



Ministério da  
**Ciência, Tecnologia  
e Inovação**



# **DESENVOLVIMENTO, INTEGRAÇÃO E TESTES DE UM MÓDULO DE SENSORIAMENTO VOLUNTÁRIO PARA UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE DESMATAMENTO**

Felipe Rodolfo Santos Corrêa

Proposta de Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Computação Aplicada Orientada pelo Dr. Fernando Manuel Ramos e Dr. Eduardo Fávero Pacheco da Luz

URL do documento original:

[<http://urlib.net/xx/yy>](http://urlib.net/xx/yy)

INPE  
São José dos Campos  
2013

**PUBLICADO POR:**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3945-6923/6921

Fax: (012) 3945-6919

E-mail: [pubtc@sid.inpe.br](mailto:pubtc@sid.inpe.br)

**CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):****Presidente:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

**Membros:**

Dr. Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr<sup>a</sup> Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Dr. Germano de Souza Kienbaum - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

**BIBLIOTECA DIGITAL:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

**REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

**EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:**

Marcelo de Castro Pazos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da  
**Ciência, Tecnologia  
e Inovação**



# **DESENVOLVIMENTO, INTEGRAÇÃO E TESTES DE UM MÓDULO DE SENSORIAMENTO VOLUNTÁRIO PARA UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE DESMATAMENTO**

Felipe Rodolfo Santos Corrêa

Proposta de Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Computação Aplicada Orientada pelo Dr. Fernando Manuel Ramos e Dr. Eduardo Fávero Pacheco da Luz

URL do documento original:

[<http://urlib.net/xx/yy>](http://urlib.net/xx/yy)

INPE  
São José dos Campos  
2013



## RESUMO

As florestas tropicais são o habitat da maior parte das espécies conhecidas de plantas e animais terrestres. Estes ecossistemas estão sob crescente ameaça em todo o mundo. Durante as últimas décadas, milhões de hectares de florestas tropicais foram perdidos a cada ano. Apesar da proliferação de novas técnicas de sensoriamento remoto, as informações disponíveis sobre o estado das florestas do mundo são limitadas e esparsas. A imensa tarefa de proteger uma fração adequada das florestas restantes para as gerações futuras está fora do alcance das estratégias de conservação tradicionais. É necessária uma ação coletiva para complementar as iniciativas existentes. Esta dissertação propõe-se a desenvolver, integrar e testar um módulo de sensoriamento voluntário para o monitoramento de desflorestamento baseado no conceito de ciência cidadã. Ciência cidadã é um termo usado para designar projetos em que voluntários, individualmente ou em rede, muitos dos quais sem qualquer treinamento científico específico, executam ou gerenciam tarefas relacionadas a atividades de pesquisa, tais como observação, computação ou análise. Uma vez operacional, este sistema computacional permitirá a qualquer pessoa (moradores locais, voluntários, ONGs, governos, etc), em qualquer lugar do mundo, monitorar áreas selecionadas de florestas ao redor do globo, quase em tempo real, usando um notebook, um *tablet* ou um *smartphone* conectado à Internet.



# **DEVELOPMENT, INTEGRATION AND TESTS OF A VOLUNTEER SENSING MODULE FOR A DEFORESTATION MONITORING SYSTEM**

## **ABSTRACT**

The rainforests are the habitat for most part of the known species of plant and terrestrial animals. These ecosystem are under increasing threat everywhere. Over the last decades, millions of hectares of rainforests were lost each year. Despite the proliferation of new remote sensing techniques, the available information about forests' status are limited and sparse. The huge task to protect a fraction of the remaining forests for next generations is out of reach of traditional conservation strategies. A collective action is needed to complement the existing initiatives. This dissertation proposes to develop, to integrate and to test a volunteer sensing module for a deforestation monitoring system based on citizen science concepts. Citizen science is a term used to designate projects which volunteers, individually or connected, who much of them don't have any specific scientific training, perform or manage related tasks of research activities, such as observation, computation or analysis. Once operational, this computational system will provide to anyone (local residents, volunteers, ONGs, governments, etc), in any place of the world, to monitor forests of selected areas around the globe, almost in real time, using a notebook, a table, or a smartphone connected to Internet.





## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
3.1 As três abordagens da Ciência Cidadã. . . . .	8
3.2 O sistema EpiCollect permite coletar novos dados, inclusive imagens, e listar os dados antigos. Possui uma mapa para orientar os voluntários no momento da coleta. . . . .	11
3.3 Um novo aplicativo pode ser construído baseado no sistema Sensr para <i>volunteer sensing</i> . O usuário necessita apenas arrastar os componentes para posicioná-los onde desejado, sem a necessidade de ter um conheci- mento em programação. . . . .	11
4.1 A metodologia utilizada pelo projeto ForestWatchers. . . . .	14
5.1 Os voluntários terão a alternativa de enviar imagens para o servidor que serão utilizadas para aumentar a confiabilidade dos resultados. . . . .	18



## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
<b>1 INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>1</b>
<b>2 SISTEMAS DE MONITORAMENTO DE DESMATAMENTO DO INPE . . . . .</b>	<b>3</b>
2.1 PRODES . . . . .	3
2.2 DETER . . . . .	4
<b>3 CIÊNCIA CIDADÃ . . . . .</b>	<b>7</b>
3.1 COMPUTAÇÃO VOLUNTÁRIA . . . . .	8
3.2 PENSAMENTO VOLUNTÁRIO . . . . .	9
3.3 SENSORIAMENTO VOLUNTÁRIO . . . . .	10
<b>4 O PROJETO FORESTWATCHERS . . . . .</b>	<b>13</b>
4.1 METODOLOGIA . . . . .	13
<b>5 PLANO DE TRABALHO E CRONOGRAMA . . . . .</b>	<b>17</b>
5.1 METODOLOGIA . . . . .	17
5.1.1 MÓDULO DE SENSORIAMENTO VOLUNTÁRIO . . . . .	17
5.1.2 INTERFACE GRÁFICA PARA O MÓDULO DE SENSORIA- MENTO VOLUNTÁRIO . . . . .	19
5.1.3 INTEGRAÇÃO DOS MÓDULOS . . . . .	19
5.1.4 TESTES E VALIDAÇÃO . . . . .	19
5.2 CRONOGRAMA . . . . .	20
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .</b>	<b>21</b>



# 1 INTRODUÇÃO

Florestas tropicais proveem moradia para a maioria das espécies de animais e plantas terrestres do mundo. Estes ecossistemas estão sob crescente ameaça em todo o mundo. Estimativas recentes indicam que durante a década passada  $5,8 \pm 1,4$  milhões de hectares de floresta tropical úmida foram perdidos a cada ano, com mais  $2,3 \pm 0,7$  milhões de hectares de florestas parcialmente degradados (ACHARD et al., 2002). Em todas as regiões tropicais úmidas, o desflorestamento é sobretudo resultado da extração e comercialização de madeira, da agropecuária e da expansão da infraestrutura de transporte terrestre (HASSAN et al., 2005; NEPSTAD et al., 2002). Com inúmeras áreas de concessões se esgotando rapidamente, a extração ilegal de madeira está se tornando um fator importante no mercado de madeira, particularmente em regiões de florestas tropicais e em países de governança deficiente (HASSAN et al., 2005; CURRAN et al., 2004; ASNER, 2005). Seus efeitos negativos incluem o empobrecimento da paisagem florestal, com impactos em comunidades locais e o fortalecimento da corrupção e organizações criminosas (HASSAN et al., 2005). No passado, unidades de conservação, como reservas indígenas, reservas ecológicas e florestas nacionais, proporcionavam proteção contra a extração ilegal de madeira. Atualmente, essa situação não é mais verdadeira e unidades de conservação estão sob crescente ameaça, por exemplo na Indonésia (CURRAN et al., 2004), no Brasil (ASNER, 2005; SCHWARTZMAN et al., 2000) e provavelmente em outros lugares.

