenário

No cenário de referência deste trabalho, uma aplicação móvel de localização permite a um usuário se localizar dentro do campus da UFG, onde ocorre um evento aberto à comunidade chamado “Espaço das Profissões”. Este evento promove diversas atividades onde a comunidade interna e externa à universidade pode conhecer melhor cada curso de graduação.

Para chegar ao campus, um usuário utiliza os serviços providos pelo Google Maps, incluindo exibição de mapas e determinação de caminhos entre dois pontos. Entretanto, ao chegar na universidade, o serviço Google Maps deixou de ter utilidade pois não provia informações específicas do evento que estava ocorrendo, como local e horário das palestras.

Considere agora que a própria universidade possui um serviço de mapas interno à universidade que oferece mapas e primitivas de navegação especificamente relacionadas ao evento em questão. Como este serviço de mapas, um usuário poderia pesquisar qual estacionamento está mais próximo do estande do curso de bacharelado em Ciência da Computação.

Embora os dois serviços de mapas pudessem ser providos por aplicações distintas, é especialmente inconveniente ao usuário ter que trocar de aplicação para executar uma tarefa similar mas que aplicada a um contexto diferente (escopo de atuação do serviço de mapas da universidade). De fato, a mesma integração que existe entre os vários tipos de mapas providos pelo Google Maps poderia também ser oferecida com os mapas oferecidos pela universidade. O desafio, neste caso, é que o serviço Google Maps e correspondentes componentes de desenvolvimento de aplicações, são estaticamente ligados à base de provedores de mapas do Google e à sua própria semântica de mapas.

Dessa maneira, este cenário sugere a necessidade de um *framework* para

aplicações baseadas em mapas, que permita aos provedores de mapas oferecer componentes que permitam a integração dos seus mapas em aplicações e a troca suave de uma base de mapas para outra, seja por interação do usuário, seja por ação da aplicação. O *framework* deve ainda ser integrado com um middleware sensível ao contexto que permita o tratamento de mapas como contexto, disparar descoberta e carregamento de mapas contextuais, de acordo com a localização, assim como o controle da informação de localização. Com o *framework*, deseja-se evitar a integração explícita e estática de uma aplicação com diversas bases de dados e inter-relacionamento entre os mapas providos por cada base.

### 3. Arquitetura

A figura 1 ilustra a arquitetura de um sistema sensível ao contexto que faz uso do *framework* de mapas contextuais. Nesta arquitetura, quatro elementos interagem entre si: (i) a UI da aplicação, (ii) o *framework* de carregamento de mapas contextuais, (iii) um middleware sensível ao contexto e (iv) os serviços ou provedores de mapas.

