ÁLVARO FAGNER RODRIGUES DA SILVA

Sistemas móveis aplicado à modelagem de distribuição de espécies

**São Paulo
2011**

ÁLVARO FAGNER RODRIGUES DA SILVA

Sistema móvel aplicado à modelagem de distribuição de espécies

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
mestre em Engenharia Elétrica.

Área de concentração: Sistemas
digitais

Orientador:
Prof. Dr. Pedro L. P. Corrêa

**São Paulo
2011**

FICHA CATALOGRÁFICA

Silva, Álvaro Fagner Rodrigues da
Sistema móvel aplicado à modelagem de distribuição de
espécies / A.F.R. da Silva. -- São Paulo, 2011.
75 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Computação e
Sistemas Digitais.

1. Arquitetura de software 2. Biodiversidade 3. Computação
móvel 4. Métricas de software I. Universidade de São Paulo.
Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Computa-
ção e Sistemas Digitais II. t.

DEDICATÓRIA

À minha esposa, meu filho e meus pais por me apoiarem e incentivarem em todo momento.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ser meu refúgio seguro.

À minha esposa que suportou a distância em muitos momentos e também me incentivou carinhosamente.

Ao meu filho que sempre foi uma fonte de inspiração e de muita alegria.

Aos meus pais, por me proporcionarem as bases educacionais, emocionais e estruturais para eu concluir esta nova fase.

Ao meu orientador, Professor Dr. Pedro Pizzigatti Corrêa, pelos conselhos, apoio, disciplina e atenção dadas a mim durante este período.

Ao meu irmão, à minha cunhada e à minha irmã do coração, Alisson, Cristina e Geovanna, pela força dispensada a mim.

A todos os colegas do MINTER UEA/USP que se tornaram grandes amigos no decorrer do curso, em especial Marcelo Leite, Daniel Silva e Ricardo Costa.

Aos colegas do Laboratório de Automação Agrícola da POLI.

Aos meus colegas e à liderança do Instituto Nokia de Tecnologia por me darem apoio e oportunidade para realizar este mestrado.

A todos o meu muito obrigado.

RESUMO

Os sistemas de modelagem de distribuição provável de espécie são utilizados para identificar regiões onde há maior probabilidade de uma determinada espécie viver, baseado nas características ambientais de localizações onde é conhecido que há presença daquela espécie. Estes sistemas requerem computação de alto desempenho devido à grande quantidade de dados que precisam ser processados para se gerar um modelo com a distribuição provável. Um momento importante do processo de modelagem de distribuição de espécies é a coleta dos dados, no qual os pesquisadores vão a campo para identificar alguns pontos de presença ou ausência, no entanto este processo é feito de forma ainda manual. Este trabalho apresenta uma proposta de automação deste processo por meio da utilização de dispositivos móveis e arquitetura SOA. Historicamente, os sistemas que utilizam arquiteturas orientadas a serviço não consideram fortemente as limitações inerentes aos dispositivos móveis, tais como poder de processamento, capacidade de armazenamento e duração da bateria. A falta de uma infra-estrutura de referência para estes sistemas pode ser apontada como uma das causas deste problema. Assim, é proposta uma infra-estrutura de desenvolvimento para sistemas móveis que utilizam uma arquitetura orientada a serviços voltada à experiência do usuário. Esta infra-estrutura tem especial atenção a como as restrições dos sistemas móveis influenciam tanto a arquitetura de software quanto a apresentação dos serviços para o usuário final. Disserta-se sobre fatores e questões relevantes ao projeto de sistemas de natureza móvel sugerindo a sua consideração durante a elaboração de projetos semelhantes. São propostos também um conjunto de métricas para avaliação do desempenho para a realização de experimentos com o objetivo de validar os aspectos de usabilidade e arquitetura, além de identificar modificações na infra-estrutura proposta.

Palavras-chave: arquitetura de software, biodiversidade, computação móvel, métricas de software.

ABSTRACT

Species distribution modeling system are used to identify regions where there is the probability to a species survive, based on the environmental characteristics where there is for sure presence of a species. Those systems require high performance computation due the large amount of data that are processed in order to create the distribution model. An important moment of the modeling process is the data collecting, when the researchers go field to identify the localizations of presence or absence, but this process is still done manually. This paper presents a proposal for automating this process through the use of mobile devices and SOA architecture. Historically, systems using service oriented architectures do not consider strongly the limitations of mobile devices such as processing power, storage capacity and duration of battery. The lack of an infrastructure of reference for these systems can be considered one of the causes of this problem. Thus, we propose an infrastructure development for mobile systems using a service-oriented architecture focused on user experience. This infrastructure has special attention to the restrictions of mobile systems influence both the software architecture as the presentation of services to the end user. Mobile related issues are discussed suggesting its consideration during the development of similar projects. Also, it is proposed a set of metrics for performance evaluation to carry out experiments aimed at validating the architecture and usability aspects, and identify changes in the proposed infrastructure.

Keywords: computer architecture, biodiversity, mobile computing, software metrics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figure 1 - Diagrama IDEF0 do processo de modelagem preditiva de distribuição de espécies.....	32
Figure 2 - Diagrama IDEF0 para o processo de coleta de dados de espécie.	34
Figure 3 - Casos de uso do sistema.....	36
Figura 4 - Diagrama de componentes da arquitetura	38
Figure 5 - Arquitetura proposta para sistemas móveis aplicado à modelagem de distribuição de espécies	39
Figure 6 - Fluxo de atividades visual para algumas telas dos sistema.....	43
Figure 7 - Menu inicial e visualização do modelo	45
Figure 8 - Modelo estática do sistema	50
Figure 9 - Caso de uso: Gravar ponto de presença	51
Figure 10 - Caso de uso: Enviar pontos de presença e ausência para o servidor.....	52
Figure 11 - Consumo de bateria da aplicação	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz de confusão dos erros e acertos associados à previsão dos modelos	24
Tabela 2 - Comparação de preços entre <i>smartphones</i> e aparelhos de GPS	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
1.2. OBJETIVOS	14
1.3. METODOLOGIA	14
1.4. JUSTIFICATIVA	15
1.5. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. COMPUTAÇÃO ORIENTADA A SERVIÇOS	18
2.2. ARQUITETURA ORIENTADA A SERVIÇOS.....	18
2.2.1. Composição de serviços.....	19
2.2.2. SOA aplicada a sistemas móveis	19
2.3. Modelagem de distribuição de espécies.....	21
2.3.1. Importância da modelagem.....	22
2.4. Métricas.....	25
2.4.1. Métricas para SOA.....	26
2.4.2. Métricas para Sistemas Móveis	28
2.5. Considerações parciais.....	30
3. PROPOSTA DE ARQUITETURA	31
3.1. Entendendo o processo de coleta e modelagem.....	31
3.2. Proposta de arquitetura	35
3.2.1. Controlador de contexto.....	39
3.2.2. Gerenciador de qualidade	40
3.3. Modelagem do cliente.....	40
3.3.1. Restrições do sistema.....	41
3.3.2. Usabilidade	42
3.3.3. Interação com outros sistemas	45
3.3.4. Tipos de usuários e operadores	45
3.3.5. Benefícios	45
3.3.6. Viabilidade econômica.....	47
3.3.7. Particionamento e priorização.....	48
3.3.8. Modelo estático.....	49
3.3.9. Modelo dinâmico	51
3.3.10. Tecnologia Utilizada.....	52

4. AVALIAÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	54
4.1. Análise dos requisitos de qualidade	54
4.2. Realização dos experimentos	56
5. CONCLUSÃO	61
5.1. CONTRIBUIÇÕES.....	62
5.2. TRABALHOS FUTUROS	63
6. REFERÊNCIAS.....	65
Anexo 1 – Casos de uso do sistema móvel para a apoio a coleta de dados	70

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A Computação Orientada a Serviços e a Arquitetura Orientada a Serviços (dos acrônimos em inglês SOC e SOA, respectivamente) (PAPAZOGLU; GEORGAKOPOULOS, 2003) tem gerado grande interesse na comunidade científica, o que pode ser observado na quantidade de artigos e documentos que dizem respeito a este paradigma. A mesma atenção é observada na indústria devido à flexibilidade em projeto de software, reuso de componentes de negócio distribuídos, capacidade de interoperabilidade e integração, além da simplicidade para se adicionar novos processos de negócio (WIEHLER, 2007).

Dentre as aplicações que utilizam este paradigma de arquitetura, encontram-se os sistemas móveis embarcados, principalmente integrados à Internet. Tais dispositivos merecem especial atenção devido às peculiaridades que estes tipos de sistemas apresentam (TSAI, *et al.*, 2007).

Sistemas de dispositivos móveis como celulares ou *Internet tablets* possuem restrições inerentes à sua natureza, tais como: limitações em largura de banda, capacidade de armazenamento e duração da bateria (HEATH, 2003). Estas questões influenciam diretamente a arquitetura destes sistemas, que em última instância afetam também a experiência do usuário.

Esta experiência não se traduz somente na facilidade de uso, mas também na satisfação do usuário ao conferir desempenho, tempo de resposta a requisições remotas ou até mesmo como as informações são apresentadas nestes dispositivos. Há a necessidade de pesquisas para criar uma arquitetura de referência voltada a serviços que satisfaçam os requisitos dos usuários de dispositivos móveis. Um passo para esta arquitetura é a especificação e modelagem de aplicações em diferentes áreas e estudos sistemáticos que identifiquem pontos da arquitetura afetados pelas restrições dos sistemas móveis.

Sistemas que utilizam estes dispositivos e que precisam executar parte do processamento remotamente são amplamente utilizados em vários domínios de aplicações como bancárias, governamentais, empresariais ou aplicadas *ae-science*, por exemplo.

Dentre as aplicações de *e-science* estão os sistemas de modelagem de distribuição de espécies baseado no conceito de nicho ecológico. Estes sistemas vem sendo amplamente utilizados em diversas áreas da ecologia. Tratam-se de técnicas matemáticas nas quais se aplica o fato de que o clima e alguns fatores físicos afetam as espécies para prever a extensão geográfica do seu nicho ecológico (SOBERÓN; PETERSON, 2005). Assim, com base em localizações conhecidas (ou ausência) de ocorrências de indivíduos de uma espécie relacionando-os com dados bioclimáticos é possível prever a probabilidade de se encontrar uma determinada espécie estudada em uma determinada região geográfica.

Os sistemas que fazem uso desta técnica utilizam dados conhecidos como variáveis ambientais que nada mais são que informações sobre a área a ser analisada em termos de relevo, clima, umidade, etc. Estes são dados que influenciam o modo de vida de uma espécie.

O tempo de criação do modelo computacional da espécie, ou seja, o mapa com a distribuição provável, é basicamente a soma do período necessário para a coleta e o período de processamento dos dados coletados.

O tempo necessário para se processar os dados coletados é influenciado pelo fato da modelagem requerer computação de alto desempenho, uma vez que há uma grande quantidade de informações que são processadas. Baseado em experimentos reais, comumente o tempo de modelagem de distribuição de uma espécie pode variar de horas a dias dependendo da área e das camadas biológicas que se está analisando.

Já o tempo de coleta se deve à atividade dos pesquisadores irem a campo para registrar dados de presença ou ausência da espécie em estudo. Este processo ainda não foi completamente automatizado precisando de uma investigação mais apropriada na área. Pode variar de dias a meses.

1.2. OBJETIVOS

Propor uma arquitetura orientada a serviços para sistemas móveis aplicada à modelagem de distribuição de espécies biológicas.

Os objetivos específicos dessa pesquisa são os seguintes:

- Especificar e projetar um sistema de modelagem de distribuição de espécies para dispositivos móveis.
- Desenvolver um protótipo do sistema proposto;
- Identificar os itens do sistema que requerem maior atenção ao se projetar um sistema orientado a serviços baseando-se nas restrições dos sistemas móveis.

1.3. METODOLOGIA

A primeira etapa da pesquisa envolveu um levantamento teórico sobre SOA, sistemas móveis, modelagem de distribuição de nicho ecológico e métricas. Esta primeira fase teve o intuito de caracterizar cada um destes elementos permitindo-se assim a compreensão dos conceitos e suas relações. Nesta etapa consideraram-se principalmente livros, artigos científicos, documentos técnicos, dissertações de mestrado e doutorado e pesquisa em *web sites* reconhecidos da Internet.

Ainda durante a fase de levantamento teórico foi feito um acompanhamento com as pesquisadoras Natasha Sohn e Mariana Anciãs do Instituto Nacional de Pesquisas Ambientais (INPA). Esta interação foi desempenhou um importante papel para o entendimento do processo de coleta de dados, para o levantamento de cenários de uso do sistema e identificação dos requisitos de sistemas móveis no processo de modelagem para identificação de espécies em campo. Para especificar e projetar a arquitetura baseada em serviços, utilizou-se um processo de engenharia descrita em ANDREI, *et al.* (2004). A arquitetura é baseada numa evolução da arquitetura existente no sistema *Openmodeller* (CRIA, 2009).

Em seguida foram realizadas atividades para identificar e especificar os elementos da arquitetura de forma a detalhar seu papel e como poderiam ser realizados.