Informações sobre as florestas do mundo são limitadas e desigualmente distribuídas. O *Global Forest Resources Assessment* (FRA) 2000 (FAO, 2001), preparado pela *Food and Agriculture Organization* (FAO) das Nações Unidas, relata que apenas 22 dos 137 países em desenvolvimento realizam inventários periódicos. Muitos países possuem apenas inventários florestais anteriores a 1990 e poucos têm programas de monitoramento regulares (HASSAN et al., 2005). Exceções existem como o Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal (PRODES) e o Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real (DETER), desenvolvidos pelo INPE. Este último utiliza imagens dos satélites TERRA e ACQUA para fornecer alertas semanais sobre áreas acima de 25 hectares desmatadas na Amazônia brasileira. Contudo, apesar da proliferação de novas tecnologias e sistemas de sensoriamento remoto, resultados nesta área continuam longe do ótimo devido ao crescimento populacional, governança pobre e, sobretudo, ao aumento mundial do consumo de produtos florestais e agropecuários. Claramente, a imensa tarefa de proteger para gerações futuras uma parte adequada das florestas remanescentes do mundo está talvez fora do alcance de estratégias de conservação tradicionais, cujos tempos de

reação característicos nem sempre seguem os observados no solo e nos mercados econômicos.

No contexto descrito acima, foi lançado em 2012 o projeto ForestWatchers, propondo um novo paradigma em monitoramento e preservação de florestas baseado na convergência de tecnologias de *crowd sourcing* com catálogos de imagens públicas da Terra. Tem como objetivo possibilitar a qualquer cidadão ou instituição (voluntários, ONGs, governos, etc), em qualquer lugar do planeta, monitorar áreas selecionadas de floresta, quase em tempo real, utilizando um *tablet*, um *smartphone*, ou um computador conectado à *Internet*. ForestWatchers é baseado no conceito de *Volunteer Computing, Thinking e Sensing* e é implementado como um projeto de Ciência Cidadã. Ciência cidadã é o termo usado para projetos nos quais voluntários sem treinamento científico específico executam ou gerenciam tarefas relacionadas a pesquisa e desenvolvimento, tais como observação, medição ou computação. Essa abordagem oferece uma alternativa de baixo custo para fortalecer a infraestrutura e a participação do público na ciência (SOARES et al., 2011).

Essa dissertação tem como objetivo contribuir com a implementação do ForestWatchers. Para isso, propõe-se a i) desenvolver o módulo de “*volunteer sensing*” do projeto; ii) desenvolver a interface visual do projeto; iii) integrar esses módulos aos outros já existentes e a plataforma de ciência cidadã PyBossa, e iv) testar e validar todo o sistema com dados do PRODES/INPE e um conjunto de voluntários.

Este documento está organizado da seguinte forma: o Capítulo 2 traz uma rápida descrição dos principais sistemas de monitoramento de desmatamento desenvolvidos pelo INPE. O Capítulo 3 descreve alguns projetos baseados em ciência cidadã e seus conceitos básicos. O projeto ForestWatchers está descrito no Capítulo 4. Por fim, no Capítulo 5, os objetivos desta proposta e o seu cronograma são apresentados.

## 2 SISTEMAS DE MONITORAMENTO DE DESMATAMENTO DO INPE

Por mais de duas décadas, o Brasil vem utilizando imagens de satélites para realizar o monitoramento da Amazônia (INPE, 2008). Estes sistemas, desenvolvidos pelo INPE, tornaram o Brasil uma referência mundial na área (TOLLEFSON, 2012). Kintisch (2007) afirma que esse sistema é motivo de admiração mundial por ser capaz de informar anualmente as estimativas de taxas de desmatamento na Amazônia, além de emitir alertas semanais para as autoridades pertinentes. Os principais sistemas utilizados pelo INPE na tarefa de monitorar o desmatamento são descritos nas seções a seguir.

### 2.1 PRODES

Em 1988, o Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal (PRODES) foi desenvolvido para fornecer informações sobre a dinâmica anual do desmatamento de cobertura florestal na Amazônia Legal. As estimativas geradas pelo PRODES são anuais devido à complexidade e ao detalhamento necessários para o cálculo da área de desmate. Essas estimativas se baseiam em mapeamento detalhado com um grande conjunto de imagens do tipo LANDSAT (ou equivalente), que cobrem a Amazônia com baixa frequência temporal (16 e 26 dias) e com resolução espacial entre 20 e 30 metros. Esses sensores são capazes de mapear desmatamentos cujas áreas sejam superiores a 6,25 hectares (INPE, 2008).

Para realizar o cálculo da taxa de desmatamento as imagens são selecionadas de modo a obter a menor cobertura de nuvens possível, melhor visibilidade com uma adequada qualidade radiométrica<sup>1</sup> e com a data de aquisição das imagens próxima ao período de referência para o cálculo da taxa de desmatamento. Porém, considerando o histórico climatológico da Amazônia, a maioria das imagens não se apresentam livres de nuvens. Por isso é possível utilizar mais de uma imagem (inclusive de outros satélites) para compor as cenas.

Após a seleção das imagens, a próxima etapa envolve transformar seus dados radiométricos em componentes de cena (vegetação, solo e sombra), utilizando o Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME). As bandas 3, 4 e 5 do sensor TM são utilizadas para estimar a proporção dos componentes solo, vegetação e sombra para

---

<sup>1</sup>A resolução radiométrica é dada pelo número de valores digitais representando níveis de cinza, usados para expressar os dados coletados pelo sensor. Quanto maior o número de valores, maior é a resolução radiométrica

cada pixel, formando um sistema de equações lineares que pode ser solucionado pelo método dos mínimos quadrados ponderados. O resultado desse modelo linear é uma imagem-fração, onde se tem três bandas sintéticas com os valores proporcionais de vegetação, solo e sombra. A segmentação<sup>2</sup> da imagem-fração é então realizada, ajustando-se os limiares de similaridades e de área.