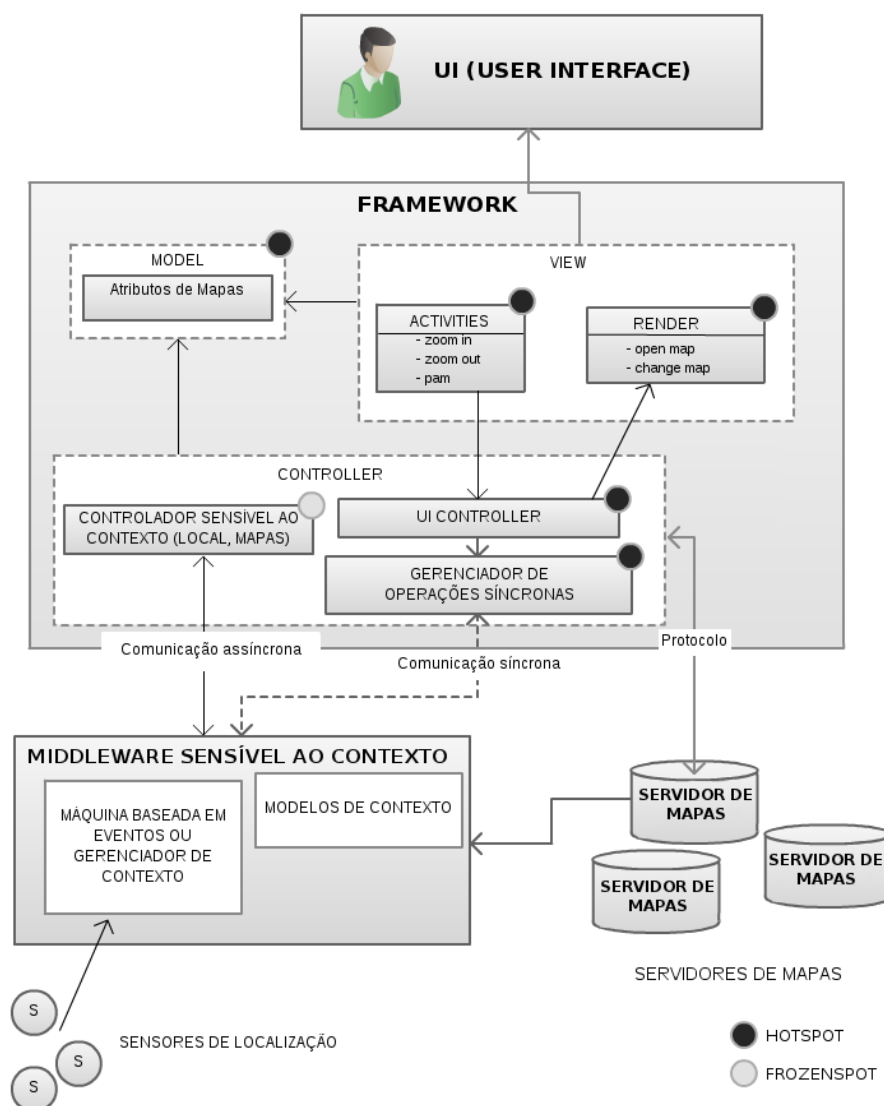
Um serviço de mapas ou provedor de mapas é um servidor capaz de responder a requisições por mapas, tipicamente limitado a um certo escopo físico. Para permitir a transição suave entre os mapas de bases heterogêneas, o *framework* assume como premissa que todos os mapas providos pelos serviços devem possuir um sistema de coordenadas em comum. No protótipo implementado, assumimos coordenadas geográficas baseadas na tupla (*latitude, longitude, altitude*), utilizada em diversos serviços de localização como GPS e bases de mapas como Google Maps. Portanto, todos os serviços de mapas devem oferecer primitivas de recuperação de mapas que permitam, no mínimo, responder a requisições baseadas neste sistema de coordenadas.

O middleware sensível ao contexto oferece serviços assíncronos para obtenção de informações contextuais relevantes para interação com os serviços de mapas. Em especial, o *framework* interage com o middleware para obter atualizações na localização de entidades exibidas nos mapas ou do próprio dispositivo, além da descoberta de serviços de mapas contextuais. Para descobrir serviços de mapas associados a uma localização, o *framework* registra no middleware sensível ao contexto o interesse por receber notificações contextuais de provedores de mapas no atual escopo em que a aplicação está executando. *Escopo de mapa* é uma abstração do domínio que um provedor de mapas é capaz de cobrir. Um escopo de mapa pode ser uma certa área física ou lógica (como a universidade ou museu), uma rede ou qualquer outro espaço que possa ser modelado por contexto. No protótipo desenvolvido, o escopo adotado foi o de rede, o que significa que uma troca da rede do dispositivo pode disparar uma troca do provedor de mapas.

O *framework* permite a interação transparente da UI do usuário e do middleware sensível ao contexto com um serviço de mapas. Uma instância do *framework* implementa a interação com um serviço de mapas em particular. O *framework* é independente da implementação do middleware, bastando que este ofereça uma interface assíncrona de comunicação (publish/subscribe).

### 4. Framework para Carregamento de Mapas Contextuais

O objetivo do *framework* é possibilitar o desenvolvimento de serviços de localização que utilizem diferentes provedores de mapas e diferentes semânticas, baseada no contexto do



**Figura 1. Arquitetura do Framework**

usuário. Neste cenário, as responsabilidades do *framework* de mapas contextuais são: oferecer os componentes de interface de navegação nos mapas, renderizar os mapas obtidos na UI do usuário, implementar o protocolo de comunicação com os serviços de mapas e interagir com o middleware sensível ao contexto com o objetivo de obter notificações relativas à descobertas de mapas e atualização da localização do usuário. Dentre essas responsabilidades, tipicamente a renderização de mapas e o protocolo com os serviços de mapas representam os *hotspots* do *framework*, ou seja, devem ser implementados em cada instância particular do *framework*.

#### 4.1. Arquitetura do Framework

A arquitetura do *framework* segue o padrão MVC (Model-View-Controller), com o qual é possível isolar as suas funcionalidades referentes à interface com usuário (navegação em mapas e renderização de mapas), de comunicação com o middleware sensível ao contexto e com os servidores de mapas. A figura 1 detalha a arquitetura interna do *framework* e

seus componentes `Model`, `View` e `Controller`, assim como a interação entre eles.