Uma vez modelado o sistema foi realizada uma revisão de sua arquitetura com foco em identificar os fatores críticos referentes aos sistemas móveis, documentando em que

regiões da arquitetura estas questões a influenciam. Os fatores considerados foram desempenho, consumo de energia e utilização de recursos.

Depois de revisado o modelo, foi desenvolvido um protótipo do sistema de apoio à coleta de dados ambientais e foram realizados diversos experimentos para levantamento de métricas relacionadas à SOA e sistemas móveis. Com o resultado destes experimentos foi feita a análise destes dados e geradas algumas conclusões.

1.4. JUSTIFICATIVA

A proposta de uma arquitetura que viabilize a criação de projetos para sistemas móveis centrados no usuário é de grande importância na atualidade tendo em vista a grande quantidade de aparelhos celulares (*smartphones*) e aplicações que utilizam principalmente serviços disponíveis na internet, como aplicações bancárias, sistemas de localização geográfica (como o *Google Earth* e o *Google Latitude*), jogos e outros. Em muitos casos, diversos usuários não se sentem confortáveis com a utilização de seus celulares para realização destas tarefas devido principalmente a questões de usabilidade, uma vez que estes aparelhos têm telas menores e permitem menor liberdade de interação que em aplicações *desktop*. Fazer com que estes usuários tenham uma melhor experiência em utilizar estes sistemas poderá viabilizar diversas aplicações nas mais diferentes áreas do conhecimento.

Aplicações na área de *e-science*, por exemplo, como na modelagem de distribuição geográfica de espécies biológicas, oferece um avanço no método de coleta por aperfeiçoar e automatizar este processo. Este aperfeiçoamento pode ser ainda mais útil na modelagem de espécies que fornecem algum risco à população como, por exemplo, um estudo sobre o mosquito da dengue (*aedes aegypti*) (PETERSON; VIEGLAS, 2005)(BEARD, *et al.*, 2003).

Um cenário possível de utilização desse sistema aplica-se a grupo de pesquisadores em campo que identificam a ocorrência de espécies biológicas. Ao alcançar áreas com conexão a Internet seria possível gerar modelos parciais para a espécie pesquisada, integrando os dados de todos os pesquisadores que estão distribuídos geograficamente. Isto poderia reduzir consideravelmente o tempo de criação de um modelo, fazendo com que os pesquisadores tenham em mãos dados de distribuição de espécie com até algumas horas de trabalho. A obtenção das coordenadas

de localização é confiável, pois não depende de intervenção humana além de garantir que todos os dados serão sempre enviados para um servidor onde é armazenado, evitando possíveis perdas destes dados.

A utilização de sistemas móveis baseia-se no fato de se encontrar facilmente no mercado telefones móveis com *wireless* e GPS (requisitos necessários para este projeto) (SCHREINER, 2007). Estes dispositivos oferecem grande praticidade por especificações como seu tamanho, peso e custo, apesar de fornecerem todos os requisitos necessários para a coleta e transferência de informações.

Quanto à arquitetura orientada a serviços justifica-se por tratar-se de um sistema distribuído. Por outro lado, a utilização de Arquitetura Orientada a Serviços (SOA) oferece um paradigma de Modelagem de aplicações que facilita o reuso de componentes de negócio em rede, interoperabilidade e capacidade de integração (WIEHLER, 2007).

Todavia, SOA e o uso de Web Services requerem um tratamento especial quando os serviços fornecidos têm como clientes dispositivos especiais que possuem poucos recursos computacionais (TSAI, et al., 2006). Os serviços não podem transferir grandes volumes de dados pela rede uma vez que a rede de telefones celulares podem ser cobradas pela quantidade de bytes transmitidos, além de esses dispositivos não possuírem a mesma capacidade de armazenamento que um computador pessoal normal. Obviamente, o processo de modelagem em si deve ser executado do lado do fornecedor de serviços, já que requer computação de alto desempenho para a geração dos modelos, porém isto não pode impedir que o modelo seja observado e analisado na tela do celular de um pesquisador.

1.5. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho apresenta os seguintes capítulos:

O capítulo 1 é dedicado à esta introdução que apresenta o contexto, os objetivos, a metodologia utilizada e a justificativa para a realização deste trabalho.

No capítulo 2 é apresentada uma revisão da literatura. Apresentam-se conceitos necessários para o entendimento dos assuntos abordados durante o restante do texto, como conceitos relevantes de SOA, modelagem de distribuição de espécies e métricas, fazendo com que o leitor possa consultá-lo em caso de dúvidas em algum termo utilizado.

No capítulo 3 é apresentada a arquitetura proposta, bem como os principais elementos da modelagem do sistema móvel para apoio à coleta de dados ambientais.

O capítulo 4 apresenta o estudo de caso para o sistema móvel aplicado à modelagem de distribuição de espécies. Neste capítulo também são apresentadas as métricas coletadas, assim como a análise destes dados.

Já o capítulo 5 apresenta as conclusões, apontando as principais contribuições deste trabalho e possíveis temas para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados conceitos fundamentais utilizados na pesquisa.

2.1. COMPUTAÇÃO ORIENTADA A SERVIÇOS

A computação orientada a serviços (SOC) é um paradigma que está relacionado aos conceitos, princípios e métodos utilizados na arquitetura orientada a serviços (SOA) (PAPAZOGLU; GEORGAKOPOULOS, 2003). Este paradigma utiliza serviços como elementos básicos para o desenvolvimento de aplicações distribuídas em ambientes heterogêneos.

Serviços são unidades modulares de funcionalidades de negócio (ROSEN, *et al.*, 2008). Eles se auto-descrevem através do uso de descritores públicos. Esses descritores são usados para anunciar características do serviço, como capacidade, interface de comunicação, comportamento e qualidade.

Este paradigma propõe uma separação do desenvolvimento de software em três partes distintas: Construtores de aplicação (pelos engenheiros de software), provedores de serviço (pelos programadores) e *brokers* de serviço (une esforços de organizações de padronização, a indústria de computação e o governo) (HUHNS; SINGH, 2005). Os Provedores desenvolvem com linguagens tradicionais os serviços cujos todos os componentes utilizam protocolos de padrões abertos, chamadas de serviço ou *web services* caso o serviço precise ser disponibilizado através da internet. Já os *brokers* de serviço permitem que os serviços sejam registrados e publicados para acesso público. E os construtores de aplicação representam os usuários finais para especificar a lógica da aplicação por meio de linguagens de especificação de alto nível.

2.2. ARQUITETURA ORIENTADA A SERVIÇOS

É definida como sendo uma arquitetura de sistemas na qual uma coleção de serviços desacoplados (componentes) se comunicam uns com os outros utilizando

protocolos e mensagens padronizadas (CHEN; TSAI, 2006). É largamente usada em aplicações Web.

2.2.1. Composição de serviços

A composição é responsável pelas regras e funcionalidades de se agregar vários serviços em um único serviço composto. Desta maneira cada serviço tem o seu próprio papel individual, mas unindo-o com outros serviços se poderá gerar uma nova funcionalidade. Alcança-se desta maneira um valor de negócio à aplicação resolvendo-se problemas reais (PAPAZOGLU, *et al.*, 2007).

As regras de composição de serviços podem ser definidas em duas partes: orquestração e coreografia (ROSEN, *et al.*, 2008). A orquestração descreve o fluxo de trabalho de como os serviços irão interagir. É geralmente utilizado o *web service business process execution language* (WS-BPEL) como uma linguagem para fazer essa descrição. Já a coreografia descreve a sequência de mensagens entre os serviços. A linguagem utilizada é a *web service choreography language* (WS-CDL).

2.2.2. SOA aplicada a sistemas móveis

Este capítulo apresenta as referências bibliográficas que apresentam maior destaque para a pesquisa. As que merecem maior atenção são aquelas que abordam a utilização de SOA para sistemas móveis.

Os sistemas móveis têm se apresentado como alvo de diversas pesquisas devido ao grande número de aplicações para celulares e principalmente com a chegada do uso da internet nestes dispositivos. Uma destas pesquisas é apresentada em Tergujeff et al. (2007), que mostra uma proposta de extensão do SOA para uso por sistemas móveis com baixo poder de processamento. É feito um estudo de viabilidade de se executar *Web services* nestes dispositivos e se conclui que apesar de existir tecnologia suficiente, a utilização de um *Web server* neles esbarra em desafios de comunicação, memória e desempenho. Este resultado é interessante pois a pesquisa que será apresentada na dissertação tem como base a utilização de SOA em dispositivos móveis, mas não que processamentos pesados sejam executados neles.

Em Bosch et al. (2007) são discutidos meios de se utilizar serviços para dispositivos móveis. Uma das maneiras que o autor aponta é implementar um esquema cliente-servidor nativamente no dispositivo. Isto significa que a tecnologia utilizada dependerá do dispositivo alvo, como a linguagem de programação utilizada por exemplo. Neste caso o sistema oferece uma experiência do usuário melhor devido a utilizar características nativas do sistema, porém portabilidade, entregabilidade e escalabilidade de negócio são difíceis de serem alcançados. Este conceito mostrado no texto do autor apresenta um importante fator para a pesquisa que está sendo realizada, uma vez que a arquitetura proposta irá necessitar de alguma implementação específica para o dispositivo alvo. Todavia, com esta arquitetura as questões levantadas poderão ser melhoradas. Para se ter esta comprovação serão realizados experimentos com o estudo de caso comentado na metodologia.

Existem diversos trabalhos que tentam relacionar a utilização de uma arquitetura orientada a serviços a sistemas móveis ou aos sistemas embarcados. Um primeiro exemplo encontra-se em Tsai et al.(2006) no qual os autores propõem uma modificação na arquitetura tradicional orientada a serviços, o RTSOA (do acrônimo em inglês Real-Time SOA), com foco em questões críticas do paradigma que são afetadas pelos sistemas de tempo-real. É observado neste trabalho tanto o lado de quem provê o serviço quanto do lado de quem o consome.

Hamdy e König-Ries (2006) sugere uma forma de tornar disponíveis diversos serviços na utilização de um *smartphone*, através da interação entre os próprios aparelhos. Cada dispositivo móvel possui uma quantidade limitada de tarefas que eles podem realizar, porém através da comunicação wireless com outros dispositivos é possível alcançar tarefas mais complexas. Cada dispositivo descreve as funcionalidades que ele oferece publicamente. Uma arquitetura genérica para aplicações orientadas a serviço é composta por um Provedor (servidor), um solicitante (cliente) e um repositório onde são armazenados os descritores dos serviços. Segundo o autor, orientação a serviço em computação móvel só é benéfico se for permitida total automação. Em particular, deve ser possível automatizar combinações de ofertas e requisições e automaticamente configurar e invocar serviços. Para o primeiro caso, os descritores da oferta e da demanda devem fornecer informações suficientes, para automatizar uma combinação de serviços. Uma funcionalidade pode precisar de mais de um dispositivo para alcançar uma dada funcionalidade.

Alguns fatores sobre composições ótimas são levantadas pelo autor, como que serviço se deve escolher quando dois dispositivos oferecem ou em que ordem e onde combinar serviços. É descrito o estado atual e os futuros desafios sobre descritores de serviços, descoberta e composição e execução de serviços. Um dos tipos de requisições são aquelas dependentes de contexto. Segundo o autor, a maioria das requisições são dependentes de contexto, o qual inclui localização do usuário, suas preferências, o dispositivo que está sendo usado, a conexão de rede, etc.

Já o trabalho descrito em Zhang, Kunz e Hansen (2007) apresenta um *middleware* móvel inteligente chamado PLIMM. Apesar de este trabalho não envolver SOA é relevante para a pesquisa que está sendo proposta devido a apresentar técnicas aplicadas em sistemas móveis para cenários de aplicações centradas nos usuários. Este *middleware* está imerso na computação pervasiva, devido à uma dos maiores objetivos deste conceito ser o usuário estar no centro do sistema. Além disto, este sistema considera diversos aspectos de contexto para a centralização no usuário no ambiente de computação pervasiva.

2.3. Modelagem de distribuição de espécies

A modelagem de distribuição de espécies é uma forma de análise aplicada principalmente à biologia que utiliza avançados sistemas de informação geográfica (PETERSON, 2001).

Para se entender do que se trata esta modelagem é preciso entender o conceito de nicho ecológico: segundo Hutchinson (1957) nicho ecológico é definido como “um espaço com um volume n-dimensional onde cada dimensão representa o intervalo de condições ambientais ou de recursos necessários para a sobrevivência e reprodução da espécie”.

Em (PETERSON, 2001), nicho ecológico é definido como o conjunto de condições ecológicas nas quais uma espécie é capaz de manter populações sem imigrações.

Segundo estes conceitos o nicho ecológico nada mais é que uma determinada região onde um conjunto de fatores favorece a sobrevivência da espécie. Essas características ambientais podem ser, por exemplo, temperatura, umidade, salinidade,

pH, recursos alimentares, intensidade luminosa, pressão predatória, densidade populacional, entre outras. Basicamente, eles influenciam onde e o modo de vida destas espécies. Esses fatores ambientais são limitantes e permanecem relativamente constantes no intervalo de tempo relativo ao tempo de vida desses animais (BAZZAZ, 1998).