Um algoritmo de classificação não-supervisionado de agrupamentos de dados trata as imagens segmentadas, classificando-as de acordo com as classes definidas pelo banco de dados. Como resultado tem-se uma nova imagem *raster* ou vetorial com as áreas desflorestadas. Então, um fotointerprete tem a tarefa de analisar os polígonos temáticos gerados, tomando a decisão se esses devem ser aceitos ou reclassificados. Uma vez essa imagem aceita, uma máscara de desmatamento contendo as áreas de corte raso já detectados é gerada. Essa máscara será utilizada para eliminar desmatamentos antigos, impedindo que sejam identificados novamente.

## 2.2 DETER

Devido ao tempo necessário para gerar os resultados e por observar apenas áreas de corte raso, o PRODES não pode ser utilizado como um sistema de prevenção. Portanto, a partir de 2004 o Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER) foi implementado para realizar o monitoramento contínuo do desmatamento e da degradação florestal. Esse sistema foi criado para atender ao Governo Federal no Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. O principal objetivo desse sistema é de fornecer informações sobre o local e a dimensão aproximada de ocorrências de mudanças na vegetação de modo a agilizar a fiscalização.

As imagens utilizadas por esse sistema são obtidas pelo sensor MODIS (a bordo do satélite TERRA da NASA), que cobre a Amazônia a cada dia e meio. Essa alta resolução temporal reduz as limitações de observação impostas pela cobertura de nuvens da região. Com a máxima resolução espacial limitada em 250 metros, as imagens desses sensores permitem a detecção de desmatamentos apenas para áreas maiores do que 25 hectares. O objetivo do DETER é de fornecer indicadores para fiscalização a cada 15 dias, quando as condições de observação são favoráveis. Esse sistema observa diversos estágios de desmatamento para emitir seus alertas, como o de corte raso, degradação florestal de intensidade alta, média e baixa, sendo o último mais difícil devido a resolução das imagens do sensor MODIS (INPE, 2008).

---

<sup>2</sup>Segmentação de imagem é uma técnica de agrupamentos de dados onde características espectrais semelhantes são agrupadas.



A aquisição das imagens é feita de forma rápida, uma vez que o DETER utiliza os produtos baseados em *granules*<sup>3</sup> dos subconjuntos de resposta rápida da NASA. Esses dados encontram-se prontos para serem utilizados, pois já foram processados, disponibilizados em GeoTIFF, RGB-equivalente, no formato de 8-bits e geograficamente projetados.

Essas imagens são então carregadas no Sistema de Processamento de Informações Geo-referenciadas (SPRING) para que outros processamentos sejam feitos. Nesta etapa o especialista necessita aplicar um modelo de mistura para separar o que é floresta, solo ou água (ou sombra). Essa etapa é feita selecionando-se certos *pixels* com uma resposta espectral particular. Então, cada imagem é segmentada e classificada. Após a classificação das imagens, o especialista aplica as máscaras dos desflorestamentos anteriores e de hidrografia, com a finalidade de esconder os desmatamentos já conhecidos assim como outras características.

Na última etapa, o especialista corrige os resultados da segmentação automática, pixel-a-pixel. As vezes é possível que as etapas de classificação e segmentação possam ser colocados de lado, pois o especialista pode extrair todas as informações baseando-se apenas em sua expertise olhando para as imagens do satélite, munido dos arquivos geográficos de desflorestamento e hidrografia.

---

<sup>3</sup>Granules são produtos gerados de uma área particular. Granules não cobrem todo o globo.



### 3 CIÊNCIA CIDADÃ

Projetos como DETER e PRODES são requerem o intenso uso de mão de obra especializada, o que pode inviabilizar a sua extensão para outras regiões do globo, sobretudo em países pobres em infraestrutura e recursos humanos (INPE, 2008). Consequentemente, surgiu a ideia de fazer uso da ciência cidadã no monitoramento de florestas.

Ciência cidadã é o termo usado para designar projetos no qual voluntários, muitos sem nenhum treinamento científico específico, efetuam ou gerenciam tarefas científicas, tais como a realização de observações, medições ou computação (SOARES; SANTOS, 2011). Segundo Silvertown (2009), o cientista cidadão é um voluntário que coleta ou processa dados como parte de uma investigação científica. O *Christmas Bird Count* é considerado o primeiro projeto de ciência cidadã que se tem conhecimento (SILVERTOWN, 2009). Ocorrendo anualmente desde 1900, numa contagem recente milhares de observadores relataram mais de 63 milhões de pássaros.

O uso de ciência cidadã pode beneficiar a resolução de diversos problemas científicos, como mostrado por Raddick et al. (2009). Problemas como reconhecimento de padrões visuais, uma tarefa trivial para os humanos, é complexa para um computador executá-la eficientemente (SOARES, 2011). Por outro lado, a análise de dados (por exemplo, a tarefa de um fotointerprete) pode se tornar custosa e demorada conforme o volume de informação a ser analisada aumenta (SOARES; SANTOS, 2011). Esse acréscimo de dados pode ocorrer simplesmente adicionando mais áreas de interesse à pesquisa ou elevando o nível de detalhamento a ser processado. De acordo com Haym Hirsh<sup>1</sup>, publicado em Young (2010), problemas científicos com grande conjuntos de dados são os que mais se beneficiam com o emprego de cientistas cidadãos.

Inúmeros projetos já adotaram ciência cidadã. Algumas desses, requerem apenas o poder computacional dos computadores fornecidos pelos voluntários, outros necessitam da opinião direta do voluntário através da sua habilidade cognitiva (SOARES et al., 2011). Há também projetos que solicitam o uso dos sensores presentes nos dispositivos móveis dos voluntários (LIU et al., 2011). Muitos desses sensores são utilizados exaustivamente todos os dias, porém sem nenhuma coleta de dados, apenas para uso individual, como GPS<sup>2</sup>, câmeras e giroscópios.

---

<sup>1</sup>Diretor da Divisão de Sistema da informação e de Inteligência na Fundação de Ciência Nacional dos Estados Unidos

<sup>2</sup>Sistema de Posicionamento Global



Figura 3.1 - As três abordagens da Ciência Cidadã.

Ciência cidadã pode envolver três abordagens distintas (Figura 3.1). Essas abordagens são descritas nas próximas seções, juntamente com exemplos dos projetos mais conhecidos em cada área.

### 3.1 COMPUTAÇÃO VOLUNTÁRIA

Computação voluntária, do inglês *Volunteer Computing*, é o termo utilizado para descrever os projetos de ciência cidadã que precisam de grande poder computacional para processar seus dados, muitas vezes referenciado como Computação Distribuída (ANDERSON, 1999; LIU et al., 2011). Os voluntários disponibilizam o poder de processamento de seus computadores, quando esses encontram-se ociosos.

Exemplos de alguns projetos, que usam computação voluntária, são:

- **SETI@home** (<http://setiathome.berkeley.edu/>) - SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) é um projeto que tem por objetivo detectar vida inteligente fora da Terra (ANDERSON et al., 2002). Os computadores dos voluntários são utilizados para realizar uma análise digital dos sinais captados. Mais de 1 milhão de computadores são utilizados pelo projeto, que juntos geram uma capacidade computacional de 70 TeraFLOPS. Em 2015, a projeção é de que esse número alcance a marca de 1 bilhão de computadores contribuindo para o projeto (ANDERSON, 1999).

- **ClimatePrediction.net** (<http://ClimatePrediction.net>) - é um projeto de computação distribuída para produzir previsões do clima da Terra até 2100 e para verificar a precisão dos modelos do clima (ANDERSON et al., 2002). O projeto conta com mais de 200.000 participantes gerando um processamento de 32,126 TeraFLOPS (BOINC, 2013).

### 3.2 PENSAMENTO VOLUNTÁRIO

Outros projetos científicos necessitam de uma interatividade maior da parte do voluntário, não apenas o poder de processamento do seu computador. Esses projetos que geralmente demandam a identificação de padrões em imagens ou requerem a criatividade do voluntário, estão agrupados sob o conceito de Pensamento Voluntário, do inglês *Volunteer Thinking*. Alguns desses projetos são:

- **Galaxy Zoo** (<http://www.galaxyzoo.org>) - este projeto conta com a contribuição dos voluntários para classificar imagens obtidas pelo telescópio Hubble da NASA, diferenciando-as em galáxias de fusão, elípticas ou espirais. Na primeira versão do projeto, 1 milhão de imagens foram utilizadas, sendo 70.000 classificações feitas durante as primeiras 24 horas. Durante o primeiro ano, 50 milhões de galáxias foram classificadas, contando com mais de 150.000 participantes (Galaxy Zoo, 2013; MANSELL, 2012).
- **SnapshotSerengeti** (<http://www.snapshotserengeti.org>) - o objetivo desse projeto é descobrir como espécies rivais coexistem num mesmo ambiente. Para tal, foram posicionadas 225 câmeras acionadas por infravermelho no Serengeti, parque nacional da Tanzânia. As fotos são repassadas aos voluntários para fazerem a classificação da espécie encontrada na foto, especificando a quantidade de animais e as atividades que estiverem realizando (Snapshot Serengeti, 2013).
- **Foldit** (<http://www.fold.it>) - talvez o projeto de ciência cidadã que mais necessite do raciocínio do voluntário. Foldit é um jogo online de multi-jogadores que recruta voluntários pelo mundo para resolver difíceis previsões de estruturas de proteínas. Recentemente jogadores do projeto conseguiram solucionar a estrutura de uma enzima de um retrovírus que os cientistas estavam tentando resolver há décadas. Essa classe de enzimas tem um papel crítico em como o vírus da AIDS se prolifera (KHATIB et al., 2011; WAH, 2011).

### 3.3 SENSORIAMENTO VOLUNTÁRIO

Algumas vezes, os dados disponíveis para projetos científicos não são suficientes e a coleta de outros tipos de medidas se faz necessária. A realização desta tarefa, porém, se feita apenas pelos cientistas envolvidos diretamente no projeto, pode se tornar custosa e demorada. Portanto, uma alternativa viável é a utilização de sensoriamento voluntário, do inglês *Volunteer Sensing*, onde voluntários contribuem com dados, sejam anotações de espécies, envio de imagens ou da captura de sons de um ambiente. Esse tipo de ciência cidadã, tanto pode prover ferramentas para coletar esses dados ou usufruir dos dados dessas coletas (LIU et al., 2011).

Alguns exemplos de projetos que contam com esse tipo de contribuição:

- **Project Noah** (<http://www.projectnoah.org>) - tem o objetivo de construir uma plataforma online que permita a documentação de uma grande variedade de vida selvagem através de colaboradores. Esses pode enviar fotos e anotações de qualquer tipo de vida selvagem avistado (CATLINGROVES, 2012; DAVIES, 2011; AVC, 2011; WSJ, 2011).
- **NoiseTube** (<http://noisetube.net>) - o objetivo do projeto é o de permitir que voluntários utilizem seus aparelhos móveis para transformá-los em dispositivos de captação de ruído, para que responsáveis municipais tomem ações com base em mapas estatísticos georreferenciados (D'HONDT et al., 2012).

Alguns sistemas desenvolvidos para auxiliar na coleta de dados, realizados pelos voluntários, são discutidos a seguir:

- **EpiCollect** (<http://www.epicollect.net>) - é um sistema de coleta de dados utilizado em projetos de ciência cidadã, como em ecologia e epidemiologia (AANENSEN et al., 2009). Disponível em dois grandes sistemas operacionais de *smartphones*, Android e iOS, torna possível um maior engajamento da comunidade, independentemente do tipo de celular. O processo de desenvolvimento utilizando essa plataforma é simples e rápido. Por ser um sistema pronto, possui uma estrutura definida (ver Figura 3.2), necessitando apenas de ajustes de parâmetros.
- **Sensr** (<http://www.sensr.org>) - outro sistema com o objetivo de tornar o desenvolvimento de aplicações fácil e rápido, necessita apenas de

pequenos ajustes (KIM et al., 2013). Esses ajustes são feitos através de um site na Internet e requer apenas comandos básicos como arrastar e soltar componentes para compor o novo aplicativo (Figura 3.3)

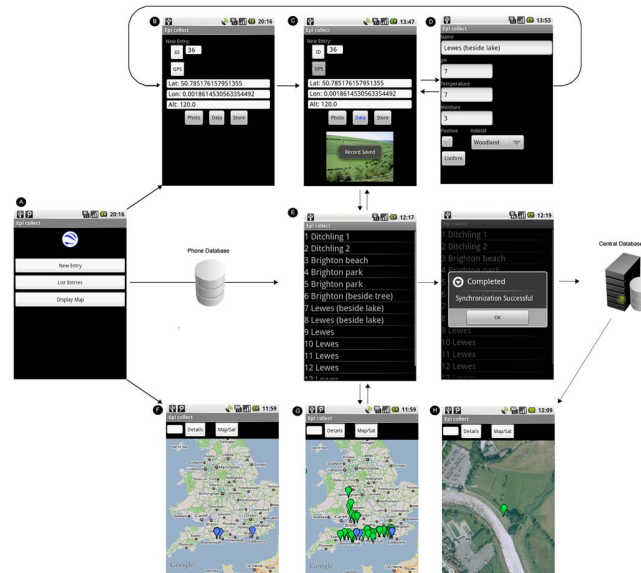


Figura 3.2 - O sistema EpiCollect permite coletar novos dados, inclusive imagens, e listar os dados antigos. Possui uma mapa para orientar os voluntários no momento da coleta.

Fonte: Adaptado de Aanensen et al. (2009)



Figura 3.3 - Um novo aplicativo pode ser construído baseado no sistema Sensr para *volunteer sensing*. O usuário necessita apenas arrastar os componentes para posicioná-los onde desejado, sem a necessidade de ter um conhecimento em programação.