O componente `Model` é responsável por modelar em objetos os mapas que são manipulados pelo *framework*. Estes atributos serão específicos para cada instância do *Framework*. O componente `View` trata a renderização de um mapa e a resposta aos comandos da UI, como operações de navegação e *zoom in/out*. E o componente `Controller` possui os elementos responsáveis pela comunicação com o middleware sensível ao contexto e com os serviços de mapas. O protocolo de comunicação com os servidores pode ser específico para cada instância do *framework* e define também as regras de transferência de dados. Ele é implementado no *Gerenciador de Comunicação Síncrona*.

#### 4.1.1. Componente `Controller`

O `Controller` é responsável por interagir com o middleware sensível ao contexto, registrando o interesse em receber notificações de situações contextuais que interferem no(s) mapa(s) exibido pela aplicação. Há no mínimo duas informações contextuais que podem interferir no funcionamento da aplicação: a localização e o mapa associado à localização. Do ponto de vista do funcionamento do *framework*, não há diferença entre obter a localização a partir de uma interação com a UI ou de uma notificação recebida por um middleware. Em um cenário estático, eventos de interface do usuário disparam a troca do mapa e/ou execução de operações com a base de mapas. O controlador registra junto ao middleware o interesse em receber notificações de tipos de mapas para uma determinada localização. O *framework* utiliza as notificações para atualizar no componente `View` a interface que permite ao usuário selecionar um mapa ou outro para exibição. Portanto, uma requisição a novo mapa pode ser disparada de duas formas:

- *Por interação do usuário* (eventos de UI): Componente `View` atualiza na interface os tipos de mapas disponíveis para a localização coberta pela aplicação, ele então pode selecionar qual tipo de mapa atende melhor aos seus requisitos. Neste caso, o middleware recebe o registro pelo interesse em todos os tipos de mapas que se aplicam a uma localidade.
- *Por mudanças no contexto*: a aplicação baseada no *framework* recebe as notificações da mudança de contexto, e verifica a existência ou alteração dos mapas existentes e decide exibir ou não um dos mapas disponíveis.

#### 4.1.2. Componente `View`

O componente `View` é responsável pela apresentação gráfica da interface com o usuário, incluindo construir uma representação gráfica dos mapas recuperados do serviço de mapas. Cada componente `View` é associada a um controlador apresentado apenas como um atributo do tipo `Controller`. Este atributo é responsável por traduzir as operações de navegação (movimentação pelos mapas) ou detalhamento (operação de zoom) requeridas, capazes de trabalhar com semânticas diversas de localização, isto é, capaz de manipular diferentes valores obtidos por diversas bases de mapas.

Definida a semântica utilizada por um serviço de mapas, é necessário que esta

possua referência ao sistema de coordenadas geográficas, dessa forma é possível efetuar uma troca suave entre os mapas contextuais de interesse.

Considerando serviços baseados em mapas, é necessário definir o grau de detalhamento do mapa. No caso do Google Maps, por exemplo, essa informação é descrita como *zoom* do mapa. Para tratamento dessas informações o *framework* implementa métodos para manipular o nível de *zoom* dos mapas contextuais.

#### 4.1.3. Componente Controller

O componente `Controller` é responsável pelas operações internas de controle dos mapas e externas de comunicação com outros componentes do sistema. As primitivas de localização, como existência e interseção, são definidas para cada semântica utilizada pelos mapas contextuais a partir do serviço oferecido. Dessa maneira, cada instância do *framework* define qual o tratamento para cada interação com o mapa. Tipicamente, o componente `Controller` traduz as operações de navegação do `View`, mencionadas anteriormente, em requisições à respectiva base de mapas. Por exemplo, uma instância do *framework* pode implementar os protocolos de comunicação utilizando diretamente *socket* ou utilizando HTTP.

### 5. Implementação

O *framework* de carregamento de mapas contextuais foi implementado na plataforma Android e testado tanto no emulador da plataforma como em dispositivos reais. O *middleware* sensível ao contexto foi implementado como um serviço Android e, portanto, independente do *framework*. Neste protótipo, utilizamos um proxy para um futuro serviço de contexto, implementado em outro trabalho e aproveitando as interfaces propostas em [da Rocha 2009]. Os componentes `Model` e `Controller` são classes tradicionais integradas à aplicação, enquanto que o componente `View` é implementado como uma *Activity*<sup>2</sup> Android. Devido à ausência de espaço, este artigo não discutirá as interfaces implementadas em cada componente.