O nicho ecológico é dividido em fundamental e realizado. Nicho fundamental é definido como sendo o conjunto de condições ambientais necessárias para a sobrevivência de uma espécie sem considerar a influência de predadores ou de outras espécies. Já o nicho realizado é aquele onde a espécie realmente ocorre (MALANSON; WESTMAN; YAN, 1992). Pode-se dizer que o nicho realizado é um subconjunto do fundamental.

A modelagem preditiva de distribuição de espécies tem seu principal fundamento justamente no conceito de nicho ecológico. Ele propõe uma solução baseada em inteligência artificial para prever a provável distribuição geográfica de uma espécie.

2.3.1. Importância da modelagem

A modelagem de distribuição de nicho ecológico desempenha importante papel na ecologia. Entre as principais aplicações está o planejamento de áreas para preservação ambiental (AUSTIN, 2002)(GUISAN; ZIMMERMANN, 2000)(SOHN, 2009). A escolha de uma área de preservação requer conhecimento sobre o nicho ecológico de uma espécie. Com a modelagem preditiva é possível identificar estatisticamente estas áreas.

Outra área na qual a modelagem vem se impulsionando está nas pesquisas de mudança de clima (IVERSON; PRASAD; SCHWARTZ, 1999)(PETERSON, *et al.*, 2001), que visam identificar como os seres podem ser afetados com o aquecimento global.

Entre outras aplicações podem ser encontradas também: recolocação de espécies na natureza, gerenciamento de espécies e habitat, biogeografia e outros (GUISAN; ZIMMERMANN, 2000).

2.3.2. Processo de modelagem

A fase de modelagem é onde os dados de presença e ausência juntamente com os dados ambientais são processados por um sistema computacional que irá gerar os modelos.

Existem diversos algoritmos que são utilizados para identificar regiões similares às regiões onde a espécie se encontrava (ANDERSON; LEW; PETERSON, 2003). A seguir serão discutidos os principais tipos de modelos de distribuição de espécies.

Basicamente, os sistemas de modelagem de distribuição de espécies são classificados em dois grandes grupos: aqueles que utilizam apenas dados de presença e os que utilizam tanto presença quanto ausência (ELITH; GRAHAM; NCEAS, 2006).

Aqueles que utilizam os dados de presença e ausência podem ser divididos ainda em modelos que utilizam dados de apenas uma espécie e os que usam o conceito de comunidade, ou seja, usam dados de presença das outras espécies que cercam o nicho ecológico da espécie alvo.

Métodos que utilizam apenas presença: Dentre os métodos desta categoria encontra-se os métodos de envelopes bioclimáticos (ou comumente chamado Bioclim) que são talvez os mais antigos utilizados na modelagem preditiva. Utiliza um conjunto de atributos de clima para a região estudada para derivar um perfil do habitat adequado baseado nos limites observados para cada atributo (CARPENTER; GILLISON; WINTER, 1993).

Métodos que utilizam dados de presença e supõem ausência: Estes métodos utilizam as variáveis ambientais explicativas juntamente com os dados de presença e ausência. Na falta dos dados de ausência, alguns modelos a simulam. Dentre eles se encontram o *Boosted decision tree* (BRT), algoritmos genéticos (GARP), modelo linear aditivo (GAM), modelo linear generalizado (GLM), modelo de dissimilaridade generalizado para apenas uma espécie (GDS-SS), redes neurais (NNETW) e *Ecological Niche Factor Analysis* (ENFA)(IWASHITA, 2008). Há ainda o de Máxima Entropia (Maxent) que utiliza dados somente de presença, sendo um método para realizar previsões ou inferências a partir de informações incompletas (PHILIPS; ANDERSON; SCHAPIRE, 2006).

Métodos que utilizam o conceito de comunidade: Também são chamados de modelos generalizados de dissimilaridade (GDM). Modelam o volume espacial realizando

a composição da comunidade entre pares de espécies. Fazem parte desta classificação o próprio GDM e o *Multivariate Adaptive Regression Splines for Communities* (MARS-COMM).

Dentre as fases do processo de modelagem, existe uma na qual é feita a análise dos modelos. Esta análise consiste basicamente em realizar uma comparação entre os pontos de presença e ausência disponíveis com o modelo que foi gerado. Uma técnica utilizada é usar metade dos pontos coletados para serem usados nesta fase de análise do modelo, ou ainda utilizar pontos conhecidos em bancos de dados para realizar esta verificação (SANTANA, *et al.*, 2008).

Nesta fase são utilizadas técnicas essencialmente estatísticas. A mais comum é a matriz de confusão dos erros e acertos associados à previsão dos modelos (IWASHITA, 2008). Nesta matriz são encontrados os chamados verdadeiros positivos (a), verdadeiros negativos (d), falsos positivos (b) e falsos negativos (c).

Tabela 1 - Matriz de confusão dos erros e acertos associados à previsão dos modelos

		Real	
		+	-
Predito	+	A	B
	-	C	D

Utilizando cálculos matemáticos são encontrados dados úteis sobre o modelo como prevalência $((a+b)/N)$, poder de diagnóstico global $((b+d)/N)$, sensibilidade $(a/(a+c))$ e especificidade $(d/(b+d))$, onde N é o número de espécies. A prevalência, por exemplo, é o total da área de estudo em que a espécie realmente ocorre.

Uma das técnicas para se representar algumas destas informações é a curva ROC, que representa a avaliação do modelo pelo gráfico formado do cruzamento da sensibilidade com a especificidade, independente da prevalência. A área sob a curva é a medida de desempenho, onde quanto mais próximo de 1 for a área, melhor (MANEL; WILLIAMS; ORMEROD, 2001).

Existem diversas ferramentas utilizadas pelos pesquisadores para gerar os modelos. Os que merecem destaque são: OpenModeller, Diva-GIS, Bioclim, Biomapper, Projeto R, S-Plus, GBM e Desktop GARP.

2.4. Métricas

Neste capítulo será apresentado o conceito de métricas assim como as principais métricas encontradas na literatura que dizem respeito à arquitetura orientada a serviços e a sistemas móveis.

Primeiramente, é necessário entender o significado da palavra métrica: a métrica define qualquer quantidade mensurável, enquanto que uma métrica de desempenho define qualquer quantidade mensurável que indica algum aspecto do desempenho (Deru & Torcellini, 2005).

Ainda segundo Deru & Torcellini (2005), as métricas de desempenho devem possuir as quatro características seguintes:

- Ser mensurável;
- Ter uma definição clara;
- Indicar o progresso com relação a um objetivo de desempenho;
- Responder a questões específicas sobre o desempenho.

As métricas são uma importante ferramenta no auxílio a análise de sistemas, algoritmos, métodos e outros, pois provêem uma maneira de utilizar os mesmos parâmetros que permitem a comparação entre elementos da mesma espécie. Assim as métricas podem ser utilizadas para identificar as limitações de um sistema, que segundo a teoria das limitações (Theory of Constraints - TOC) por Eliyahu M. Goldratt em qualquer sistema complexo existe geralmente um aspecto que limita sua habilidade de atingir seus objetivos ou funcionalidade ótima. Para se atingir qualquer melhoria significativa do sistema, a limitação deve ser identificada e resolvida, ou seja, a aplicação vai ser tão rápida quanto os seus gargalos.

Existem algumas pesquisas para medição do desempenho de sistemas móveis e também existem algumas métricas para arquiteturas orientadas a serviço. Nesta seção é apresentada uma revisão da literatura com algumas dessas métricas para ambos os casos, com o intuito de identificar as métricas adequadas para o caso especial de SOA aplicada a sistemas móveis.

2.4.1. Métricas para SOA

Existem diversas métricas já levantadas na literatura que dizem respeito à arquitetura orientada a serviços. A seguir são mostradas algumas destas métricas agrupadas por atributos de qualidade. As definições a seguir são baseadas nos trabalhos de (CHOI, *et al.*, 2007a), (CHOI, *et al.*, 2007b), (RUD, *et al.*, 2006), (HER, *et al.*, 2007) e (Monsalve, 2007). Relativas a tempo: São aquelas utilizadas para medir fatores relacionados a tempo.

- Tempo de resposta de serviço: É o tempo decorrido desde o fim de uma requisição a um serviço e o início da resposta do serviço. Definido por

$TRS = T_{fr} - T_{ss}$, onde T_{fr} é o momento em que o serviço consumidor finalizou a sua requisição e T_{ss} é o momento no qual o serviço consumidor começou a receber a resposta do serviço provedor.

- Think time: É o tempo decorrido desde o fim de uma resposta gerada por um serviço até o início de uma resposta de usuário final.
- Tempo de espera: É o tempo gasto por um serviço na fila antes que comece a executar o seu processamento.
- Tempo de turnaround de serviço: É o tempo necessário para se pegar o resultado de um grupo de atividades relacionadas com uma transação. Geralmente pode incluir diversas respostas de serviço. É dado pela seguinte formula:

$$TTA = \sum TRS + \sum TT, \text{ onde } TT \text{ é o Think Time.}$$

- Throughput: Representa o numero de requisições processadas em um dado periodo de tempo. Definido por:

$Tp = Nr / t$, onde Nr é o número de requisições processadas completamente e " t " é a unidade de tempo.

Relativas à disponibilidade: Basicamente existem dois tipos de serviço: serviços atomicos que funcionam como web services e serviços compostos que funcionam como processos de negócio. Para cada um desses tipos são definidas métricas para medir disponibilidade:

- Disponibilidade de processo de negócio: definida por $TOPN / (TOPN + TRPN)$, onde $TOPN$ representa o tempo de operação do processo de negócio e $TRPN$ representa o tempo de reparo do processo de negócio.
- Disponibilidade do Web service: definido por $TOWS / (TOWS + TRWS)$, onde

TOWS representa o tempo de operação do web service e TRWS, o tempo de reparo do web service.

Relativas à confiabilidade: São utilizadas para medir dados que refletem o quanto confiável é o sistema orientado a serviços levando-se em conta as falhas que os serviços oferecem.

- Proporção de resposta confiável: É utilizada para medir a proporção de quantas respostas são confiáveis em meio ao total de requisições respondidas. Dado por:

$PRC = N_c / N_{tr}$, onde N_c é o número de respostas confiáveis e N_{tr} é o número de total de respostas.

- Proporção de falha de serviço: É a medida da proporção de quantos serviços falham durante um intervalo de tempo específico. Representado por:

$PFS = N_f / t$, onde N_f é o número de falhas e t , o período de tempo.

- Tempo médio entre falhas de serviço: Indica o tempo médio entre falhas consecutivas do serviço. Dado por:

$TMEF = \Sigma PFS / N_f$, ou seja, a soma de todas as proporções de falhas de serviço dividido pelo número total de falhas.

Relativas à Discoverability:

- Proporção de Interfaces encontradas: Utilizada para medir a proporção de quantas interfaces são descobertas em tempo de execução. É dada pela seguinte expressão:

$PoIE = N_{idd} / N_{ti}$, no qual N_{idd} é o número de interfaces descobertas dinamicamente e N_{ti} é o número total de interfaces a serem descobertas.

- Precisão de Interfaces encontradas: Indica a proporção de quantas interfaces apropriadas são descobertas. Dado pela seguinte expressão:

$PeIE = N_{ia} / N_{idd}$, onde N_{ia} é o número de Interfaces Apropriadas e N_{idd} é o número de Interfaces descobertas dinamicamente.

- Discoverability dinâmica: Este atributo mede a capacidade do serviço de ser efetiva e precisamente encontrado em tempo de execução. Dado pelo produto do $PoIE$ e $PeIE$, ou seja:

$$DD = PoIE * PeIE = (N_{idd} / N_{ti}) * (N_{ia} / N_{idd}) = N_{ia} / N_{ti}$$

Relativas à adaptabilidade: As métricas a seguir tratam da capacidade dos serviços de um sistema poderem se adaptar de forma a satisfazerem as necessidades do serviço consumidor, uma vez que sejam conhecidas essas necessidades.

- Cobertura de variância: Um serviço possui diversos pontos que podem sofrer variações e a adaptabilidade mede se esses pontos variáveis podem ser adaptados com sucesso para um determinado serviço. A cobertura de variância mede quantos pontos de variação podem ser adaptados de acordo com o propósito do serviço consumidor. É dado por:

$CV = Npva / Npv$, onde $Npva$ são os pontos de variação adaptados e Npv é o total de pontos de variação do serviço

- Proporção de resolução de não combinações: Adaptabilidade externa mede se uma não combinação de serviço é bem resolvida para satisfazer requisito do serviço consumidor. Cada não combinação pode ser resolvida ou não. A proporção de resolução de não combinações representa a quantidade de não combinações podem ser resolvidas. É dado por:

$PRNC = Nncr / Nnc$, onde $Nncr$ é o número de não combinações resolvidas e Nnc , o número total de não combinações.

- Adaptabilidade: A adaptabilidade é uma métrica combinada da Cobertura de variância e a proporção de resolução de não combinações. Segue a formula:

$Ad = wcv * CV + wprnc * PRNC$, onde wcv e $wprnc$ são os pesos para a cobertura de variância e para a proporção de resolução de não combinações respectivamente e seu valor varia de 0.0 a 1.0.

2.4.2. Métricas para Sistemas Móveis

Algumas das medidas utilizadas para os sistemas móveis e para as arquiteturas orientadas a serviço são aquelas relativas às estruturas de software compõem a solução. Devido principalmente às restrições dos terminais móveis, os desenvolvedores de sistemas dessa natureza precisam otimizar a utilização dos recursos com relação por exemplo ao tamanho do executável que será utilizado.

- Tamanho do código executável: Tamanho em bytes do arquivo executável da aplicação sem os outros arquivos que a aplicação poderá por ventura baixar. Códigos menores melhoram o desempenho porque a maior parte do programa é carregado em memória em tempo de execução. Como exemplo pode-se citar

um arquivo bin para o sistema operacional Linux ou .sis para um celular rodando Symbian.

- Tamanho de memória do objeto: Tamanho em bytes dos objetos quando carregados em memória.
- Tamanho da execução de memória: A soma de todos os objetos em execução resultam no volume de memória utilizada em um determinado instante. Poderá ser calculada um tamanho médio ou instantâneo, medido em bytes.
- Volume de execução do método: O tamanho de memória extra necessária durante a execução de um método, medido em bytes.
- Intensidade do corpo do método: A intensidade de processamento de um método em termos de instruções executáveis, medido em unidades inteiras.
- Volume da interface do método: O tamanho combinado dos parâmetros de uma interface de um método. Medido em bytes, é o tamanho dos parâmetros serializados.
- Frequência de invocação do método: Medido em unidades inteiras é a proporção de vezes que acontece uma chamada a um método.

Referentes ao desempenho:

- Tempo de execução do método: É o custo de execução de um método, ignorando quaisquer despesas associadas à semântica da chamada.
- Tempo de invocação do método: O custo de se chamar um método, independente do seu processamento atual.
- Tempo de migração de objeto: O custo de se mover uma instância de um objeto entre *hosts*.
- Tempo de espera: Tempo de atraso antes que o serviço possa ser utilizado. Deve-se ao atraso do terminal móvel, atraso do servidor estático e ao tráfego na rede ou problemas de comunicação.

Referentes à confiabilidade:

- Tempo médio entre falhas (Especifica o nível de sucesso de um sistema móvel ao realizar as tarefas nos cenários dos usuários em um período de tempo. As falhas podem ocorrer à falhas no software ou no hardware do sistema móvel, erro de comunicação wireless ou falha na operação do servidor)
- Tempo médio para reparo (Em servidores o tempo médio para reparo pode ser avaliado com técnicas tradicionais, já em dispositivos móveis, nos quais as

falhas são mais frequentes, o reparo pode ser feito reiniciando o software ou o dispositivo)

Referentes à utilização de recurso:

- Capacidade da rede: Largura de banda entre dois dispositivos. Medido em bytes/s e é dado pela sigla CR.
- Uso da rede: A largura de banda agregada entre dois dispositivos. Medido em byte e representado por UR.
- Capacidade da memória: A memória total disponível em um dispositivo. Medido em byte e representado por CM.
- Uso da memória: Memória agregada utilizada de um dispositivo. Medido em byte e representado por UM.
- Capacidade de processamento: O poder de processamento de um dispositivo.
- Uso de processamento: O uso agregado de processamento de um dispositivo.

2.5. Considerações parciais

Neste capítulo foram apresentados os principais fundamentos, baseados na literatura, dos temas que serão utilizados nos próximos capítulos. Os fundamentos sobre SOA foram usados no capítulo 3 para a realização da modelagem do sistema, bem como na implementação do protótipo que utiliza os serviços de modelagem de distribuição de espécies para sistemas móveis. As métricas discutidas neste capítulo serviram também de base para entender quais métricas são comumente utilizadas tanto para a arquitetura SOA quanto para os sistemas móveis. No entanto, nem todas as métricas encontradas na literatura e que foram mostradas neste capítulo serão utilizadas, pois a proposta é utilizar somente aquelas que satisfazem tanto a arquitetura orientada a serviços, quanto os sistemas móveis, além de satisfazerem os demais requisitos do sistema que está sendo proposto.

3. PROPOSTA DE ARQUITETURA

Com a pesquisa bibliográfica e entendimento do contexto dos sistemas móveis, foi possível elaborar a proposta inicial da arquitetura centrada no usuário. Os trabalhos relacionados foram importantes nesta fase para identificar as áreas que necessitavam de mais pesquisa e o estado da arte nesta área.

Para a concepção do sistema de apoio à coleta de dados, o contato com profissionais da área de biologia e ecologia foi um primeiro passo importante para a compreensão das suas reais necessidades. A Professora Doutora Marina Anciães e a Mestre em Biologia Natacha Sohn, do Instituto de Pesquisas da Amazônia (INPA) foi o principal contato na instituição. Os pesquisadores do INPA puderam mostrar como é o processo de modelagem desde a coleta até a análise do modelo criado. Com este acompanhamento foram observados diversos problemas de usabilidade apresentados pelos sistemas de modelagem, tais como grandes quantidades de informações, necessidade de conhecimento prévio da ordem das atividades, entre outros.

Foi realizada parte da modelagem do sistema para estudo de caso levando em consideração a necessidade dos usuários em campo e buscando justificar a sua importância. O entendimento do processo de negócio foi uma fase importante já terminada nesta modelagem, pois utilizando-se diagramas IDEF0 foi possível validar com os próprios pesquisadores se o entendimento estava correto. Esta validação teve o objetivo de garantir um sistema que realmente suprisse as necessidades do usuário.

3.1. Entendendo o processo de coleta e modelagem

Para se entender como é dado o processo de modelagem, foi feito um acompanhamento do processo com pesquisadores do INPA, cujo resultado é mostrado neste capítulo.

Basicamente a modelagem preditiva de nicho ecológico ocorre em três fases: coleta, modelagem propriamente dita e análise dos modelos. Na Figura 1 é mostrado um diagrama IDEF0 utilizado para representar o plano de negócio da modelagem. Pode-se observar nesta figura que para se obter um modelo validado é preciso seguir a seguinte

sequência: primeiro coletam-se os dados. Em seguida, as entradas da fase de criação do modelo são os dados coletados e as variáveis ambientais, que são processados com o apoio de um conjunto de algoritmos preditivos, gerando assim o modelo e uma série de indicadores sobre este modelo. Com base nestes indicadores é possível validar o modelo gerado, avaliando a qualidade do modelo gerado.

Figure 1 - Diagrama IDEF0 do processo de modelagem preditiva de distribuição de espécies.

A primeira fase da modelagem consiste em se obter os dados de presença ou ausência da espécie a ser estudada. Ambos são coordenadas de latitude e longitude. O dado de presença representa a incidência ou a abundância da espécie em determinado posicionamento ou área.

Já o dado de ausência é onde houve a procura por aquela espécie em uma determinada região, mas não foi encontrado nenhum indivíduo (ENGLER; RECHSTEINER, 2004). A ausência pode ocorrer pelos seguintes fatores segundo Philips, Anderson e Schapire (2006):

- A espécie estava presente, mas não pôde ser detectada;
- O habitat é adequado, mas por questões históricas a espécie se encontra ausente;

- O habitat é inadequado.

Na Figura 2 é observado o diagrama IDEF0 para o processo de coleta, ou seja, representa o próximo nível do IDEF0 da Figura 1 para o componente de Coleta. Com base nesta figura, observa-se que é necessário seguir os seguintes passos para se fazer a coleta dos dados de uma espécie:

1 – Selecionar a área a ser estudada: Esta é a fase onde se delimita a área utilizada para se fazer a coleta. A espécie serve como uma das entradas para esta fase devido ao fato de geralmente uma espécie ser encontrada historicamente em uma determinada região geográfica (PHILIPS; ANDERSON; SCHAPIRE, 2006). Esta região pode ser, por exemplo, a região amazônica ou toda a Austrália.

2 – Escolha da resolução espacial: Resolução espacial trata da escala que será utilizada para a coleta. Esta é uma fase importante que precisa ser enfatizada. A escolha da resolução pode influenciar na interpretação do modelo, uma vez que alguns padrões podem ocorrer em uma determinada resolução, mas em outra escala pode não ser perceptível (GUISAN; THUILLER, 2005). Existem algumas técnicas que ajudam a identificar a melhor resolução a ser utilizada na modelagem como em Isaaks e Srivastava (1989), que sugere a utilização de variogramas para determinação do intervalo de amostragem.

3 – Recuperação de ocorrências em outros registros: Trata-se de se obter os dados de ocorrência de outras fontes como museus, zoológicos ou órgãos ambientais. Existem algumas entidades que mantêm uma base de dados com grandes números de coleções ambientais tais como o GBIF, *Ornis* e o *SpeciesLink*.

Figure 2 - Diagrama IDEF0 para o processo de coleta de dados de espécie.

4 – Determinação dos pontos de escuta: Determinam-se quantos e onde serão posicionados os pontos para observação da espécie. Baseando-se na resolução espacial que foi escolhida e nos pontos de ocorrência já conhecidos pretende-se promover a melhor distribuição possível destes pontos.

5 – Determinação do horário de coleta: Trata-se da estratégia que tornará mais eficiente a observação. Algumas espécies possuem hábitos noturnos e outros diurnos, além de algumas circunstâncias climáticas afetarem esses hábitos como intenso calor, etc. Assim, faz-se necessária a determinação desses horários.

6 – Observação: Nesta fase são aplicadas técnicas para o censo da espécie estudada. Estas técnicas visam tanto a verificação de presença quanto de ausência. A ausência (ou registro zero como também é chamado)(ENGLER; RECHSTEINER, 2004) é um fator de destaque devido à dificuldade em se obter tal dado (PHILIPS; ANDERSON; SCHAPIRE, 2006). Dependendo da espécie pode-se utilizar, por exemplo, gravadores que reproduzam o som da fêmea ou do macho de forma a atrair uma espécie que se encontre na região, como em (SOHN, 2009). É necessário também a determinação do tempo que se fará a observação e o número de tentativas.

7 – Registro: Os dados de presença ou ausência são armazenados em meio eletrônico. Basicamente cada registro contém as seguintes informações: identificador do ponto de escuta, latitude, longitude, tipo de observação (avistamento, localização de ninho, audição, etc) e a data do registro. Dentre estes, as coordenadas de latitude e longitude são as que merecem maior destaque. É utilizado um aparelho GPS para se conseguir estas coordenadas.

3.2. Proposta de arquitetura

Entendido o processo de modelagem e coleta, este capítulo se propõe a especificar uma arquitetura de um sistema móvel aplicado à modelagem de distribuição de espécies. Basicamente seguiu-se o processo descrito em ANDREI, *et al.*(2004), o qual descreve um processo para a concepção de uma arquitetura orientada a serviços, e que combina os padrões da IBM para e-business e conceitos da computação orientada a serviços para resolução de problemas encontrados na indústria.

Segundo ANDREI, ET AL.(2004), a primeira etapa para a modelagem do sistema é a definição do domínio. Assim, a Figura 3 apresenta os principais casos de uso do sistema, definindo assim o domínio do sistema.

Figure 3 - Casos de uso do sistema

O sistema possui dois atores: o administrador e o pesquisador. O Administrador é responsável por configurar os projetos e atribuir permissões aos pesquisadores. O Administrador herda as características do pesquisador, ou seja, ele também pode exercer as mesmas funções atribuídas ao administrador.

O pesquisador realiza o papel de uso principal do sistema: a coleta de dados e visualização de modelos. Suas atividades com o servidor são realizadas mediante um prévio *login* no sistema e em um projeto.

Podem existir diversos projetos configurados no servidor. Cada usuário irá entrar em um dos projetos ao qual lhe foi dado permissão.

Para mais detalhes sobre cada caso de uso veja anexo 1.

A etapa 2 de ANDREI, ET AL.(2004) consiste na criação de modelo do serviço objetivo. Este modelo deverá satisfazer os seguintes aspectos, baseados no domínio da aplicação: 1) Geolocalização; 2) Dados de camadas bioclimáticas; 3) Algoritmos de modelagem; 4) Pós-análise; 5) Geradores de mapas; 6) Identificador de contexto; 7) Qualidade.

Os próximos passos sugeridos por ANDREI, ET AL.(2004) consistem na especificação dos subsistemas, alocação de serviços e especificação de componentes. Os subsistemas devem corresponder às necessidades identificadas na fase anterior, assim, são eles: 1) Provedor de dados de localização; 2) Provedor de dados ambientais; 3) Provedor de Algoritmos de modelagem; 4) Provedor de pós-análise; 5) Gerador de mapa; 6) Processador de contexto; 7) Gerenciador de qualidade.

No passo 4 os serviços são alocados dentro de cada subsistema, mantendo o desacoplamento entre os serviços. Assim, os principais serviços respectivos são os seguintes: 1) Pontos de Presença e Pontos de Ausência; 2) Camadas; 3) Algoritmos de modelagem; 4) Pós análise;; 5) Model; 6) Contexto; 7) Dados de qualidade. A Figura 4 apresenta o diagrama de componentes do sistema.

Figura 4 - Diagrama de componentes da arquitetura

A Figura 5 apresenta uma visão de alto nível da proposta de uma arquitetura baseada em trabalhos que envolvem SOA e sistemas móveis. Esta arquitetura visa uma modelagem fim a fim dos serviços de modo a se adaptarem às necessidades do usuário. Utilizando esta arquitetura será possível adicionar novos serviços e fazê-los automaticamente modificarem a aplicação visualizada no dispositivo, permitindo a sua personalização a partir de um lugar centralizado.

Figure 5 - Arquitetura proposta para sistemas móveis aplicado à modelagem de distribuição de espécies

Esta arquitetura visa garantir também fatores de qualidade que são exigidos para dispositivos móveis. Esta qualidade será garantida utilizando resultados de pesquisas nessa área.

Os principais componentes desta arquitetura são apresentados a seguir.

3.2.1. Controlador de contexto

As requisições do serviço dependem do contexto no qual se está inserido, por este motivo é proposto este componente, o qual fornecerá ao componente de busca, informações relevantes ao tipo de serviço que deverá ser encontrado. Exemplos de contexto são características do dispositivo, preferências e perfil do usuário, localização ou conexão de rede.

3.2.2. Gerenciador de qualidade

O principal objetivo deste componente é garantir a qualidade dos serviços e aplicações prestados ao usuário do dispositivo móvel. A qualidade pode ser influenciada por diversos fatores incluindo infra-estrutura de rede e o hardware (capacidade do dispositivo, conectividade de rede), pelo nível de qualidade provido pelos serviços e as características do usuário final (mobilidade, tráfego gerado, etc) (MABROUK; GEORGANTAS; ISSARNY, 2009).

Identificar como a arquitetura influencia na experiência do usuário de dispositivos móveis significa dizer que precisam ser tratadas propriedades não-funcionais do sistema, como parâmetros de QoS. Manualmente os desenvolvedores podem fazer com que o sistema tenha os parâmetros não-funcionais satisfeitos. Este componente visa, então, automatizar o tratamento destes parâmetros para dispositivos móveis.

Um dos desafios desta estratégia está no fato de a especificação precisar ser entendível por máquina de forma a garantir a automação da gerência de qualidade

3.3. Modelagem do cliente

Este capítulo abordará as informações de projeto deste sistema considerando-se o lado cliente, ou seja, o lado móvel do sistema.

Primeiramente, as principais funcionalidades do sistema, baseando-se nos casos de uso apresentados na sessão anterior são basicamente as seguintes: efetuar login, realizar a configuração relacionada à modelagem, gravação dos pontos de presença e ausência, visualização do modelo, navegação no mapa e meios para exportar os dados obtidos.

Mais especificamente, com relação à configuração, as principais mudanças que o usuário poderá executar são relacionadas ao GPS do aparelho, escala e download de mapas e configurações de modelagem, neste último podem ser configurados os

algoritmos de pré-análise, as camadas bioclimáticas, assim como os algoritmos de modelagem e seus parâmetros.

3.3.1. Restrições do sistema

Um dos maiores desafios deste projeto está na questão de comunicação entre o celular e o provedor de serviços. Como grande parte dos casos de uso deste sistema irão se passar em lugares que geralmente não possuem redes de comunicação com a internet, este sistema deverá trabalhar grande parte do tempo em modo off-line.

O principal objetivo da aplicação está em automatizar a coleta dos dados e seu envio para o servidor, porém não visa que seja possível enviar os dados sempre que ocorrer o evento de coleta, mas sempre que houver rede disponível. Durante o funcionamento em modo off-line o aplicativo será capaz de armazenar as coordenadas atuais, mostrar modelos salvos e análise desses modelos.

Outra questão está relacionada ao poder de processamento dos dispositivos. A modelagem preditiva de distribuição de espécies requer computação de alto desempenho (SANTANA et al., 2008). A geração de um modelo pode levar entre horas e dias para ficar pronta. Devido a este fato não é possível fazer o processamento em dispositivos móveis como celulares ou *Internet tablets*, uma vez que possuem um poder de processamento muito inferior ao necessário.

Para que seja possível ter acesso via aparelhos celulares a modelos de distribuição de espécies será utilizada a comunicação com um servidor que disponibilizará interfaces para receber os dados de localização e para envio dos modelos gerados por ele.

Há também uma restrição de negócio. Este tipo de pesquisa no Brasil precisa se encaixar em algumas normas do país sobre transferência de dados de biodiversidade. Estes dados precisam, em muitos casos, ser mantidos em sigilo. Estas medidas visam a proteção da propriedade ambiental do país e dos próprios animais.

Este tipo de preocupação é importante para o Brasil uma vez que sozinho possui 20% do número total de espécies do planeta. Em agosto deste ano foi publicada a

portaria 693 pelo ministério da ciência e tecnologia que normatiza a manipulação e confecção dos dados de pesquisa sobre biodiversidade. Esta portaria se justifica pelas seguintes considerações:

Dentre as principais definições da portaria 693/2009 estão:

- Sobre a gestão e autoria dos dados: Normatiza os autores e como esta autoria deve ser publicada.
- Sobre as condições de uso e acesso à base de dados: Fala sobre como os dados devem ser mantidos e protegidos na base de dados.

3.3.2. Usabilidade

O sistema precisa ser de fácil navegação, intuitivo e com poucos passos para se realizar uma tarefa. Para isto é preciso levar em consideração que o tipo de aparelho que está sendo utilizado é um *Smartphone*, o qual possui um tamanho limitado de tela. Isto significa dizer que os ícone precisam ser dimensionados de tal forma que não tornem difícil a compreensão dos mesmos. Esta interface deve se mostrar eficiente para pequenos aparelhos que possuem telas sensíveis ao toque. Deve ser melhorada para o uso dos polegares permitindo uma utilização mais confortável do software e do aparelho. A Figura 6 mostra um diagrama de fluxo de atividades inicial com um esqueleto das telas.

Figure 6 - Fluxo de atividades visual para algumas telas dos sistema

A interface gráfica precisa garantir ainda a satisfação do usuário quanto à sua utilização para isto, será criada uma interface baseada no seguinte projeto emocional que leva em consideração os níveis de processamento da mente humana, segundo (NORMAN, 2004):

- Visceral: Visa produzir um primeiro impacto positivo ao usuário, surpreendendo-o na forma como o sistema é apresentado.
 - O fundo deverá possuir tons de verde e amarelo-esverdeado de modo a produzir a sensação de natureza.
 - Cores fortes e sombreamento em itens de destaque com o objetivo de chamar a atenção do usuário aos itens que realmente interessam na tela.
 - Deverá ser diferente do formato de formulário, muito comum nos sistemas de modelagem
 - Itens grandes, novamente para chamar a atenção do usuário.

- Comportamental: Os itens a seguir têm por objetivo destacar o prazer de uso e a eficiência do sistema ao usuário.
 - Disposição e tamanho dos itens apropriados para o uso dos polegares, tornando prazeroso, intuitivo e confortável a navegação entre os elementos da interface.
 - Utilização de passos já conhecidos pelo uso de outras aplicações, fazendo com que o usuário continue a se sentir a vontade ao usar a nova interface.
 - Uso de comandos óbvios como apertar em círculos, arrastar para movimentar o mapa, etc.
- Reflexivo: Está relacionado à auto-imagem e à mensagem que o sistema representa para os outros.
 - A interface deve remeter ao natural e rústico, isto porque seu público alvo são pesquisadores que têm o contato com a natureza constantemente, fazendo com que eles se sintam em um ambiente no qual estão acostumados.
 - Quanto à auto-imagem o sistema tem por objetivo poder visualizar modelos de distribuição de espécie em um telefone celular, significando que com este software os usuários poderão ter em mãos algo que requer computação de alto desempenho em um aparelho com recursos limitados.

A Figura 7 mostra duas telas iniciais que levam em consideração estas questões de usabilidade e projeto emocional. A primeira, seria a tela do menu principal e a segunda, a tela de visualização de um Modelo.

Figure 7 - Menu inicial e visualização do modelo

3.3.3. Interação com outros sistemas

O presente projeto visa a implementação de um software embarcado para celulares baseado no *Openmodeller Desktop* (CRIA, 2009). Por este motivo já existe toda uma infraestrutura para o *Openmodeller Desktop* que o embarcado irá precisar acessar, como o provedor de serviços que está em funcionamento sobre um cluster de computadores na USP.

Faz-se necessário um estudo sobre os serviços que são oferecidos atualmente, com foco na comunicação com um dispositivo que possui pouco poder computacional. Há a possibilidade de rever estes serviços de forma a se tornarem mais apropriados para dispositivos móveis/embarcados.

3.3.4. Tipos de usuários e operadores

Os principais usuários deste sistema são zoólogos, ecologistas e membros de órgãos do governo que desejam realizar pesquisa em campo sobre espécies da fauna ou da flora. A modelagem serve para órgãos interessados em identificar locais de reprodução das espécies, áreas para recolocação de espécies que se encontravam em cativeiro ou para criar áreas de preservação.

3.3.5. Benefícios

A utilização de um celular para realizar a coleta de dados traz alguns benefícios para os usuários deste sistema, tais como:

- **Automatização da coleta:** Com este sistema o usuário irá selecionar apenas um botão na interface gráfica para identificar um ponto de presença ou ausência daquela espécie. Automaticamente o sistema irá calcular as coordenadas geográficas através do GPS e armazenar estes dados. O usuário não mais terá que fazer anotações em outros meios ou planilhas eletrônicas. Isto garante também uma maior confiabilidade dos dados coletados.
- **Acompanhamento das mudanças no modelo:** Com a utilização deste sistema será possível acompanhar no aparelho celular a evolução do modelo a medida que mais dados de presença são adicionados, incluindo os dados de outros pesquisadores em campo.
- **Melhor aproveitamento da distribuição dos pesquisadores:** Com a simplificação da operação do sistema mais áreas podem ser analisadas pelos pesquisadores. Os pesquisadores podem trabalhar a procura das espécies em diferentes áreas e mesmo assim poderão transferir os dados para que todos os outros pesquisadores tenham acesso.
- **Comodidade:** O aparelho celular é mais compacto reduzindo a quantidade de aparelhos que são necessários para a pesquisa.
- **Usabilidade:** Uma interface mais amigável e intuitiva será proposta ainda neste documento. Com este sistema o usuário ganhará algumas facilidades para realizar a coleta, como selecionar apenas um botão na interface gráfica para identificar um ponto de presença ou ausência daquela espécie.
- **GPS mais rápido em regiões com rede GSM:** Os aparelhos celulares modernos não utilizam o sistema de geoposicionamento tradicional, mas sim o *Assisted GPS* (A-GPS). Trata-se de um sistema que utiliza um servidor de assistência para diminuir o tempo de primeira correção (TTFF¹) e melhorar a robustez do posicionamento. A precisão de localização é menor que 3.1 metros e o TTFF é menor que 5 segundos, funcionando mesmo em situações críticas de sinal do satélite (LI e WU, 2009). O A-GPS utiliza redes disponíveis como a rede GSM da operadora ou uma rede *wireless*, assim funcionando melhor em regiões metropolitanas. No caso desta aplicação um caso de uso no qual este tipo de tecnologia se torna importante é na modelagem de espécies que vivem em meios urbanos, como ratos e mosquitos para análise, por exemplo, de possíveis rotas de

1 TTFF: Do acrônimo em inglês *Time to first fix*. É uma especificação para o tempo que é necessário para o receptor GPS receber sinais de satélite e dados de navegação e calcular uma solução de posição (chamado correção ou *fix*) (Navstar, 1996).

3.3.6. Viabilidade econômica

A viabilidade econômica é um importante fator a ser observado neste projeto devido à muitas vezes a pesquisa em campo ser realizada por órgãos que possuem pouco poder aquisitivo, passando muitas vezes por diversas dificuldades financeiras.

Para justificar a utilização de um aparelho celular na modelagem de distribuição de espécies foi feita uma pesquisa sobre os preços de alguns celulares e alguns aparelhos de GPS. A Tabela 2 apresenta este levantamento.

Tabela 2 - Comparação de preços entre *smartphones* e aparelhos de GPS

Imagem	Produto	Preço	Data da pesquisa
GPS Garmim eTrex Vista® Hcx	\$ 299.99 USD	15/10/2009
GPS Garmim eTrex Venture® HC	\$ 169.99 USD	15/10/2009
iPhone 3GS	\$ 199.00 USD	15/10/2009
Nokia 5800	\$299.00 USD	15/10/2009

Este levantamento foi feito no site oficial das fabricantes Garmin (<https://buy.garmin.com>), Apple(<http://store.apple.com/us>) e Nokia(<http://www.nokiausa.com>).

Como pode ser observado, os preços dos aparelhos celulares são completamente compatíveis com os atuais gastos com aparelhos GPS. Os aparelhos GPS são especialistas nestas função podendo desempenhar um papel bem melhor que os

aparelhos celulares. Por outro lado, os aparelhos celulares atuais podem ser usados para outros diversos usos e mesmo aplicações para uso na própria ecologia.

3.3.7. Particionamento e priorização

O sistema foi dividido em termos da visão do usuário nas seguintes partes principais: login, configuração, recuperação de registros externos, coleta, transferência de dados, notificação, visualização do modelo e anotações.

A seguir é apresentada uma descrição das sub-partes dos itens descritos anteriormente. Estes itens estão em ordem de prioridade para o usuário.

- **Menu principal:** Criação da interface gráfica que irá mostrar as principais opções do sistema.
- **Coleta – Visualização:** A visualização é constituída de um mapa onde o pesquisador poderá visualizar os pontos conhecidos até o momento.
- **Coleta – Gravação:** Do ponto de vista do usuário consta de uma interface gráfica na qual o pesquisador poderá apertar um botão que gravará o dado de presença ou ausência para aquele lugar onde ele se encontra no momento.
- **Transferência Wifi/GSM - Envio de pontos:** Permite que o usuário envie os pontos que ele coletou para o servidor.
- **Configurações de modelagem – Camadas:** Possibilita ao administrador do sistema escolher as camadas de biodiversidade que serão utilizadas na modelagem de distribuição da espécie para o projeto.
- **Configurações de modelagem – Algoritmos:** Possibilita ao administrador do sistema escolher e configurar os algoritmos que serão utilizados na modelagem de distribuição da espécie para o projeto.
- **Transferência Wifi/GSM - Solicitação de modelos:** Possibilita a cada pesquisador fazer o download dos modelos que se encontram no servidor via rede *Wi-Fi* ou GSM disponível no local.
- **Visualização do modelo – Zoom e Panning:** Permite não somente a visualização mas também a navegação pelo mapa (*panning*) através de movimentos na tela do *smartphone*. Permite ainda aumentar ou diminuir a resolução do mapa através de cliques em botões específicos para esta funcionalidade.

- **Visualização do modelo – Lista de modelos:** O usuário poderá escolher os modelos que ele irá fazer o download do servidor, ou seja, mostra os modelos disponíveis para aquele projeto no servidor.
- **Visualização do modelo – Relatório sobre o modelo:** Nesta sessão o usuário poderá observar os relatórios sobre o modelo gerado, tais como curvas ROC, etc.
- **Configurações de modelagem – Pré-análise:** Permite ao administrador configurar a pré-modelagem, escolhendo assim os algoritmos (*Jackknife* e *Chi-square*, por exemplo) e configurá-los.
- **Configurações de modelagem – Pós-análise:** Permite ao administrador do sistema configurar a pós-análise e seus algoritmos.
- **Recuperação de registros externos:** Permite fazer download diretamente para o servidor os dados de presença e ausência encontrado em registros públicos como GBIF, *SpeciesLink* e *Ornis*.
- **Login:** Interface que permite ao usuário fazer a sua autenticação no servidor remoto. Fará com que o usuário tenha as permissões para realizar as atividades atribuídas a ele.
- **Notificação – Recebimento Bluetooth:** Sistema de notificação de recebimento de pontos ou modelos via um serviço Bluetooth.
- **Notificação - Rede Wi-Fi:** Sistema de notificação de recebimento de pontos ou modelos via uma rede sem fios.
- **Notificação – GPS:** Indicação do nível do sinal de GPS. Deverá ser usado tanto no mapa de pontos quanto no mapa de modelos.
- **Inserir anotações por pontos:** Permite criar anotações sobre situações gerais para um dado ponto.
- **Transferência Bluetooth - Pontos:** Envia pontos via *Bluetooth* entre celulares ou celular e computador.
- **Transferência Bluetooth – Modelos:** Envia modelos via *Bluetooth* entre celulares ou celular e computador.

3.3.8. Modelo estático

A seguir é apresentado o diagrama de classes UML que mostra uma visão geral do sistema em relação ao problema proposto.

As principais classes deste modelo são as classes: Projeto, Mapa e Pesquisador. A partir destas as outras classes são criadas.

A classe Projeto representa um projeto que no qual os pesquisadores estarão trabalhando. O sistema pode ter mais de um projeto uma vez que em um centro de pesquisa existem várias espécies sendo estudas ao mesmo tempo. A esta classe por ser mais geral também foi atribuída a função de transferir os dados entre o *smartphone* e o servidor.

Figure 8 - Modelo estática do sistema

A classe Mapa é formada pelas classes Ponto e Modelo, ou seja, um mapa poderá estar mostrando o Mapa que é visualizado durante a coleta, somente pontos, enquanto o mapa de Modelos é mostrado quando o usuário deseja visualizar o modelo de distribuição que foi feito download. Cada uma dessas classes possui seus atributos específicos.

A classe Pesquisador abstrai o usuário que irá realizar a coleta. O Administrador é um Pesquisador que tem permissões de configuração da Modelagem. Essa restrição é representada na forma de uma associação direta entre o Administrador e a classe Modelo, dando-lhe acesso a modificar os atributos desta classe.

3.3.9. Modelo dinâmico

As Figuras 9 e 10 apresentam diagramas de sequência para dois casos de uso de acordo com o modelo estático sugerido no capítulo anterior. O primeiro é o diagrama de sequência para gravar pontos de presença e o segundo para se enviar estes pontos para o servidor.

Figure 9 - Caso de uso: Gravar ponto de presença

Figure 10 - Caso de uso: Enviar pontos de presença e ausência para o servidor

3.3.10. Tecnologia Utilizada

Para o lado servidor, os serviços foram implementados em C++ sendo o seu artefato com uma aplicação em CGI que é executado como um servidor no Web Server Apache. A interface é provida utilizando SOAP. Utiliza a biblioteca OpenModeller para prover e manipular os dados relativos aos modelos preditivos de espécies.

Já o cliente é uma aplicação desenvolvida em Python e utiliza a biblioteca gráfica Qt, mais especificamente o componente QML (Qt Markup Language), o qual permite criar interfaces gráficas complexas utilizando-se de vários facilitadores para o desenvolvedor. Para a integração entre Python e Qt utilizou-se a biblioteca para python PySide, que permite utilizar a biblioteca Qt, que é em C++, através de código Python. Outra biblioteca importante a ser citada aqui é o QtMobility, o qual permite o acesso a recursos dos dispositivos móveis como acesso à placa de rede, dispositivo de GPS, informações de bateria, entre outros.

4. AVALIAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Após uma revisão das características dos sistemas móveis, foram investigados o status corrente de diferentes técnicas utilizadas na melhoria e avaliação do desempenho dos sistemas de software móveis em uma arquitetura orientada a serviços. São categorizadas as tarefas que tornam a avaliação de desempenho de sistemas móveis um desafio.

4.1. Análise dos requisitos de qualidade

Neste tópico é feita uma análise das principais características dos serviços (principal componente da arquitetura orientada a serviços) a fim de identificar quais e como estas características podem ser afetadas pelos sistemas móveis, devido às características especiais que tais sistemas oferecem.

É preciso definir quais os critérios de qualidade que serão considerados. Para este trabalho foram definidos os seguintes atributos de qualidade: desempenho, utilização de recursos e consumo de energia. O desempenho é tratado como sendo o comportamento do sistema com relação ao tempo de execução de tarefas. Utilização de recursos é um importante fator de qualidade uma vez que os dispositivos móveis possuem restrições com relação a este aspecto, como menor quantidade de espaço em disco, menor memória, menor poder de processamento e menor largura de banda em rede quando comparado com computadores desktop ou servidores estáticos. Consumo de energia está relacionado à quanta energia da bateria o software consome quando em execução.

Assim, foram identificadas 3 principais características dos sistemas móveis e foi feita uma análise com as características dos serviços. Aqui são apontadas as principais características dos sistemas móveis que merecem destaque devido aos desafios que são adicionados por elas:

- Mobilidade: A mobilidade destes sistemas é a capacidade que cada terminal possui de mudar sua posição física com frequência permanecendo funcional. É a característica que dá ao sistema o nome comumente utilizado. Existe uma série de tecnologias que possibilitam a mobilidade como as redes wireless e GSM, as quais possuem todo um tratamento com relação ao roteamento dos dados e aos pontos

que fornecem a conexão, de forma a garantir por exemplo a passagem entre células transparentemente para o usuário. Existem ainda os sistemas cujos dados são dependentes de localização e que visam responder perguntas como: “onde fica o posto médico mais próximo?” ou “qual a menor rota para a universidade?”.

- **Confiabilidade:** A apresentação no tempo de um sistema que desempenha suas funcionalidades de acordo com o esperado é uma característica exigida pelo usuário e que poderá influenciar na sua avaliação de qualidade.
- **Recursos restritos:** Os dispositivos móveis mais comuns são aparelhos celulares, PDA's, Internet Tablets e Laptops, dos quais com exceção dos Laptops, todos possuem várias restrições de recursos, como o uso de bateria, baixo poder de processamento, pouco espaço de armazenamento e telas para interação com o usuário de pequeno porte se comparado com computadores desktop ou servidores estáticos.

Baseado nestas características é possível fazer a relação entre as características dos serviços e as características dos sistemas móveis:

- **Fracamente acoplados:** A fraca acoplagem entre os serviços são uma característica que leva a distribuição dos serviços, a qual afeta a mobilidade dos sistemas móveis de acordo com os tipos de serviços que são oferecidos. Em um sistema no qual parte dos serviços possam ser disponibilizados nos terminais móveis é importante que cada serviço tenha somente o conhecimento da existência dos outros de maneira modular. A perda de recurso destes terminais também pode ser alcançada com uma boa modelagem do serviço.
- **Discoverable:** É influenciada pela mobilidade e pela questão dos recursos. Geralmente são disponibilizados repositórios de descritores (descriptors) nos quais os consumidores podem procurar pelos serviços que satisfazem um requisito dinamicamente. Se este repositório for remoto, descobrir um serviço poderá durar algum tempo, o que sugere aos sistemas móveis possuírem uma cópia do repositório no próprio dispositivo e fazer suas buscas somente localmente. Isto dependerá também do tamanho deste repositório de descritores, uma vez que além da conexão ser restrita, o dispositivo também possui restrições na área destinada a armazenamento.
- **Composable:** É utilizada para que se atinja uma nova funcionalidade a partir de serviços que foram bem definidos em soluções modulares. É um objetivo de SOA a entrega rápida para o usuário de um requisito pela composição de serviços em

tempo de execução e se a composição do sistema for alta, significa dizer que os serviços tem alta reusabilidade. A mobilidade influencia. Já a confiabilidade requerida nos sistemas móveis influencia esta característica do serviço visto que é necessário que todos os serviços que serão compostos precisam estar disponíveis para uso. A composição requer também certo grau de processamento do dispositivo e por este motivo é necessário que se meça o custo para realizar tal composição. Caso seja muito custoso, é preciso verificar a possibilidade de realizá-la fora do dispositivo móvel.

- Adaptável: É a capacidade de o serviço poder ser utilizado por diferentes preferências de consumidor. A mobilidade exige ainda mais desta característica, uma vez que permite a existência de vários usuários em vários terminais e para cada um destes casos o serviço precisa ser adaptável a eles e a seus sistemas.
- Baseados em padrões abertos: A confiabilidade influencia o serviço nesta modalidade devido ao fato de os serviços serem baseados em padrões abertos são para garantir a comunicação com os diversos backends que poderão utilizá-lo, e por este motivo os padrões precisam ser utilizáveis por dispositivos móveis também. Como muitos destes padrões se baseiam em XML os terminais móveis precisam ser capazes de realizar um *parser* do arquivo e tais respostas precisam ser gerenciadas de forma que possam garantir um menor custo de processamento do terminal móvel.
- Nível de abstração das interfaces de serviço: Fica encapsulada no serviço a lógica utilizada para realizar um procedimento, disponibilizando para o exterior somente a descrição do serviço e o contrato formal, com os quais outros serviços ou o terminal móvel podem solicitar operações. Os recursos afetam esta característica pois geralmente se poderá usar dentro da lógica do serviço os processos que são de maior custo, reduzindo para o terminal móvel o número de operações que deveriam ser feitas.

4.2. Realização dos experimentos

Alguns experimentos foram feitos analisando módulos separados do sistema enquanto outros foram feitos utilizando o sistema como um todo. Estes experimentos foram feitos em termos de desempenho, utilização de recursos e consumo de energia.

Experimentos de Desempenho

Nestes experimentos foram utilizadas as métricas relativas a tempo que se aplicam tanto para os sistemas móveis quanto para a arquitetura orientada a serviços. Assim, as métricas utilizadas para se medir o desempenho do sistema foram as seguintes:

- Tempo de execução de método: para não afetar as medidas coletadas, foi feita a análise utilizando *Profiling*.
- Tempo de invocação do método:
- Tempo de espera
- Think time
- Tempo de turnaround

Essas métricas foram então obtidas para os seguintes itens do sistema:

- Método `getModelingAlgorithms`
- Método `getSpeciesData`
- Método `getMaps`
- Método `getPreModelingAlgorithms`
- Método `getModelReady`
- Método `parseResponse`

Experimento de Consumo de energia

A medição do consumo de energia foi feita exclusivamente do lado cliente, ou seja, no dispositivo móvel. Foi utilizada aplicação `BatteryGraph` para o celular N900 e o `Nokia Energy Profiler` para o Nokia 5800, no qual a aplicação é executada atualmente. Enquanto esta aplicação está em execução ela mede em gráfico o uso de CPU, voltagem e corrente elétrica. Através destes itens é possível verificar se uma aplicação está consumindo mais ou menos energia. A medição desses itens foi feita nas seguintes situações de uso:

- Utilização de GPS: Como observado no gráfico da Figura XXX ao utilizar o GPS a aplicação consome em torno de 270 mA quando em background (ligou-se e desligou-se o GPS quando a aplicação estava em background para retirar do gráfico possíveis valores relativos ao consumo da interface gráfica da aplicação). Ao desligar o GPS, o consumo de energia caiu para 229 mA. Esses valores são a média do consumo de energia nos intervalos respectivos a “Background (GPS

ligado)” e “Background (GPS deslig.)” da Figura 11. Isto representa uma redução de aproximadamente 30 mA. Uma bateria comum tem nominalmente capacidade para fornecer 1320 mAh. Se a aplicação executasse sempre com o GPS ligado e mantivesse o consumo de 270 mA, duraria para esta bateria 4.8 horas, por outro lado, com o GPS desligado o consumo cai para 229 mA, o que representa poder executar a aplicação durante 5.76 horas. Isto significa que o GPS pode diminuir em cerca de 1 hora o tempo de utilização da bateria para este caso.

Figure 11 - Consumo de bateria da aplicação

- Execução da aplicação em *foreground*: Com a aplicação sendo executada em e em uso normal, a aplicação usa em torno de 280 mA. Esta foi uma média após a estabilização da aplicação, ou seja, após o esforço inicial de carregar a interface gráfica e todos os outros recursos e classes que são necessários para o funcionamento básico da aplicação. O custo para esta fase de inicialização foi de 512 mA (média), o que se observa naturalmente um aumento no consumo de

energia neste início devido aos recursos necessários, e somente nesse momento a aplicação chega a seu maior pico de 669 mA. Obviamente este é o ponto mais alto de consumo de energia da aplicação, considerando que não haja vazamentos de memória.

- Execução da aplicação em background: Quando a aplicação começa a ser executada em background observa-se uma geral diminuição das tarefas que exigem mais energia, principalmente devido às técnicas do framework gráfico que pára diversas atividades de pintura quando a aplicação não está sendo vista. Durante este período de tempo a aplicação passa a consumir em média 229 mA sem a utilização de GPS.
- Execução do método parser para a requisição do serviço de Algoritmos de modelagem usando XML
- Execução do método parser para a requisição do serviço de dados de espécies usando XML
- Execução do método parser para a requisição do serviço de algoritmos de pré-modelagem usando XML
- Execução do método parser para a requisição do serviço de mapas usando XML
- Execução do método parser para a requisição do serviço de modelos usando XML
- Execução do método parser para a requisição do serviço de Algoritmos de modelagem usando JSON
- Execução do método parser para a requisição do serviço de dados de espécies usando JSON
- Execução do método parser para a requisição do serviço de algoritmos de pré-modelagem usando JSON
- Execução do método parser para a requisição do serviço de mapas usando JSON
- Execução do método parser para a requisição do serviço de modelos usando JSON

Utilização de recursos

Estas métricas visam identificar possíveis gargalos relativos à sobrecarga de algum recurso do dispositivo móvel, que, como discutido anteriormente, são mais restritos que terminais desktop, por exemplo. Nas métricas abaixo foram utilizados os dados para o Nokia N900, e a ferramenta para a medição das métricas foi o comando “top”, que mostra a utilização de memória e CPU das aplicações que estão em execução no dispositivo e os

ordena de acordo com o critério de utilização dos recursos. As seguintes métricas foram utilizadas:

- Capacidade de memória volátil: possui capacidade de 256MB.
- Uso de memória volátil: Em média 17%, porém com picos enquanto baixando mapas. É possível definir para a aplicação um limite de corte do uso de memória definindo para a aplicação o tamanho de memória Heap e Stack.
- Capacidade de memória persistente (memória flash): a capacidade de memória interna é de 20 GB, mas pode ser utilizado um cartão de memória.
- Uso de memória persistente: A aplicação mantém os modelos gerados gravados localmente, assim como os dados de localização. Estes últimos são em formato texto e mesmo em grandes quantidades não chegam a grandes tamanhos. Nos experimentos que realizamos 100 pontos ficaram em torno de 30 KB. Já os modelos podem exigir uma quantidade grande de espaço, dependendo do modelo gerado.
- Capacidade de processamento: 600 MHz.
- Uso de processamento: Nos experimentos a aplicação utilizou cerca de 50% da CPU

As métricas Capacidade de rede, Capacidade de memória volátil, Capacidade de memória persistente e Capacidade de processamento foram medidos para o dispositivo utilizado nos experimentos e que foi descrito no início deste capítulo.

5. CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta as conclusões e considerações finais da pesquisa.

O trabalho apresentou uma arquitetura baseada em serviços para a modelagem de distribuição de espécies utilizando sistemas móveis. Para a definição da arquitetura de forma mais precisa foi realizado um acompanhamento do processo de coleta e modelagem junto à pesquisadores do INPA, tornando possível a formalização do processo de coleta e modelagem utilizando o IDEF0 e baseado em um caso real.

Basicamente a arquitetura resultante desta pesquisa possui dois lados: um servidor e um cliente, sendo este último o lado móvel do sistema. Entre os elementos adicionais que a arquitetura apresentada se difere estão os elementos de controle de contexto e qualidade, que possuem a tarefa de tornar as respostas do servidor mais adequadas aos dispositivos móveis. No entanto, estes elementos como descritos são apenas uma proposta inicial de elementos que possam aperfeiçoar as respostas do servidor de forma genérica para qualquer dispositivo móvel.

Realizou-se também a implementação de um estudo de caso aplicando a arquitetura proposta. Esta implementação foi feita em Python e Qt, utilizando a biblioteca PySide. Com esta aplicação é possível salvar pontos de presença ou ausência de uma espécie utilizando automaticamente o GPS de um smartphone. Depois pode-se transferir os dados coletados para um servidor que processará os dados e gerará o modelo, que poderá ser visto no próprio dispositivo móvel. Além da transferência dos pontos de coleta e do download do modelo para o dispositivo móvel é possível acessar outras informações do servidor, como a lista de algoritmos para modelagem, camadas disponíveis no servidor e solicitar os dados da análise do modelo. Porém, estas são apenas funcionalidades básicas para a modelagem, sendo necessário ainda adicionar outras características ao sistema como a inclusão dos algoritmos de pré-modelagem.

Foram feitos testes no estudo de caso e levantadas métricas que relacionam sistemas móveis e SOA. Um resultado importante deste trabalho foi a relação gerada através de análise entre os elementos dos sistemas móveis e SOA, tornando possível visualizar que itens da arquitetura são influenciados pelas características dos sistemas móveis. As métricas coletadas não somente identificaram alguns gargalos, mas os tornaram mensuráveis, como por exemplo, a identificação de que a utilização constante

do GPS consome a bateria em 4.8 horas, mas o desligando pode-se salvar cerca de 1 hora para o dispositivo e a bateria que foi utilizada nesta pesquisa. Este fator de consumo é um ponto importante para o sistema de apoio a coleta aqui proposto pois os usuários deste sistema irão utilizar a aplicação principalmente em campo, que são locais geralmente sem acesso às redes de energia. Além de métricas relativas a consumo de energia, foram medidos elementos relativos a desempenho do sistema e utilização de recursos, ambos utilizados como características na análise para identificar os pontos de influência na arquitetura.

5.1. CONTRIBUIÇÕES

Este trabalho apresenta algumas contribuições relacionadas aos temas da computação SOA e sistemas móveis, bem como para os pesquisadores da área de biologia e ecologia que utilizam os sistemas de modelagem de distribuição de espécies. As contribuições, portanto, são as seguintes:

- **Arquitetura modelo para aplicações móveis de distribuição de espécies:** A arquitetura proposta pode ser utilizada tanto por aplicações para modelagem de distribuição de espécies, mas também por aplicações que possuem características semelhantes ao sistema apresentado neste trabalho, tais como dispositivo móvel como cliente e necessidade de estar em campo, necessário alto desempenho na execução de alguma tarefa, entre outros. Esta arquitetura apresenta melhorias quanto às respostas e tratamentos dos sistemas móveis, os quais apresentam baixo poder computacional. Obviamente ainda são necessários mais adaptações nesta arquitetura de forma a torná-la completamente otimizada.
- **Aplicação de apoio a coleta de dados:** Com a utilização de dispositivos móveis que possuam GPS integrado foi possível gerar uma aplicação que poderá ser utilizada por pesquisadores em campo, aperfeiçoando o processo de coleta e modelagem de dados. Antes dessa aplicação as anotações de localização eram feitas manualmente e gerado o modelo somente após a volta dos pesquisadores para a sua base, no entanto, ao utilizar esta aplicação o usuário pode coletar automaticamente a localização de presença ou ausência da espécie estudada e ainda em uma cidade próxima à área submeter os dados coletados no mesmo dia para o servidor e ter uma prévia do modelo final. Isto pode servir como um sistema

de apoio à decisão para a próxima área para a qual a equipe deve seguir. Além disso um grande resultado é ter um modelo de distribuição provável de espécies no dispositivo móvel, sendo este um dispositivo com recursos restritos e a modelagem um técnica que requer computação de alto desempenho.

- **Medidos elementos da computação móvel que influenciam a arquitetura:** Já era conhecido que os dispositivos móveis possuem restrições como largura de banda, poder de processamento, capacidade de armazenamento e duração de bateria, mas com as medições e métricas levantadas foi possível identificar quanto, principalmente com relação aos sistemas de modelagem de distribuição de espécies. Foi possível assim identificar também que elementos de SOA são influenciados por estas restrições.

5.2. TRABALHOS FUTUROS

Feito o levantamento bibliográfico e com base nos resultados obtidos por esta pesquisa são discutidos aqui alguns futuros trabalhos na área.

Uma das necessidades observadas na área é a criação de um sistema que proporcione a escolha de serviços automaticamente. Existem alguns trabalhos que mostram a possibilidade de transferir ao usuário a responsabilidade de escolher os serviços que ele precisa de forma a personalizar a aplicação como mostrado em (CHANG, *et al.*, 2006), porém esta tarefa pode se demonstrar complexa demais para o usuário. Com base neste problema pode-se propor uma solução que utilize técnicas de aprendizagem de máquina para a criação automática de aplicações personalizadas, através da combinação de diferentes serviços baseada no perfil do usuário.

Com base no sistema de apoio à coleta proposto, foi identificada outra oportunidade: a utilização de realidade aumentada aplicada a redes de sensores sem fio. Esta pesquisa seria importante para facilitar o trabalho de pesquisa em campo de profissionais que usam sensores para monitoramento de regiões espalhadas, por exemplo, em meio à floresta. A proposta é utilizar um celular/*smartphone* para identificar onde estão localizados cada sensor utilizando a câmera de vídeo. Assim, o usuário poderia apontar para a floresta e utilizando recursos de GPS e bússola do celular se poderia colocar um ícone na tela q indica a presença daquele sensor. Ao chegar próximo

ao sensor, seria feito um reconhecimento de imagem e o sensor passaria para o celular as informações que ele ou a rede inteira está coletando sem que o usuário tenha que fazer diversas interações. Um dos principais desafios seria a comunicação dos aparelhos celulares com os sensores. Esta seria uma aplicação mais técnica da realidade aumentada, uma vez que a grande maioria das aplicações deste tipo é voltada para o entretenimento.

6. REFERÊNCIAS

- Anderson, R. P., Lew, D., & Peterson, A. T. (2003). Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* , 162, 211-232.
- Andrei, M., Ang, J., Arsanjani, A., Chua, S., Comte, P., Krogh, P., et al. (2004). *Patterns: Service-oriented architecture and web services* (1st Edition ed.). New York: IBM WebSphere.
- Austin, M. P. (2002). Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Ecological modelling Elsevier* , pp. 101-118.
- Bazzaz, F. A. (1998). Plants in changing environments: Linking physiological population, and community ecology. *Annual review of ecology and systematics* .
- BEARD, C. B., PYE, G., STEURER, F. J., RODRIGUES, R., CAMPAN, R., PETERSON, A. T., et al. (2003). Chagas disease in a domestic transmission cycle in southern Texas, USA. *Emerging infectious diseases* , 9, 103-105.
- Biodiversity Information Standards - TDWG. (s.d.). *DarwinCore Group - Dwc*. Acesso em Setembro de 2009, disponível em <http://www.tdwg.org/activities/darwincore/>
- Bosch, J., Friedrichs, S., Jung, S., Helbig, J., & Scherdl, A. (2007). Service Orientation in the Enterprise. *Computer* , 40, pp. 51-56.
- Carpenter, G., Gillison, A. N., & Winter, J. (1993). DOMAIN: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation* , 2 (6), 667-680.
- Chang, M., He, J., Tsai, W. T., Xiao, B., & Chen, Y. (2006). UCSOA: User-Centric service-oriented architecture. *IEEE International Conference on E-Business Engineering* , 0, pp. 248-255.
- Chen, Y., & Tsai, W. T. (2006). *Introduction to programming languages: programming in C, C++, Scheme, Prolog, C# and SOA* (2nd Edition ed.). Arizona: Kendall/Hunt.
- CRIA, C. d. (2009). *Openmodeller*. Acesso em 1 de Agosto de 2009, disponível em Openmodeller: <http://openmodeller.sourceforge.net/>

DCMI. (s.d.). *Dublin Core Metadata Initiative*. Acesso em Setembro de 2009, disponível em <http://dublincore.org/>

Doko, T., Kooiman, F. A., & Toxopeus, A. G. (2008). Modeling of species geographic distribution for assessing present needs for the ecological networks. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. , XXXVIII, p. 10.

Droegemeire, K., Brewster, K., Xue, M., & Weber, D. (2005). SERVICE-ORIENTED ENVIRONMENTS FOR DYNAMICALLY INTERACTING WITH MESOSCALE WEATHER. *Grid computing* .

Elith, J., Graham, C. H., & Nceas, M. G. (2006). Novel methods improve prediction of species: Distributions from occurrence data. *Ecography* , 29 (2), 129-151.

Engler, R., & Rechsteiner, L. (2004). An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo-absence data. *Journal of Applied Ecology* , 41 (2), 263-274.

Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* , 8 (9), 993-1009.

Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modeling* , pp. 147-186.

Hamdy, M., & König-Ries, B. (2008). AN EXTENDED ANALYSIS OF AN INTEREST-BASED SERVICE.

Hamdy, M., & König-Ries, B. (2006). Service-Oriented Computing - An Overview. *Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Data Management (MDM'06)* .

Heath, S. (2003). *Embedded system design*. Oxford.

Huhns, M., & Singh, M. P. (2005). Service-Oriented Computing: Key concepts and principles. *IEEE Internet Computing* , 9, pp. 75-81.

Hutchinson, G. E. (1957). Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* , pp. 415-427.

IBM Services Architecture Team, W. I. (06 de Setembro de 2000). *Web Services architecture overview*. Acesso em 26 de Setembro de 2009, disponível em <http://www.ibm.com/developerworks/web/library/w-ovr/>

- Isaaks, E. H., & Srivastava, R. M. (1989). *Applied Geostatistics* (2 ed.). Oxford, Oxford: University Press.
- Iverson, L. R., Prasad, A., & Schwartz, M. W. (1999). Modeling potential future individual tree-species distributions in the eastern United States under a climate change scenario: a case study with *Pinus virginiana*. *Ecological modeling* , 77-93.
- Iwashita, F. (2008). Sensibilidade de modelos de distribuição de espécies a erros de posicionamento de dados de coleta.
- Kirchberg, M. (2008). Abstract State Machine Models for Basic Service-Oriented Architectures. *Asia-Pacific Conference on Services Computing. 2006 IEEE* .
- Kona, S., Bansal, A., Blake, M. B., Bleul, S., & Weise, T. (2009). WSC-2009: A Quality of Service-Oriented Web Services Challeng. *E-Commerce Technology, IEEE International Conference on* , 0, 487-490.
- Mabrouk, N. B., Georgantas, N., & Issarny, V. (2009). A semantic end-to-end QoS model for dynamic service oriented environments. *PESOS '09: Proceedings of the 2009 ICSE Workshop on Principles of Engineering Service Oriented Systems* , pp. 34-41.
- Malanson, G. P., Westman, W. E., & Yan, Y.-L. (1992). Realized versus fundamental niche functions in a model of chaparral response to climatic change. *Ecological Modelling [ECOL. MODEL.]* , 64 (4), pp. 261-277.
- Manel, S., Williams, H. C., & Ormerod, S. J. (2001). Evaluating presence-absence models in ecology: the need to account for prevalence. *Journal of Applied Ecology* , 38 (5), 921-931.
- Matushima, R. (2007). DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES MULTIMÍDIA BASEADO EM ARQUITETURA ORIENTADA A SERVIÇOS E NOS PADRÕES MPEG-7 E MPEG-21. *Universidade de São Paulo* .
- Mokhtar, S. B., Preuveneers, D., Georgantas, N., Issarny, V., & Berbers, Y. (2008). EASY: Efficient semAntic Service discoverY in pervasive computing environments with QoS and context support. *Journal of Systems and Software* , pp. 785-808.
- Norman, D. (2004). *Emotional design: Why we love (or hate) everyday things*. Basic books.
- Oliveira, M. (October de 2009). *Canola*. Acesso em 20 de October de 2009, disponível em Canola: <http://openbossa.indt.org.br/canola/about.html>

Open Geospatial Consortium. (s.d.). Acesso em Setembro de 2009, disponível em <http://www.opengeospatial.org/>

OWL-S: *Web Ontology Language for Services*. (s.d.). Fonte: www.w3.org/Submission/2004/07

PAPAZOGLU, M. P., & GEORGAKOPOULOS, D. (2003). Service-Oriented Computing. *Communications of the ACM* , 46 (10).

Papazoglou, M. P., Traverso, P., Dustdar, S., & Leymann, F. (2007). Service-Oriented Computing: State of the Art and Research Challenges. *Computer* , 40 (11), pp. 38-45.

Perich, F. (August de 2004). In reputation we believe: query processing in mobile Ad-Hoc Networks. *International conference on Mobile and ubiquitous systems* .

Peterson, A. T. (2001). Predicting species geographic distributions based on ecological niche modeling. *Cooper Ornithological Society* .

Peterson, A. T., Sánchez-Cordero, V., Soberón, J., Bartley, J., Buddemeier, R. W., & Navarro-Sigüenza, A. G. (2001). Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological modelling* , 21-30.

PETERSON, T. A., & VIEGLAS, D. A. (2005). Predicting species invasions using ecological niche modeling: New approaches for bioinformatics attack a pressing problem. *Bioscience* , 51, 363-371.

Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* , 190 (3-4), 231-259.

Rosen, M., Lublinsky, B., Smith, K. T., & Barcer, M. J. (2008). *Service-oriented architecture and design strategies*. Indianapolis: Wiley Publishing.

Santana, F. S., Siqueira, M. F., Saraiva, A. M., & Correa, P. L. (2008). A reference business process for ecological niche modelling. *Ecological informatics* 3 , 75-86.

Santana, F., Ferreira, J. C., Stange, R. L., & Saraiva, A. M. (2009). Uso de Wrappers e Web Services para a Construção de Sistemas de Modelagem de Nicho Ecológico em SOA. *WCAMA* .

SCHREINER, K. (2007). Where We At? Mobile Phones Bring GPS to the Masses. *IEEE Computer Graphics and Applications* , 27, 6-11.

Soberón, J., & Peterson, A. T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. p. 10.

Sohn, N. (2009). Distribuição provável, uso de hábitat e estimativas populacionais do galo-da-serra (*Rupicola rupicola*) com recomendações para sua conservação. *Universidade Federal do Amazonas* .

Tergujeff, R., Haajanen, J., Leppanen, J., & Toivonen, S. (2007). Mobile SOA: Service Orientation on Lightweight Mobile Devices. *Web Services, IEEE International Conference on* , pp. 1224-1225.

Tsai, W. T., Lee, Y.-H., Cao, Z., Chen, Y., & Xiao, B. (2006). RTSOA: Real-Time Service-Oriented Architecture. *IEEE* .

Tsai, W. T., Xiao, B., Paul, R., Chung, J.-Y., Chen, Y., & Huang, Q. (2007). Service-oriented system engineering (SOSE) and its applications to embedded system development.

Wiehler, G. (2007). *Web Services And Service Oriented Architectures- Impact On Business Applications*. Siemens Business Services Systems Strategy.

Wi-Fi gratuito no amazonas. (2008). Acesso em 10 de Dezembro de 2009, disponível em Wi-Fi gratuito no amazonas: http://olhardigital.uol.com.br/digital_news/noticia.php?id_conteudo=6867&WI_FI+GRATUITO+NO+AMAZONAS

WSMO: Web Service Modeling Ontology. (s.d.). Fonte: www.wsmo.org

Zhang, W., Kunz, T., & Hansen, K. M. (2007). Product Line Enabled Intelligent Mobile Middleware. *12th IEEE International Conference on Engineering Complex Computer Systems (ICECCS 2007)* .

Anexo 1 – Casos de uso do sistema móvel para a apoio a coleta de dados

Ator: Pesquisador

UC1: Requisitar modelo

- Pré-condição: O pesquisador deve ter efetuado *login* e estar em um projeto.
- Fluxo de eventos primários:
 1. O caso de uso começa quando o pesquisador seleciona o ícone “Modelo” no menu principal e em seguida “*Download* de modelo”.
 2. Uma lista dos modelos disponíveis para aquele projeto é mostrada.
 3. O usuário seleciona o modelo ou os modelos que deseja selecionar;
 4. Clica no botão *download*;
 5. Uma janela com barra de progresso do download é mostrado;
 6. Quando o *download* finaliza volta para o menu de “Modelo”.
- Casos de uso utilizados: *Login*

UC2: Enviar pontos

- Pré-condição: O pesquisador deve ter efetuado *login*, estar em um projeto e estar visualizando o mapa de pontos
- Fluxo de eventos primários:
 1. Selecionar o botão de enviar;
 2. Um sub-menu irá se abrir com as opções *Bluetooth* e *Wi-fi/GSM*
 3. Selecionar *Wifi/GSM*;
 4. Uma janela com barra de progresso do *upload* é mostrado;
 5. Quando o *upload* finaliza a janela com barra de progresso é fechada automaticamente;
- Casos de uso utilizados: *Login*, visualizar pontos.

UC3: Requisitar relatório

- Pré-condição: O pesquisador deve ter efetuado *login*, estar em um projeto e estar visualizando o mapa de modelo.
- Fluxo de eventos primários:
 1. Selecionar o botão de visualizar relatório (métricas);

2. Uma lista com as métricas disponíveis para o modelo que está sendo visualizado;
 3. O usuário seleciona o item que deseja observar;
 4. A métrica e seus detalhes são apresentados na tela.
- Casos de uso utilizados: Login e visualizar modelo.

UC4: Transferir pontos via *Bluetooth*

- Pré-condição: Estar visualizando o mapa de pontos.
- Fluxo de eventos primários:
 1. Selecionar o botão de enviar;
 2. Um sub-menu irá se abrir com as opções *Bluetooth* e *Wi-fi/GSM*;
 3. Selecionar *Bluetooth*;
 4. Uma janela com os aparelhos *Bluetooth* disponíveis na região é mostrado;
 5. O usuário seleciona o aparelho para o qual deseja enviar os pontos;
 6. Após a confirmação de que o outro usuário deseja receber os pontos, uma janela com barra de progresso é mostrada;
 7. Finalizado o *upload* a janela é fechada automaticamente.
- Casos de uso utilizados: Visualizar mapa de pontos.

Ator: Administrador

UC5: Solicitar requisitos externos

- Pré-condição: Ter efetuado *login* como administrador.
- Fluxo de eventos primários:
 1. No menu principal escolher a opção Configurar;
 2. No próximo Menu escolher *Download* de Pontos;
 3. Uma janela com os repositórios públicos disponíveis será mostrado;
 4. O usuário pode selecionar mais de um repositório;
 5. Seleciona o botão de “Próximo” no canto inferior direito;
 6. Uma janela com barra de progresso será mostrada;
 7. Ao finalizar o download a janela será automaticamente fechada.
- Casos de uso utilizados: *Login*

UC6: Configurar camadas bioclimáticas

- Pré-condição: Ter efetuado *login* como administrador.
- Fluxo de eventos primários:
 1. No menu principal escolher a opção Configurar;
 2. No próximo menu escolher configurar modelagem;
 3. Um assistente de configuração será iniciado;
 4. A primeira tela é a de configuração das camadas;
 5. O usuário pode escolher as camadas que estão disponíveis no aparelho;
 6. Um sinal de mais (+) ao lado das camadas mostra que estas podem ser detalhadas;
 7. Após escolhidas as camadas clica-se no botão de “próximo” no canto inferior direito.
- Casos de uso utilizados: Login.

UC7: Configurar algoritmos

- Pré-condição: Ter efetuado login como administrador e estar no “Assistente de configuração de modelo”.
- Fluxo de eventos primários:
 1. Após configuradas as camadas bioclimáticas, selecionam-se os algoritmos que se deseja utilizar.
 2. Para cada algoritmo escolhido uma janela com as configurações básicas do algoritmo são mostradas.
 3. O usuário deve ou preencher todas as informações ou aceitar as configurações padrões para o algoritmo clicando no botão “Próximo”.
- Casos de uso utilizados: Login e Configurar camadas bioclimáticas.