Fonte: Adaptado de Kim et al. (2013)





## 4 O PROJETO FORESTWATCHERS

O projeto ForestWatchers (<http://www.forestwatchers.net>) propõe o desenvolvimento e o lançamento de uma iniciativa de ciência cidadã com o objetivo de envolver e integrar cidadãos ao redor do planeta na tarefa de monitorar o desmatamento das florestas tropicais (FORESTWATCHERS, 2012). Estes cidadãos poderão de suas casas, por meio de uma interface *Web*, inspecionar imagens recentes de satélite de áreas de florestas. Estas podem ser de uma reserva indígena na Amazônia, uma floresta nacional em Bornéu ou um parque em Queensland. As imagens são então classificadas em áreas de floresta ou não-floresta, por meio de um algoritmo de classificação supervisionado pelos voluntários na *Web*. Conforme mencionado por Ipeirotis et al. (2010), erros e até mesmo fraude podem ser automaticamente tratados pela redundância do sistema. Para isso, é necessário atrair e manter um grande número de voluntários (SOARES, 2011). Estima-se que cem mil voluntários analisando uma área de 100.000 hectares cada, com um fator de redundância de 20, podem examinar uma área de 500 milhões de hectares, cerca de 40 a 50% da área estimada das florestas tropicais do mundo (FORESTWATCHERS, 2012).

O projeto conta com desenvolvedores do Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada (LAC) do INPE, do *Citizen Cyberscience Centre* (CCC), e do Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT) da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), com apoio do *Open Society Foundations* (OSF), *United Nations Institute for Training and Research* (UNITAR), e *UNITAR's Operational Satellite Application Programme* (UNOSAT).

A seguir, será discutida a metodologia empregada no projeto.

### 4.1 METODOLOGIA

A metodologia usada neste projeto é inspirada no bem-sucedido programa de detecção de desflorestamento DETER do INPE. Assim, como no sistema DETER, o projeto ForestWatchers também utiliza imagens do sensor MODIS, com resolução de 250 metros (porém qualquer outro sensor de satélite que forneça suas imagens gratuitamente pode ser utilizado). Para que essas imagens possam ser exibidas para os voluntários é necessário que um pré-processamento seja feito.

Um diagrama ilustrativo da metodologia utilizada pelo projeto ForestWatchers pode ser visto na Figura 4.1.

Primeiramente é necessário adquirir as imagens da NASA referentes à área de inte-

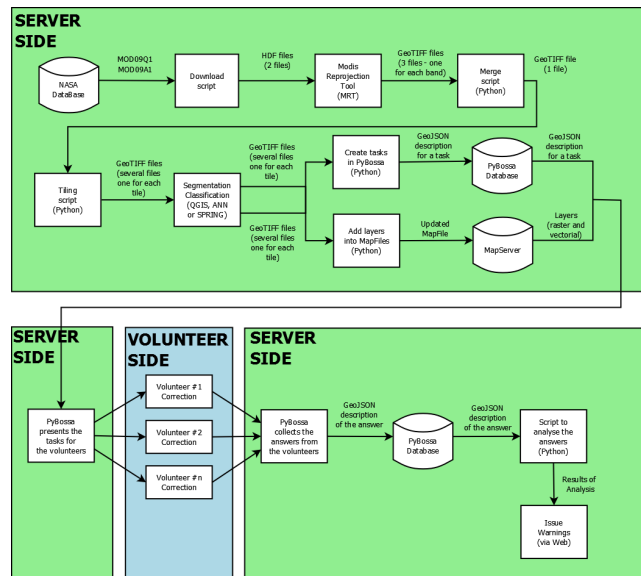


Figura 4.1 - A metodologia utilizada pelo projeto ForestWatchers.  
Fonte: ForestWatchers (2012)

resse do projeto. Para esse processo, ferramentas como FTP<sup>1</sup> e WGET<sup>2</sup> são utilizadas para realizar os downloads necessários. A próxima etapa, envolve recortar as imagens que não são pertinentes à área de interesse, descartando-as e consolidando as imagens restantes num único arquivo GeoTIFF de 16 bits. Essa etapa pode ser executada rapidamente com o auxílio da ferramenta MODIS Reprojection Tool (MRT) (LP DAAC, 2010), um software gratuito disponibilizado pela NASA.

As imagens de 16 bits são convertidas para 8 bits por meio de um *script* em Python<sup>3</sup>. Logo após, uma única imagem é consolidada utilizando-se três bandas (infravermelho médio, vermelho, infravermelho próximo, equivalentes a vermelho, verde e azul) da imagem de 8 bits. Assim, essa imagem pode ser enviada para um servidor gerenciador de arquivos de mapa. Nesse projeto utiliza-se o MapServer (<http://www.mapserver.org>), responsável por tratar as requisições de inserção e seleção das imagens georreferenciadas, e de retornar apenas parte da imagem desejada na forma de *tiles*. Todos os arquivos relacionados à imagem têm suas informações extraídas no formato GeoJSON<sup>4</sup>, para facilitar a comunicação entre os outros módu-

<sup>1</sup>File Transfer Protocol (FTP) é um protocolo para transferência de arquivo utilizado na Internet para efetuar *downloads* e *uploads* de arquivos.

<sup>2</sup>WGET é um programa livre para efetuar *download* de conteúdos na Internet.

<sup>3</sup>Python é uma linguagem de programação aberta.

<sup>4</sup>Geographic JavaScript Object Notation é um formato para codificar variados tipos de estruturas geográficas.

los. O algoritmo de classificação (ainda em desenvolvimento) faz a segmentação das imagens, classificando-as como áreas de floresta e de não-floresta. Existindo a necessidade de supervisão das imagens, serão criadas tarefas para os usuários poderem classificá-las visualmente.

O [PyBossa \(2013\)](#) é o sistema responsável por gerenciar a criação e distribuição das tarefas automaticamente, conforme necessário. Esse é um sistema livre que permite um usuário criar e gerenciar projetos que requeiram cognição humana, tais como classificação de imagem, transcrição e geo-codificação. Esse sistema é baseado no [BOSSA \(2008\)](#), plataforma online desenvolvida para facilitar a criação e a operação de projetos baseados em ciência cidadã. Essa nova implementação traz maiores benefícios em relação ao sistema original, Bossa, por ser desenvolvida em Python e possuir uma API<sup>5</sup> RESTful ([RICHARDSON; RUBY, 2008](#)).

Com as tarefas criadas, os voluntários podem classificar as imagens de forma ordenada. O projeto, com o uso do sistema de redundância que envia a mesma tarefa para diferentes voluntários, garante um aumento na confiabilidade dos resultados ([IPEIROTIS et al., 2010](#)).

---

<sup>5</sup>*Application Programming Interface* (API) é um protocolo com o objetivo de servir como interface para os componentes de softwares, permitindo comunicarem entre si.



## 5 PLANO DE TRABALHO E CRONOGRAMA

Esta dissertação tem como objetivo contribuir para a implementação do ForestWatchers (ver Capítulo 4). Em seus objetivos, ela será responsável pelas seguintes etapas:

- i) Desenvolver o módulo de *Volunteer Sensing* do projeto;
- ii) Desenvolver a interface gráfica do novo módulo para o projeto;
- iii) Integrar os módulos existentes junto a plataforma de ciência cidadã;
- iv) Testar e validar todo o sistema utilizando dados PRODES e um conjunto de dados gerados por voluntários.

### 5.1 METODOLOGIA

A seguir, serão descritas as metodologias para cada etapa elencada acima.

#### 5.1.1 MÓDULO DE SENSORIAMENTO VOLUNTÁRIO

O módulo de *volunteer sensing* fornecerá um conjunto de dados coletados diretamente pelos voluntários, elevando a confiabilidade dos resultados. Os voluntários poderão enviar imagens de áreas de interesse, relatando desflorestamento ou não. Essas imagens ficarão armazenadas no servidor, aguardando para serem avaliadas pelos próprios voluntários, com emprego, se necessário, do mesmo nível de redundância utilizado para aumentar a confiabilidade das respostas dos usuários. A avaliação dessas imagens terá o objetivo de descobrir se são pertinentes ao projeto ou não. Essas imagens serão utilizadas para reduzir o número de falsos-positivos ou falsos-negativos.

Para o desenvolvimento desse módulo (ver Figura 5.1), será necessário uma aplicação cliente que possibilite os voluntários enviar fotos georreferenciadas à plataforma do projeto. Essa aplicação cliente será desenvolvida baseada em *frameworks* de *volunteer sensing* disponíveis livremente. Caso os sistemas disponíveis não atendam às especificações do projeto, será desenvolvida uma nova aplicação cliente para um determinado tipo de dispositivo móvel, utilizando suas bibliotecas de desenvolvimento próprias. Neste caso, os aplicativos móveis podem ser desenvolvidos de três formas (DEVELOPER FORTE, 2013):

- 1 - Desenvolvimento utilizando bibliotecas nativas dos dispositivos - Essa abordagem requer que um aplicativo seja desenvolvido para cada sistema operacional

que se tem disponível, como exemplo, iOS<sup>1</sup>, Android<sup>2</sup>, Windows Phone<sup>3</sup>. Trata-se de uma abordagem custosa, pois há necessidade de adquirir licenças de desenvolvimento para todas essas plataformas, e de desenvolver cada aplicativo em sua própria linguagem de programação, uma vez que as bibliotecas nativas não são compatíveis entre si.

- 2 - Desenvolvimento em HTML5<sup>4</sup> - O HTML5 pode fornecer benefícios como portabilidade para diferentes dispositivos, não necessitando o desenvolvimento de um aplicativo para cada tipo de dispositivo. Atualmente, não são todos os dispositivos no mercado que possuem navegadores HTML5, por ser esse ainda recente. Assim, algumas funcionalidades poderão não funcionar corretamente.
- 3 - Desenvolvimento utilizando bibliotecas de terceiros para atingir uma funcionalidade híbrida - Há bibliotecas que permitem codificar numa linguagem relativamente parecida com HTML5, possibilitando o reuso de código entre dispositivos diferentes.

Esse sistema precisará ser desenvolvido visando eficiência na recepção dos dados enviados pelos voluntários e a utilização das mesmas tecnologias já utilizadas no projeto ForestWatchers para facilitar a sua integração.

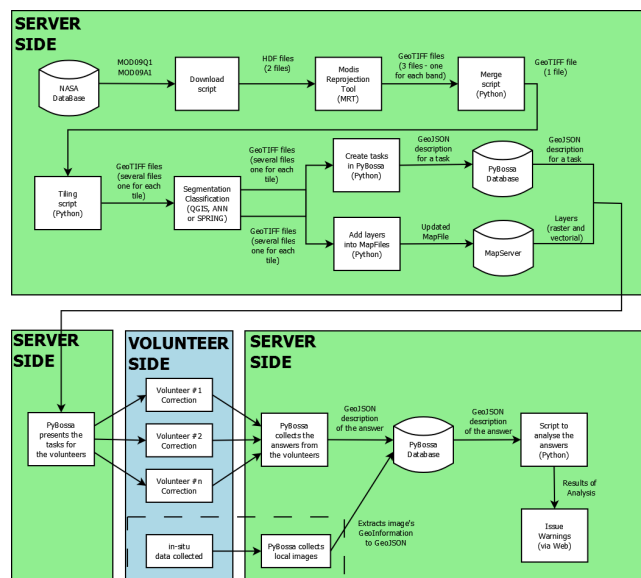


Figura 5.1 - Os voluntários terão a alternativa de enviar imagens para o servidor que serão utilizadas para aumentar a confiabilidade dos resultados.

<sup>1</sup>Sistema Operacional dos dispositivos móveis da fabricante Apple.

<sup>2</sup>Sistema Operacional da empresa Google.

<sup>3</sup>Sistema Operacional da Microsoft.

<sup>4</sup>HTML5 é uma linguagem de marcação estruturada para apresentar conteúdos da Internet.

### 5.1.2 INTERFACE GRÁFICA PARA O MÓDULO DE SENSORIA- MENTO VOLUNTÁRIO

Para o desenvolvimento de uma aplicação cliente para o dispositivo e de um sistema de gerenciamento dos dados enviados é necessário definir uma interface gráfica acessível onde os voluntários e administradores do projeto possam visualizar e editar esses dados. Essa interface visual será na forma de uma página de Internet, para que todos os voluntários possam acessá-la de qualquer lugar do mundo.

### 5.1.3 INTEGRAÇÃO DOS MÓDULOS

A integração de todos os módulos permitirá que a replicação do sistema em outros servidores seja realizada de modo rápido e sem grandes esforços. Essa integração também possibilitará que o projeto ForestWatchers se torne escalável com apenas um mínimo de manutenção necessária para adicionar novas áreas de interesse, podendo futuramente cobrir diversas florestas em escala mundial.

Em termos práticos, a integração se dará com o desenvolvimento de um novo módulo que gerenciará a transferência e o compartilhamento de informações e arquivos entre os módulos já existentes. Esta integração também garantirá o formalismo necessário para que níveis satisfatórios de qualidade de software no desenvolvimento do sistema sejam alcançados.

### 5.1.4 TESTES E VALIDAÇÃO

As etapas de testes e validação serão de extrema importância para o projeto ForestWatchers. Na fase de testes, a integração do sistema e a inclusão do novo módulo de *volunteer sensing* serão avaliados. Testes unitários em cada módulo e um teste de integração para o sistema como um todo, serão conduzidos com o objetivo de garantir o resultado desejado (HUTCHESON, 2003).

Na etapa de validação será realizada uma comparação entre os resultados gerados com as respostas fornecidas pelos voluntários em comparação com os dados oficiais emitidos pelo PRODES. Para este fim, uma nova área de interesse será selecionada e todo o processo de aquisição de imagens, geração de tarefas, apresentação das tarefas aos voluntários, obtenção das contribuições dos voluntários e disponibilização dos resultados para a comunidade serão validados.

Tabela 5.1 - Cronograma proposto

	2013										2014	
	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV
A	X	X	X	X	X	X	X	X				
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
i.	X	X	X									
ii.	X	X	X									
iii.	X	X	X	X								
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
i.	X	X	X	X	X	X						
D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
i.				X	X							
ii.						X						
E						X						
F						X	X	X				
G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
i.								X				
H								X				
I								X	X			
J								X	X	X	X	X

## 5.2 CRONOGRAMA

A tabela 5.1 apresenta o cronograma proposto para esta dissertação.

A - Revisão Bibliográfica

B - Módulo Volunteer Sensing

- i. Desenvolvimento do Servidor
- ii. Desenvolvimento do Cliente
- iii. Desenvolvimento da Interface Gráfica

C - Módulo Integrador

- i. Desenvolver Módulo Integrador

D - Testes

- i. Testes unitários
- ii. Testes de integração

E - Lançamento da Aplicação

F - Coleta de Dados

G - Análise e Validação

- i. Validação com o PRODES

H - Analisar os resultados

I - Publicar os resultados

J - Escrever a Dissertação



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AANENSEN, D. M.; HUNTLEY, D. M.; FEIL, E. J.; AL-OWN, F.; SPRATT, B. G. EpiCollect: linking smartphones to web applications for epidemiology, ecology and community data collection. **PloS one**, v. 4, n. 9, p. e6968, jan. 2009. ISSN 1932-6203. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2735776&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>>. 10, 11

ACHARD, F.; EVA, H. D.; STIBIG, H.-J.; MAYAUX, P.; GALLEGU, J.; RICHARDS, T.; MALINGREAU, J.-P. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. **Science (New York, N.Y.)**, v. 297, n. 5583, p. 999–1002, ago. 2002. ISSN 1095-9203. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/297/5583/999.abstract>>. 1

ANDERSON, B. D. P.; COBB, J.; KORPELA, E.; LEBOFISKY, M. SETI @ home which computing resources are. v. 45, n. 11, 2002. 8, 9

ANDERSON, D. P. BOINC: A System for Public-Resource Computing and Storage. **Fifth IEEEACM International Workshop on Grid Computing**, Ieee, p. 4–10, 1999. ISSN 15505510. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=1382809>>. 8

ASNER, G. P. Selective Logging in the Brazilian Amazon. **Science**, v. 310, n. 5747, p. 480–482, out. 2005. ISSN 0036-8075. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/310/5747/480.abstract>>. 1

AVC. **Peer Producing National Geographic**: Peer producing national geographic. 2011. Disponível em: <[http://www.avc.com/a\\_vc/2011/02/peer-producing-national-geographic.html](http://www.avc.com/a_vc/2011/02/peer-producing-national-geographic.html)>. Acesso em: 10 fev. 2013. 10

Boinc. **Bossa reference manual**. 2008. Disponível em: <<http://boinc.berkeley.edu/trac/wiki/BossaReference>>. Acesso em: 20 fev. 2013. 15

BOINC. **BOINCstats/BAM - CLIMATEPREDICTION.NET**. 2013. Disponível em: <<http://boincstats.com/en/stats/-1/team/detail/18187086/projectList>>. Acesso em: 10 fev. 2013. 9

CATLIN-GROVES, C. L. The Citizen Science Landscape: From Volunteers to Citizen Sensors and Beyond. **International Journal of Zoology**, v. 2012, p. 1–14, 2012. ISSN 1687-8477. Disponível em:

<<http://www.hindawi.com/journals/ijz/2012/349630/>>. 10

Citizen Cyberscience Centre and Open Knowledge Foundation. **PyBossa**

**Overview:** PyBossa Documentation. 2013. Disponível em:

<<http://docs.pybossa.com/en/latest/overview.html>>. Acesso em: 20 fev. 2013. 15

CURRAN, L. M.; TRIGG, S. N.; MCDONALD, A. K.; ASTIANI, D.; HARDIONO, Y. M.; SIREGAR, P.; CANIAGO, I.; KASISCHKE, E. Lowland forest loss in protected areas of Indonesian Borneo. **Science (New York, N.Y.)**, v. 303, n. 5660, p. 1000–3, fev. 2004. ISSN 1095-9203. Disponível em:

<<http://www.sciencemag.org/content/303/5660/1000.abstract>>. 1

DAVIES, E. A smart way to save wildlife. **BBC Nature**, 2011. Disponível em:

<<http://www.bbc.co.uk/nature/13454621>>. Acesso em: 15 jun. 2013. 10

DEVELOPER FORTE. Native, HTML5, or Hybrid: Understanding Your Mobile Application Development Options. 2013. Disponível em:

<[http://wiki.developerforce.com/page/Native,\\_HTML5,\\_or\\_Hybrid:\\_Understanding\\_Your\\_Mobile\\_Application\\_Development\\_Options](http://wiki.developerforce.com/page/Native,_HTML5,_or_Hybrid:_Understanding_Your_Mobile_Application_Development_Options)>. Acesso em: 20 fev. 2013. 17

D'HONDT, E.; STEVENS, M.; JACOBS, A. Participatory noise mapping works! An evaluation of participatory sensing as an alternative to standard techniques for environmental monitoring. **Pervasive and Mobile Computing**, Elsevier B.V., out. 2012. ISSN 15741192. 10

FAO. **Global Forest Resources Assessment 2000 Main Report**. FAO, 2001. 478 p. (FAO Forestry paper, 2). Disponível em:

<<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0264837703000036>>. 1

FORESTWATCHERS. **O Projeto ForestWatchers**: Descrição do projeto. [S.l.], 2012. 13, 14

Galaxy Zoo. The Story So Far. 2013. Disponível em:

<<http://www.galaxyzoo.org/#/story>>. Acesso em: 10 fev. 2013. 9

HASSAN, R. M.; SCHOLLES, R.; ASH, N. **Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends: Findings of the Condition and**

**Trends Working Group.** Island Press, 2005. 917 p. ISBN 1559632283. Disponível em: <<http://books.google.com/books?id=UFVmiSAr-okC&pgis=1>>. 1

HUTCHESON, M. L. **Software Testing Fundamentals: Methods and Metrics.** John Wiley & Sons, 2003. 432 p. ISBN 0471468444. Disponível em: <[http://books.google.com/books?id=NGZ\\_gFZv7icC&pgis=1](http://books.google.com/books?id=NGZ_gFZv7icC&pgis=1)>. 19

INTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Monitoramento da Cobertura Florestal da Amazônia por Satélites.** 2008. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/deter/avaliacao/RelatorioMonitoramento.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2013. 3, 4, 7

IPEIROTIS, P. G.; PROVOST, F.; WANG, J. Quality management on Amazon Mechanical Turk. **Proceedings of the ACM SIGKDD Workshop on Human Computation - HCOMP '10**, ACM Press, New York, New York, USA, p. 64, 2010. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1837885.1837906>>. 13, 15

KHATIB, F.; DIMAIO, F.; COOPER, S.; KAZMIERCZYK, M.; GILSKI, M.; KRZYWDA, S.; ZABRANSKA, H.; PICHOVA, I.; THOMPSON, J.; POPOVIĆ, Z.; JASKOLSKI, M.; BAKER, D. Crystal structure of a monomeric retroviral protease solved by protein folding game players. **Nature structural & molecular biology**, Nature Publishing Group, v. 18, n. 10, p. 1175–7, out. 2011. ISSN 1545-9985. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21926992>>. 9

KIM, S.; MANKOFF, J.; PAULO, E. Sensr : Evaluating A Flexible Framework for Authoring Mobile Data-Collection Tools for Citizen Science. 2013. 11

KINTISCH, E. Improved monitoring of rainforests helps pierce haze of deforestation. **Science**, v. 316, p. 536–537, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/316/5824/536.short>>. 3

Land Processes Distributed Active Archive Center. **MODIS Reprojection Tool Swath:** User Manual. 2010. Disponível em: <[https://lpdaac.usgs.gov/sites/default/files/public/MRTSwath\\_Users\\_Manual\\_2.2\\_Dec2010.pdf](https://lpdaac.usgs.gov/sites/default/files/public/MRTSwath_Users_Manual_2.2_Dec2010.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2013. 14

LIU, S.; YANG, J.; LI, B.; FU, C. Volunteer Sensing: The New Paradigm of Social Sensing. **2011 IEEE 17th International Conference on Parallel and Distributed Systems**, Ieee, p. 982–987, dez. 2011. 7, 8, 10

MANSELL, R. Promoting access to digital knowledge resources: managing in the commons. **International journal of the commons**, v. 6, n. 2, p. 1–20, 2012. 9

NEPSTAD, D.; MCGRATH, D.; ALENCAR, A.; BARROS, A. C.; CARVALHO, G.; SANTILLI, M.; Vera Diaz, M. d. C. Environment. Frontier governance in Amazonia. **Science (New York, N.Y.)**, v. 295, n. 5555, p. 629–31, jan. 2002. ISSN 1095-9203. Disponível em:

<<http://www.sciencemag.org/content/295/5555/629.short>>. 1

RADDICK, M. J.; BRACEY, G.; GAY, P. L.; LINTOTT, C. J.; MURRAY, P.; SCHAWINSKI, K.; SZALAY, A. S.; VANDENBERG, J. Galaxy Zoo: Exploring the Motivations of Citizen Science Volunteers. p. 15, set. 2009. Disponível em:

<<http://arxiv.org/abs/0909.2925>>. 7

RICHARDSON, L.; RUBY, S. **RESTful Web Services**. O'Reilly Media, Inc., 2008. 454 p. ISBN 0596554605. Disponível em:

<<http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=XUaErakHsoAC&pgis=1>>. 15

SCHWARTZMAN, S.; MOREIRA, A.; NEPSTAD, D. Rethinking Tropical Forest Conservation: Perils in Parks. **Conservation Biology**, v. 14, n. 5, p. 1351–1357, out. 2000. ISSN 0888-8892. Disponível em:

<<http://doi.wiley.com/10.1046/j.1523-1739.2000.99329.x>>. 1

SILVERTOWN, J. A new dawn for citizen science. **Trends in ecology & evolution**, v. 24, n. 9, p. 467–71, set. 2009. ISSN 0169-5347. Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19586682>>. 7

Snapshot Serengeti. **Snapshot Serengeti - About**. 2013. Disponível em:

<<http://www.snapshotserengeti.org/about>>. Acesso em: 10 fev. 2013. 9

SOARES, M. D. **Employing citizen science to label polygons of segmented images**. 2011. 143 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2011/08.02.16.43-TDI). Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011. Disponível em:

<<http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP7W/3A7C59S>>. Acesso em: 20 fev. 2013. 7, 13

SOARES, M. D.; SANTOS, R.; VIJAYKUMAR, N. L.; DUTRA, L. V. Analysis of User Behavior and Difficulty in Labeling Polygons of a Segmented Image in a Citizen Science Project. **INFOCOMP**, v. 9, n. 4, p. 34–42, Dez 2011. 2, 7

SOARES, M. D.; SANTOS, R. D. C. d. Ciência cidadã: O envolvimento popular em atividades científicas. **Ciência Hoje**, v. 47, n. 281, p. 38–43, 2011. ISSN

0101-8515. Disponível em:

<<http://urlib.net/dpi.inpe.br/plutao/2011/09.22.16.57>>. Acesso em: 11 fev. 2013. 7

The Wall Street Journal. **App Watch**: Mapping nature on your smartphone - digits - wsj. 2011. Disponível em: <<http://blogs.wsj.com/digits/2011/02/28/app-watch-mapping-nature-on-your-smartphone/>>. Acesso em: 10 fev. 2013. 10

TOLLEFSON, J. Brazil unveils tool to track emissions. **Nature**, v. 488, n. 7413, p. 570, ago. 2012. ISSN 1476-4687. Disponível em: <<http://www.nature.com/news/brazil-unveils-tool-to-track-emissions-1.11298>>. 3

WAH, C. Crowdsourcing and Its Applications in Computer Vision. p. 1–15, 2011. 9

YOUNG, J. R. Crowd Science Reaches New Heights. **The chronicle of higher education**, p. 1–7, 2010. Disponível em: <<http://chronicle.com/article/The-Rise-of-Crowd-Science/65707/>>. 7



## **PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS EDITADAS PELO INPE**

### **Teses e Dissertações (TDI)**

Teses e Dissertações apresentadas nos Cursos de Pós-Graduação do INPE.

### **Manuais Técnicos (MAN)**

São publicações de caráter técnico que incluem normas, procedimentos, instruções e orientações.

### **Notas Técnico-Científicas (NTC)**

Incluem resultados preliminares de pesquisa, descrição de equipamentos, descrição e ou documentação de programas de computador, descrição de sistemas e experimentos, apresentação de testes, dados, atlas, e documentação de projetos de engenharia.

### **Relatórios de Pesquisa (RPQ)**

Reportam resultados ou progressos de pesquisas tanto de natureza técnica quanto científica, cujo nível seja compatível com o de uma publicação em periódico nacional ou internacional.

### **Propostas e Relatórios de Projetos (PRP)**

São propostas de projetos técnico-científicos e relatórios de acompanhamento de projetos, atividades e convênios.

### **Publicações Didáticas (PUD)**

Incluem apostilas, notas de aula e manuais didáticos.

### **Publicações Seriadas**

São os seriados técnico-científicos: boletins, periódicos, anuários e anais de eventos (simpósios e congressos). Constam destas publicações o Internacional Standard Serial Number (ISSN), que é um código único e definitivo para identificação de títulos de seriados.

### **Programas de Computador (PDC)**

São a seqüência de instruções ou códigos, expressos em uma linguagem de programação compilada ou interpretada, a ser executada por um computador para alcançar um determinado objetivo. Aceitam-se tanto programas fonte quanto os executáveis.

### **Pré-publicações (PRE)**

Todos os artigos publicados em periódicos, anais e como capítulos de livros.