Com o objetivo de facilitar a integração do *framework* com a implementação da API do Google Maps, a implementação da UI e do componente `View` adotou algumas das convenções dessa API. Desta forma, o conceito de camadas de mapas é implementado na forma de um objeto `Overlay` Android, fornecido pela API mencionada, assim como as operações comuns de navegação em mapas, como `setCenter(GeoPoint)`, `panEast`, `panNorth`, `setZoom(int)`, `zoomIn()` e `zoomOut()`.

Todas as mensagens internas trocadas entre os componentes e indicadas na figura 1 são implementadas como invocação direta de métodos de objetos, exceto as interações da UI com o componente `View`, que são implementadas como *Intents* Android.

A figura 2 ilustra a execução de uma aplicação com alguns pontos de referência, que também podem ser sobrepostos aos mapas. Quando a aplicação inicia um componente `View`, ela também inicializa o serviço de descoberta por meio do controlador sensível ao contexto, com o qual identifica novos serviços de mapas presentes na sua

<sup>2</sup>Componente de interface gráfica da plataforma Android

localização atual. Com essa informação, o componente `View` exibe na interface as camadas que representam cada tipo de mapa disponível, tipicamente associado a um diferente serviço de mapas. A figura 3 ilustra a sobreposição entre dois tipos de mapas e um conjunto de pontos de referência.

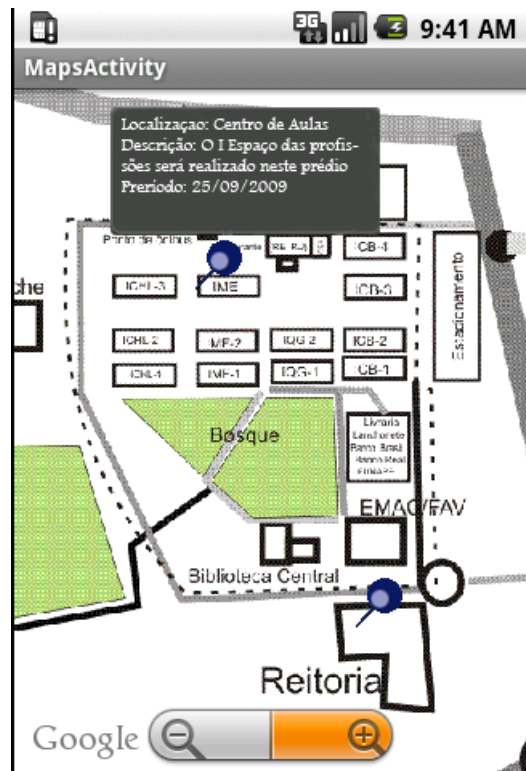


Figura 2. Exemplo de tela de uma aplicação exibindo mapas simbólicos

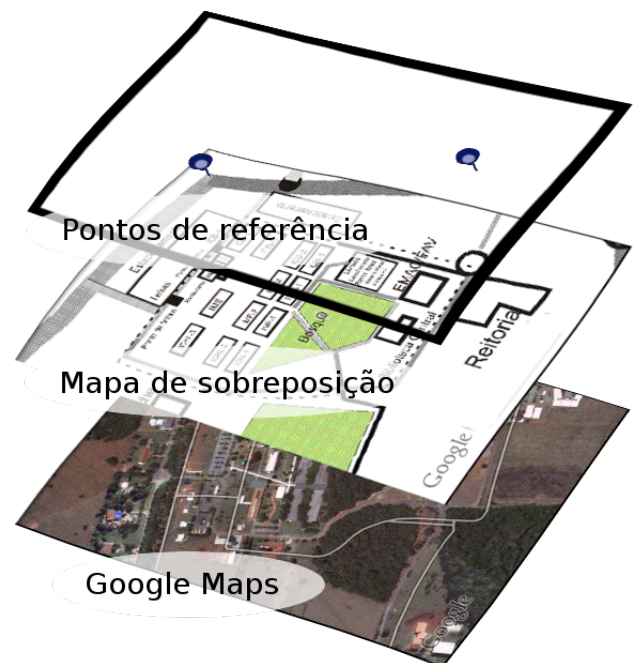


Figura 3. Exemplo de camadas

## 6. Avaliação

A avaliação foi feita a partir do desenvolvimento de três instâncias do *framework*. Todas as instâncias criadas usaram o Google Maps como provedor principal de mapas. As seguintes instâncias foram desenvolvidas: Instância Google Maps, onde as funções básicas do *framework* como navegação e zoom foram testadas, validando o modelo do *framework*; Instância Provedor de mapas simples bitmapeado, que responde a consultas por mapas simbólicos retornando uma imagem bitmap que será sobreposta aos mapas da base principal (Google Maps); E por último a Instância Provedor de Mapas Simbólicos, que responde consultas elaboradas de locais simbólicos com objetos de sobreposição aos mapas do Google Maps.

Os testes foram feitos em dois ambientes, a máquina virtual Dalvik (*Dalvik VM*) e o dispositivo móvel *Samsung Galaxy S I5500*, ambos executando a plataforma Android versão 2.1.

### 6.1. Instância Google Maps

O Google Maps fornece uma API nativa para manipulação de seus mapas no Android, estabelecendo seu próprio protocolo de comunicação e método de renderização. Essa API

foi usada para validar a estrutura de integração do *framework*, onde os mapas providos pelo Google Maps são usados como base da aplicação. Nessa instância não há uma base de mapas simbólicos de semântica geral, portanto não há sobreposição de mapas.

## 6.2. Instância Provedor de Mapas simples bitmapeado

A construção de um serviço de mapas é iniciada pela definição dos dados, valores e atributos utilizados e como estes são relacionados. Para o estudo de caso foram identificados dois principais atributos, a imagem estática da região e as coordenadas geográficas que delimitam a região referente ao mapa, relacionados por meio de um objeto que possua pelo menos esses dois atributos.

As informações de mapas contextuais foram associadas a um objeto serializável definido no `Model`, capaz de ser transmitido por meio de um canal de comunicação síncrona via socket. Este objeto possui um valor inteiro referente ao nível de zoom adequado, duas informações de posicionamento geográfico representando os pontos superior esquerdo e o inferior direito capazes de inferir a região representada pelo mapa contextual, por fim, três valores textuais, a primeira representando o nome do mapa, o segundo consiste no caminho de diretórios onde a imagem está salva na base de dados e a terceira é a informação da URL (Uniform Resource Locator) onde também pode ser encontrada a imagem do mapa contextual.

Outro componente presente no `Model` é um objeto que também representa as informações de um mapa contextual, porém este objeto é trabalhado apenas pelos componentes do *framework* associados a plataforma Android. Nele são encontrados as informações de nome e posições geográfica, tal como o objeto descrito anteriormente, e um atributo de valor `Bitmap` interpretado após o carregamento da imagem.

O servidor de mapas contextuais ou a base de mapas consiste em uma aplicação Java capaz de disponibilizar informações de mapas contextuais através de comunicação via socket, a partir de uma busca por posicionamento geográfico ou por nome (localização simbólica [Hu and Lee 2004]). A consulta é feita em uma lista de mapas, onde todos os elementos são percorridos para o casamento com a consulta. Devido a quantidade relativamente pequena de mapas, este método não causa impacto no desempenho do servidor.

O tratamento dado aos mapas obtidos pela base estática será de sobreposição aos mapas do Google Maps. Para isso é usado o próprio `MapView` disponibilizado pelo Google Maps. Este elemento consiste no principal elemento visual que será carregado no dispositivo para exibir as informações de mapas, e consistirá na visualização padrão da aplicação capaz de interagir com o usuário por meio de navegação e alteração do grau de detalhamento (*zoom in/out*) do mapa exibido.

A aplicação se comunica com servidor apenas quando for solicitado uma busca por mapas contextuais, recebendo uma lista de objetos com as informações dos mapas requisitados. Os mapas de sobreposição serão adquiridos através da URL dos objetos recebidos, que serão usados para requisitar a imagem do mapa no endereço especificado. E por fim a `View` atualiza a tela com a imagem obtida sobrepondo-a ao mapa do Google Maps fazendo ajustes necessário de zoom e posicionamento do centro do display.



### 6.3. Instância Provedor de Mapas simbólicos

Nesta instância temos uma base de mapas que responde a consultas por localização geográfica ou simbólica, assim como na instância anterior, porém o objeto resposta dessa é um arquivo KML<sup>3</sup>, uma espécie de XML que descreve dados geográficos. Assim a aplicação é construída para manipular este arquivo e extrair as informações necessárias para fazer a sobreposição dos mapas.

As consultas por localização simbólica são encaminhadas ao servidor em um objeto de texto que descreve a estrutura do local consultado [Durr and Rothermel 2003]. O servidor processa a consulta e retorna uma lista de arquivos KML com as informações suficientes para que a aplicação faça a sobreposição do mapa na tela.

## 7. Trabalhos Relacionados

Existem diversos *frameworks* e componentes para desenvolvimento de aplicações baseadas em mapas, principalmente para *Web*, onde essas aplicações são fortemente disseminadas. Citando dois desses *frameworks* que possibilitam o desenvolvimento para dispositivos móveis, que utilizam da J2ME (*Java 2 Platform, Micro Edition*), ou que são baseadas na plataforma Android temos, o Mobile Maps e a Google Maps API.

O Mobile Maps [Ericsson Labs ] é um *framework* desenvolvido pela *Ericsson Labs*, que provê uma API para criação de aplicações baseadas em mapas para dispositivos móveis. A partir dos mapas obtidos do *TeleAtlas*<sup>4</sup> ou do *OpenStreetMaps*<sup>5</sup>, este *framework* oferece uma API que implementa a interação com o usuário, sendo possível a navegação pelo mapa, operações de zoom, como também a criação de camadas (*Layer*), possibilitando a adição de elementos gráfico sobre o mapa.

O Google Maps API [Google Inc: Android Developers ] é o mais popular *framework* para desenvolvimento de aplicativos baseados em mapas, tanto para *Web*, quanto para dispositivos móveis. Esta API oferece um objeto gráfico chamado de *MapView* responsável pela visualização de mapas providos pelo provedor do Google Maps através do protocolo HTTP. Utilizando localização baseada em IP ou *cellID*, a API infere o posicionamento geográfico do dispositivo por um serviço oferecido no servidor de mapas do Google.

Embora intensivamente utilizados, tais APIs são fortemente acopladas a um único serviço de mapas, assim como semântica de localização, impossibilitando a incorporação de outras fontes de mapas em uma aplicação que faça uso de localização simbólica. Em outras palavras, uma aplicação que faça uso de um desses serviços ou APIs fica fortemente dependente dos mapas descritos nas respectivas bases e, portanto, não é capaz de lidar com mapas de escopo limitado ou propósito específico.

## 8. Conclusões e Trabalhos Futuros

Este artigo apresentou um *framework* implementado em Android para o desenvolvimento de aplicações baseadas em mapas contextuais. Como próximos passos dessa pesquisa, integraremos o *framework* com um middleware sensível ao contexto baseado em CEP/esper

<sup>3</sup>[code.google.com/apis/kml/documentation/](http://code.google.com/apis/kml/documentation/)

<sup>4</sup><http://www.teleatlas.com/index.htm>

<sup>5</sup><http://www.openstreetmap.org/>

e avaliaremos a instância de mapa contextual baseada em localização simbólica com o uso de sensores cricket de localização. Outro trabalho de pesquisa em andamento, é a aplicação de R-OSGi [Rellermeyer et al. 2007] para o carregamento dos serviços de mapas no *framework*.

## Referências

- da Rocha, R. C. A. (2009). *Context Management for Distributed and Dynamic Context-Aware Computing*. PhD thesis, Departamento de Informática, Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- de Oliveira Pereira, H. M. and da Rocha, R. C. A. (2010). Localizacao, mapas e contexto: Um framework para desenvolvimento de aplicações baseadas em mapas contextuais. In *II Simpósio Brasileiro de Computacao Ubiqua e Pervasiva (SBCUP)*.
- Durr, F. and Rothermel, K. (2003). On a location model for fine-grained geocast. In Dey, A., Schmidt, A., and McCarthy, J., editors, *UbiComp 2003: Ubiquitous Computing*, volume 2864 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 18–35. Springer Berlin / Heidelberg.
- Ericsson Labs. Mobile maps. Disponível na Internet em: <https://labs.ericsson.com/apis/mobile-maps/>, acesso em Abril, 2011.
- Google Inc: Android Developers. Android developers: Location and maps. Disponível na Internet em: <http://developer.android.com/guide/topics/location/index.html>, acesso em Abril, 2011.
- Hu, H. and Lee, D.-L. (2004). Semantic location modeling for location navigation in mobile environment. *Mobile Data Management, IEEE International Conference on*, 0:52.
- Pradhan, S. (2000). Semantic location. *Personal and Ubiquitous Computing*, 4(4):213–216.
- Rellermeyer, J. S., Alonso, G., and Roscoe, T. (2007). R-osgi: distributed applications through software modularization. In *Proceedings of the 8th ACM/IFIP/USENIX international conference on Middleware, MIDDLEWARE2007*, pages 1–20, Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag.