



## **Proposta para Grupo de Trabalho**

GT-EcoDiF: Ecosistema Web de Dispositivos Físicos

Paulo de Figueiredo Pires

21/08/2012

1. Título

## 2. Coordenador

Prof. Paulo de Figueiredo Pires  
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)  
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1304174767727101>

Mini CV: **Paulo F. Pires** possui doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação (2002) pela COPPE-UFRJ e pós-doutorado realizado na *University of Sydney* – Austrália (2010). Atualmente é professor adjunto do Departamento de Ciência da Computação (DCC) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e bolsista de produtividade em desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora nível 2 do CNPq. O Prof. Paulo Pires atua nas áreas de pesquisa de desenvolvimento dirigido a modelos, desenvolvimento SOA, sistemas distribuídos, desenvolvimento Web e desenvolvimento orientado a aspectos. Desde 1994 vem participando em projetos de consultoria e transferência de tecnologia em empresas como EMBRATEL, Marinha do Brasil, ONS, Secretaria de Informática do Estado do Rio de Janeiro, Ministério da Defesa, Ministério da Aeronáutica e SENGE (Sindicatos dos Engenheiros - RJ). O Prof. Paulo Pires já foi coordenador de diversos projetos de pesquisa aplicada, entre eles: (i) “WebFlow-AH” (CTINFO: CNPq 31/2004 –PDPG-TI); (ii) coordenador local (UFRN) do projeto PROCAD (CAPES) – “Desenvolvimento de Linhas de Produto de Software Usando Técnicas Orientadas a Aspectos”; (iii) coordenador da meta WoT do projeto “Construindo Cidades Inteligentes: da Instrumentação dos Ambientes ao desenvolvimento de Aplicações (CIA)2” (chamada CTIC-RNP); (vi) do projeto com o governo da Australiano no âmbito do programa ALAF (<http://www.usaid.gov.au/scholar/pages/alafellow.aspx>), “Building Brazil s Capacity in Sourcing Renewable Energy using Wireless Sensor Networks”; (v) do projeto “Projeto Flexível de Aplicações em Nuvem” (CENPES/COPPETEC); (vi) do projeto “CrossMDA++: Reuse of Aspects and Transformations”, financiado pela Fundación Carolina - Centro de Estudos Hispânicos e Ibero-americanos; dentre outros.

Prof<sup>a</sup>. Thais Vasconcelos Batista (Coordenador Adjunto)  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)  
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5521922960404236>

Mini CV: **Thais Vasconcelos Batista** possui mestrado em Informática (1994), doutorado em Informática (2000), ambos pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e pós-doutorado realizado na Lancaster University – UK (2005). Atualmente é professora associada do Departamento de Informática e Matemática Aplicada (DIMAp) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e bolsista de produtividade nível 2 do CNPq. Coordena o projeto AltoStratus, um consórcio, financiado pelo CTIC/RNP, envolvendo várias instituições para desenvolvimento de infra-estrutura de aplicações em nuvem. Esse projeto conta com o apoio da Amazon para uso da infraestrutura de nuvem EC2. Também é coordenadora geral do projeto CoSeNu (Plataforma para Composição de Serviços de Nuvem: Especificação e Implementação, financiado pelo edital Universal do CNPq. Nesses projetos trabalha em parceria com os Professores Flavia Delicato e Paulo Pires, da UFRJ. Também participa do Projeto WoT (Web of Things), financiado pelo CTIC/RNP e coordenado pelo Prof. Paulo Pires. Seus interesses incluem Sistemas Distribuídos, Middleware, Computação em Nuvem, Segurança, Computação Ubíqua.

## 3. Resumo

Esse projeto tem como objetivo desenvolver a EcoDiF, uma plataforma Web para conectar dispositivos e produtos com aplicações e/ou usuários finais, a fim de fornecer

funcionalidades de controle, visualização, processamento e armazenamento de dados. A EcoDiF atuará como um **núcleo de um ecossistema *Internet of Things***, oferecendo serviços (de software) focados: (i) na conectividade entre dispositivos e a Internet; (ii) em serviços de aplicação e (iii) em serviços de apoio. A EcoDiF pode ser usada em diversos contextos, tais como aplicações de monitoramento ambiental, de monitoramento de infraestrutura pública, como acompanhamento de trânsito e condições da estrada, bem como para compartilhamento de dispositivos de sensoriamento entre laboratórios acadêmicos.

#### **4. Abstract**

This project aims at developing EcoDiF, a Web platform to connect devices and products with applications and/or end users in order to provide functionalities of control, visualization, data processing and storage. EcoDiF acts as a core of an Internet of Things ecosystem, providing services (software) focused on: (i) the connectivity between devices and the Internet, (ii) application services and (iii) support services. EcoDiF can be used in several contexts such as environmental monitoring applications, monitoring of public infrastructure such as monitoring of traffic, road conditions, etc, as well as a platform to enable sharing sensing devices between academic laboratories.

#### **5. Parcerias**

Este projeto será desenvolvido através de uma parceria entre o laboratório UbiComp da UFRJ e o laboratório Consiste da UFRN e tal parceria se dará através das seguintes formas:

- (a) cooperação técnica entre as equipes de alunos e pesquisadores de ambas as instituições, visando explorar as competências técnicas de cada integrante nas áreas de Internet das Coisas, Web das Coisas e Computação em Nuvem;
- (b) elaboração conjunta da especificação, do projeto e da implementação da solução;
- (d) realização conjunta da análise e validação dos resultados, durante o processo de teste do protótipo.

Visando viabilizar essa parceria, a equipe de desenvolvimento deste projeto será mista, envolvendo integrantes de ambas as instituições.

#### **6. Duração do projeto**

Este projeto tem duração de 12 meses.

#### **7. Sumário executivo**

##### **7.1 Contexto e Motivação**

O conceito de Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) foi cunhado em 1999 nos Laboratórios Auto-ID [1], no *Massachusetts Institute of Technology* [2]. A ideia geral por trás deste conceito abstrato é conectar qualquer objeto de nossa vida diária com a Internet. Segundo a IoT, cada “coisa” em nosso ambiente torna-se endereçável e, conseqüentemente, controlável. Atualmente, a pesquisa sobre a Internet das coisas tem suas raízes em diversos domínios de investigação, onde diferentes aspectos e desafios da IoT vêm sendo tratados. Estes domínios incluem, por exemplo, estudos sobre técnicas de RFID, comunicação máquina-a-máquina (M2M), redes de sensores e atuadores sem fio (RSASF), computação ubíqua, Web-das-Coisas (WOT), apenas para citar alguns. Além disso, as tecnologias ligadas a IoT têm sido aplicadas em

muitos domínios verticais de aplicação, que variam desde a indústria automotiva a máquinas para automação residencial e equipamentos eletrônicos. Assim, o conceito de IoT representa uma convergência de múltiplos domínios, e pode ser visto como um termo guarda-chuva reunindo as visões e tecnologias relacionadas subjacentes [4].

Do ponto de vista de negócios, a Internet das coisas representa uma enorme oportunidade para vários tipos de empresas, incluindo as operadoras de telecomunicações e provedores de serviços e aplicações, bem como provedores de plataformas e integradores. Segundo algumas estimativas, apenas as comunicações M2M vão gerar cerca de 714 bilhões de euros de receitas em 2020 [4]. Enquanto isso, no momento atual o mercado encontra-se ainda em uma fase bastante inicial, com soluções fragmentadas visando domínios verticais específicos e/ou tipos específicos de aplicações. As soluções atuais também se caracterizam por uma variedade de plataformas, protocolos e interfaces proprietárias, dificultando a compatibilidade entre os componentes das soluções de diferentes fornecedores, e mantendo altos os preços desses componentes. Algumas das tecnologias disponíveis poderiam ser vistas como padrões *de facto*, por exemplo no que se refere a alguns protocolos de comunicação sem fio; mas nenhum padrão totalmente aberto conseguiu, até o momento, estabelecer-se no domínio das redes de sensores sem fio. Protocolos e interfaces padrão também estão disponíveis ou em desenvolvimento (por exemplo, pelas Alianças ZigBee e IPSO), mas não há um conjunto único de protocolos, interfaces e plataformas que seja dominante até o momento. A falta de uma abordagem de projeto dominante e os elevados custos resultantes das soluções, juntamente com a falta de arquiteturas de referência e a ausência de diretrizes independentes de fornecedor sobre como escolher dentre as soluções disponíveis ou os seus componentes, inibem uma adoção mais ampla das tecnologias da Internet das coisas [6].

Dessa forma, o esperado crescimento acelerado do mercado de Internet das coisas depende da emergência de **ecossistemas de IoT** que se desenvolvam em torno de padrões, plataformas e interfaces comuns/dominantes [3]. Um ecossistema emerge em torno de um núcleo, que representa alguns ativos (*assets*) comumente utilizados pelos membros desse ecossistema. Uma vez que a essência da IoT é a interligação do mundo físico das coisas com o mundo virtual da Internet, as plataformas de hardware e software, bem como os padrões comumente utilizados para permitir essa interconexão podem tornar-se um núcleo de um ecossistema IoT. Mais especificamente, tal núcleo pode concentrar-se [3]:

- Nos **dispositivos e gateways conectados**, incluindo as plataformas de hardware (por exemplo, plataforma Arduino [8], T-Mote Sky, Zolertia Z1, etc.) e plataformas de software (TinyOS, Contiki OS), bem como os padrões relacionados (tais como as especificações da *Home Gateway Initiative* [9]);
- Na **conectividade entre os dispositivos e a Internet**, que pode ser implementada, por exemplo, através de um modem móvel sem fio ou um roteador Wi-Fi, ou através de um gateway WPAN. Ou seja, pode focar em plataformas de hardware (por exemplo, modems RMC [10]), nos padrões e protocolos que regulam a comunicação (por exemplo, IETF 6LoWPAN, ROLL e protocolos COAP promovidos pela Aliança IPSO [11], padrões WPAN promovidos pela Aliança ZigBee [12]), ou nas plataformas de software para apoiar a conectividade (por exemplo, *Californium Java CoAP framework* [13], *Erbium CoAP framework para Contiki* [14]);
- Nos **serviços de aplicação**, construídos no topo dessa conectividade com a ajuda de plataformas de software comuns (por exemplo, Pachube [15]) e de padrões que regem a composição de serviços e compatibilidade de formatos de dados (EPC, JSON, SOA);
- Nos **serviços de apoio** que são necessários para o provisionamento, segurança e faturamento dos serviços de aplicação (por exemplo, NSN M2M suite de

software [16], *Ericsson Device Connection Platform* [17]) e padrões relacionados (por exemplo, as normas elaboradas pelo comitê técnico ETSI M2M [18]).

Nesse contexto, o objetivo deste projeto é desenvolver uma plataforma de software que atue como um **núcleo de um ecossistema IoT**, oferecendo serviços (de software) focados: (i) na conectividade entre os dispositivos e a Internet; (ii) em serviços de aplicação e (iii) em serviços de apoio. A proposta deste projeto é que essa plataforma de software, denominada **EcoDiF**, seja oferecida como um serviço a ser disponibilizado pela RNP conforme detalhado na Seção 7.2.

## 7.2 Detalhamento do Serviço a ser oferecido

EcoDiF visa ser uma plataforma Web para conectar dispositivos e produtos com aplicações e/ou usuários finais, a fim de fornecer funcionalidades de controle, visualização, processamento e armazenamento de dados em tempo real.

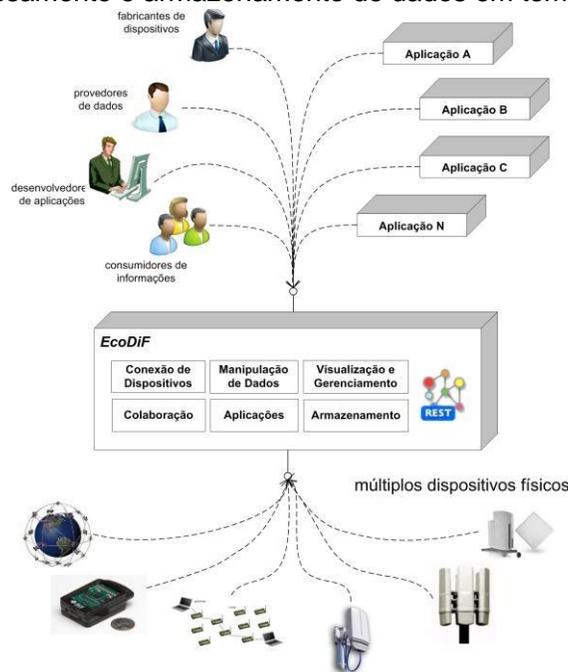


Figura 1: Visão Geral da EcoDiF.

Para atingir seus objetivos a EcoDiF será composta dos seguintes módulos, conforme ilustra a Figura 1:

1. **Módulo de conexão de dispositivos.** Este módulo visa fornecer funcionalidades para facilitar a conexão de dispositivos físicos a EcoDiF e, por consequência, a Internet. Dentre as funcionalidades previstas, este módulo deve permitir que: (i) fabricantes configurem seus dispositivos de acordo com uma API específica da EcoDiF para permitir a integração padronizada com a plataforma; e (ii) usuários da EcoDiF conectem seus dispositivos já previamente habilitados a executar as operações da API provida.
2. **Módulo de manipulação de dados.** Este módulo visa fornecer funcionalidades para manipulação de dados em tempo real gerados pelos dispositivos cadastrados na plataforma. Este módulo permitirá a criação do conceito de "**ambiente de sensoriamento**" (*feeds*), definido como uma coleção de dados sensorizados em um contexto específico, como por exemplo, uma localização geográfica em particular. Esse conceito visa à criação de uma abstração que abrange a representação de dados de um ambiente (físico ou virtual), seus fluxos de dados e seus metadados. A EcoDiF suportará a

representação de dados e metadados em formatos de fácil interoperabilidade tais como os formatos XML [20] e JSON [19].

3. **Módulo de visualização e gerenciamento.** O objetivo deste módulo é fornecer um portal web que permita o fácil gerenciamento dos dispositivos conectados a EcoDiF pelos seus usuários. Dentre as funcionalidades de gerenciamento estão previstas: acompanhamento do estado e localização dos dispositivos; criação de alertas e notificações a respeito do ambiente de sensoriamento; e visualização de dados históricos.
4. **Módulo de colaboração.** O objetivo deste módulo é facilitar a colaboração entre os usuários da plataforma EcoDiF. Para tal, serão disponibilizadas as seguintes funcionalidades: (i) busca pelos dispositivos registrados na plataforma a partir de seus metadados (tipo, usuário, localização, etc); (ii) busca e visualização de dados de interesse a partir de consultas georeferenciadas; (iii) instalação de aplicações que manipulam dados produzidos e/ou consumidos na EcoDiF; (iv) busca pelas aplicações disponíveis na EcoDiF.
5. **Módulo de Armazenamento.** O módulo de armazenamento conterá dois repositórios, um para dados e outro para aplicações. Para garantir robustez, segurança, disponibilidade e escalabilidade desses repositórios, esse módulo pode fazer uso de uma infraestrutura de nuvem computacional. Nesse caso, ele poderia ser instalado em alguma nuvem suportada pela RNP, por exemplo, como a proposta no *GT-CNC – Computação em Nuvem para Ciência*.
6. **Módulo de Aplicações.** Este módulo visa prover um modelo e ambiente para programação e execução de aplicações que consumam dados disponíveis na EcoDiF e gerem novos dados/informações que também são disponibilizados nessa plataforma. O modelo de programação da EcoDiF será baseado na linguagem *Enterprise Mashup Markup Language* (EMML) [21] que é uma linguagem declarativa e padrão para o desenvolvimento de aplicações *mashups* Web. EMML permite a portabilidade e interoperabilidade dos programas desenvolvidos, permitindo também a integração de dados de fontes diversas. Os programas criados através dela produzem dados novos que podem ser usados em outras aplicações ou outros *mashups*, permitindo uma maior reusabilidade e portabilidade. Esta linguagem permite a composição de *mashups* a partir de serviços Web tradicionais (baseados em SOAP), APIs de terceiros na Web (baseados em REST, por exemplo) e bancos de dados SQL.

A EcoDiF fornecerá uma API (*application programming interface*) aberta que poderá ser utilizada por indivíduos, laboratórios e instituições de pesquisa, e empresas, para acessar os serviços providos pela plataforma. Dentre as operações oferecidas pela API da EcoDiF podemos citar:

- Criação, atualização, visualização e remoção de “ambientes de dados” (*feeds*);
- Criação, atualização, visualização e remoção de *streams* de dados; □  
Criação, atualização, visualização e remoção dados pontuais (*datapoints*); □ Criação, atualização, visualização e remoção de notificações (*triggers*).

Desta forma, a plataforma EcoDiF oferecerá um serviço voltado para a disponibilização de produtos habilitados para a Internet das coisas sem a necessidade de ter que se construir qualquer infraestrutura de *backend* para tal.

Toda a concepção da EcoDiF será feita com base no estilo arquitetural REST [23] (do inglês, *Representation State Transfer*). Esse estilo arquitetural pode ser empregado

para desenvolver sistemas que seguem uma arquitetura orientada a recursos (ROA, do inglês *Resource Oriented Architecture*) [23]. O REST define um conjunto de princípios que, ao serem adotados, dão origem a sistemas RESTful. Os sistemas RESTful são menos acoplados, mais leves, eficientes e flexíveis do que os sistemas Web baseados em WS-\* e podem ser facilmente reutilizados [22,25]. Além disso, os princípios REST podem ser mapeados nos métodos básicos do protocolo HTTP (GET, POST, UPDATE e DELETE) para criar sistemas CRUD (Create, Read, Update, Delete) de uma aplicação RESTful. Os recursos dos sistemas RESTful são identificados e encapsulados por um URI. A utilização do protocolo HTTP como protocolo de aplicação admite que os recursos possuam várias representações e permite que os clientes selecionem, dentre as representações disponíveis, aquela que melhor se adequa às necessidades da aplicação [25]. Essas características fazem do REST a opção mais adequada para construção de APIs Web para acesso a dispositivos físicos do mundo real [22,24].

A EcoDiF empregará os princípios REST para disponibilizar as funcionalidades dos dispositivos físicos na Web utilizando duas abordagens. Na primeira abordagem, são implantados servidores Web embarcados em dispositivos e as funcionalidades desses dispositivos são disponibilizadas na forma de recursos RESTful. Na segunda abordagem, quando um dispositivo não possui recursos de hardware suficientes para executar um servidor embarcado, é possível utilizar outro dispositivo como ponte para disponibilizar as funcionalidades do dispositivo na Web através de uma interface RESTful.

### 7.3 Modelos de Utilização do Serviço oferecido pela EcoDiF

A plataforma EcoDiF poderá ser instalada em qualquer servidor Web hospedado em um *data center* como, por exemplo, o *Internet Data Center (IDC)* da RNP. Uma vez instalada em um servidor Web, a EcoDiF será uma plataforma de software onde dispositivos, informação, desenvolvedores e aplicações são integrados de forma a criar um **ecossistema IoT** onde novas ideias e produtos podem ser desenvolvidos de forma “orgânica”. Esse tipo de ambiente pode ser utilizado de inúmeras formas; nessa seção serão descritos inicialmente os papéis de usuários da EcoDiF e a seguir alguns exemplos de potenciais usos dessa plataforma.

A EcoDiF possui 4 papéis definindo diferentes perfis de usuários: (i) fabricantes de dispositivos; (ii) provedores de dados; (iii) desenvolvedores de aplicações; e (iv) consumidores de informações. Os **fabricantes de dispositivos** desenvolvem *drivers* para os seus dispositivos tornando-os compatíveis com a API provida pela EcoDiF, bem como perfis de dados que descrevem a sintaxe e semânticas dos dados gerados pelo dispositivo. O uso dos princípios REST e de estruturação de dados baseada em padrões Web (XML e Json) facilita a tarefa desses fabricantes exigindo, portanto, um baixo custo de investimento. Os **provedores de dados** são os proprietários dos dispositivos que desejam disponibilizar os seus dados no ecossistema IoT usando o suporte fornecido pela EcoDiF. Para tal, esses usuários, fazendo uso dos *drivers* e perfis de dados já providos pelos fabricantes, conectam, configuram e gerenciam seus dispositivos usando o portal da EcoDiF. Os **desenvolvedores de aplicações** constroem aplicações que têm como entrada dados brutos providos pela miríade de dispositivos inseridos no ecossistema IoT, bem como dados previamente processados por outras aplicações também integradas ao ecossistema. Para tal, esses usuários fazem uso do modelo de programação provido pela EcoDiF e registram suas aplicações via seu portal. Os **consumidores de informações** são usuários que interagem com o portal Web da EcoDiF para buscar pelas informações disponíveis no ecossistema IoT. Essas informações consistem de: (i) dados brutos produzidos por dispositivos e metadados desses dispositivos, (ii) dados processados pelas aplicações;

(ii) “ambientes de dados” (*feeds*) registrados na EcoDiF; e (iv) metadados de aplicações. Esses usuários também podem se registrar para receber notificações de eventos de interesse utilizando para tanto as funcionalidades do portal Web da EcoDiF.

O primeiro exemplo de utilização será no contexto da **área de monitoramento ambiental**. A qualidade do ar em cidades pode ser monitorada por dispositivos portáteis equipados com sensores que medem diferentes poluentes (por exemplo, concentração de CO<sub>2</sub>, nitrogênio) e que se comunicam com telefones celulares através de Bluetooth [26]. De forma similar, os microfones dos celulares podem ser usados para monitorar nível de ruído em cidades. Os celulares podem se registrar na EcoDiF usando a API do módulo de conexão de dispositivos e, em seguida, ser configurados como dispositivos móveis fornecedores de dados de qualidade de ar através da interface fornecida pelo módulo de visualização e gerenciamento. Após esta etapa, aplicações de análise de dados de poluição podem ser alimentadas com os dados coletados pelos celulares fornecidos pela EcoDiF. O módulo de colaboração pode ser usado para facilitar a busca pelas informações desejadas e também para transformar a própria aplicação de análise de dados de poluição em uma nova fonte de informação disponível na EcoDiF.

De forma similar, a EcoDiF pode ser utilizada no domínio de **aplicações de infraestrutura pública**, as quais envolvem a medição de grandes fenômenos de interesse de governantes e cidadãos. Exemplos incluem a medição de: tráfego e condições da estrada, disponibilidade de estacionamento, paralisações de obras públicas (por exemplo, o mau funcionamento de hidrantes, semáforos quebrados), e acompanhamento de trânsito em tempo real. Telefones celulares equipados com sensores, incluindo GPS, podem ser usados para determinar a média de velocidade e/ou atrasos no tráfego e também detectar buracos nas estradas. No domínio de infraestrutura pública a EcoDiF pode ser vista como um vetor facilitador da cidadania, já que os cidadãos passam a não ser consumidores passivos de dados, mas podem estar ativamente envolvidos na sua produção. A ideia por trás disso é que os cidadãos podem ter um papel ativo no acompanhamento da gestão de suas cidades.

Na área acadêmica a EcoDiF pode ser usada para **a criação de um laboratório virtual para a pesquisa em IoT**. Como exemplo podemos citar um cenário onde os laboratórios de pesquisa que trabalham na área de Redes de Sensores sem Fio (RSSF) conectem seus dispositivos a EcoDiF e disponibilizem o acesso aos dados e aos sensores físicos, formando uma rede de larga escala sobre a qual protocolos e aplicações podem ser testados e validados por diferentes grupos de pesquisa.

## 8. Ambiente para testes do protótipo

O ambiente de testes da EcoDiF envolverá diferentes plataformas computacionais de forma a verificar e validar seus vários módulos, bem como os diversos perfis de usuários previstos no seu modelo de utilização (Seção 7.3). O ambiente de testes dos módulos da EcoDiF englobará um servidor com sistema operacional *Microsoft Windows* a ser adquirido com verba deste projeto, bem como os demais ambientes de testes requeridos pelos perfis de usuários, descritos a seguir. O ambiente de testes para as funcionalidades realizadas pelos perfis de usuários **fabricante de dispositivos e provedores de dados** consistirá em uma rede de sensores sem fio englobando múltiplos dispositivos de sensoriamento e dispositivos móveis, incluindo *tablets* e *smartphones* que utilizem o sistema operacional *Google Android*. Tais dispositivos serão parcialmente adquiridos com verba deste projeto e parcialmente reusados de projetos anteriores em andamento no laboratório Ubicomp da UFRJ. O ambiente de testes para as funcionalidades dos **desenvolvedores de aplicações**

será um desktop com sistema operacional *Microsoft Windows*. Finalmente, para o perfil de **consumidor de informações**, prevê-se que tal usuário poderá acessar a EcoDiF a partir de um *desktop* convencional, bem como a partir de dispositivos móveis. Portanto, o ambiente de testes para esse perfil envolverá um *desktop* com sistema operacional *Microsoft Windows*, além de *tablets* e *smartphones* que utilizem o sistema operacional *Google Android*, todos a serem adquiridos com recursos do projeto. Além desses testes, durante o planejamento inicial do projeto será investigada a viabilidade de utilizar uma infraestrutura de nuvem computacional que seja disponibilizada pela RNP como ambiente de testes do módulo de armazenamento da EcoDiF.

## 10. Referências

1. (4)Auto-ID Labs. Disponível em <http://www.autoidlabs.org>.
2. (24) Picker-Huchzermeyer, D.M.D, Key Problems and Instantiations of the Internet of Things (IoT) Disponível em [www.cse.tkk.fi/en/publications/B/10/papers/Picker\\_final.pdf](http://www.cse.tkk.fi/en/publications/B/10/papers/Picker_final.pdf)
3. ( )Oleksiy Mazhelis, Eetu Luoma, Henna Warma, Defining an Internet-ofThings Ecosystem. In: Proc. ruSmart 2012, Agosto, São Petesburgo, Rússia, 2012.
4. Atzori, L. Iera, A., and Morabito, G.: The Internet of Things: A survey. *Computer Networks* 54, pp. 2787–2805 (2010)
5. Machina Research: Machine-to-Machine connections to hit 12 billion in 2020, generating EUR714 billion revenue. Machina Research press release (2010), [http://www.machinaresearch.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/machina\\_research\\_press\\_release\\_m2m\\_global\\_forecast\\_analysis\\_2010\\_20.pdf](http://www.machinaresearch.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/machina_research_press_release_m2m_global_forecast_analysis_2010_20.pdf)
6. Batten, C., and Wills-Sandford, T.: The Connected Home: a reality. Intellect report, Information Technology Telecommunications and Electronics Association (2011), <http://www.intellectuk.org/publications/intellectreports/7743-the-connectedhome-a-reality-report>
8. 18. Arduino open-source electronics prototyping platform, <http://www.arduino.cc/>
9. 19. Home Gateway Initiative publications, <http://www.homegatewayinitiative.org/documents/publications.asp>
10. 20. Wireless Modem Chipsets, Renesas Mobile Corporation, <http://renesasmobile.com/products/lte-modem.html>
11. 21. IPSO Alliance, <http://www.ipso-alliance.org/>
12. 22. Zigbee Alliance, <http://www.zigbee.org/Home.aspx>.
13. 23. Kovatsch, M., Mayer, S., and Ostermaier, B.: Moving Application Logic from the Firmware to the Cloud: Towards the Thin Server Architecture for the Internet of Things. In: Proceedings of the 6th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS 2012), Palermo, Italy (2012)
14. 24. Kovatsch, M., Duquennoy, S., and Dunkels, A.: A Low-Power CoAP for Contiki. In: Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems (MASS 2011), Valencia, Spain. pp. 855-860 (2011)
15. 25. Pachube real-time open data web service for the IoT, <https://pachube.com/>
16. 26. Harjula, J.: Nokia Siemens Networks promotes GSM for Machine to Machine applications, Press release, <http://www.nokiasiemensnetworks.com/newsevents/press-room/pressreleases/nokia-siemens-networkspromotes-gsm-for-machine-to-machineapplications>

17. 27. Blockstrand, M., Holm, T., Kling, L.-Ö., Skog, R., and Wallin, B.: Operator opportunities in the internet of things. Ericsson Review 1 (2011)
18. 28. ETSI Technical Committee for Machine to Machine Communications, <http://www.etsi.org/Website/Technologies/M2M.aspx> 19.
19. JSON. JavaScript Object Notation, 1999. Disponível em <□JavaScript Object Notation>. Acessado em 18 de Março de 2011.
20. Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition), [www.w3.org/TR/RECxml/](http://www.w3.org/TR/RECxml/).
21. EMMML. Enterprise Mashup Markup Language, Open Mashup Alliance, 2010. Disponível em <<http://www.openmashup.org/>>. Acessado em 18 de Novembro de 2010.
22. Guinard, D.; Trifa, V.; Pham, T.; Liechti, O. Towards Physical Mashups in the Web of Things. In Proceedings of IEEE Sixth International Conference on Networked Sensing Systems, Pittsburgh, USA, June 2009.
23. Mayer, S. Deployment and Mashup Creation Support for Smart Things, Institute for Pervasive Computing Department of Computer Science ETH Zurich, 2010. Disponível em <<http://www.vladtrifa.com/files/publications/Mayer10.pdf>>. Acessado em 02 de Dezembro de 2010.
24. Ostermaier, B. Schlup, F. Romer, K. WebPlug: A framework for the Web of Things, em Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2010 8th IEEE International Conference, 2010, p. 690-695.
25. Sandoval, J. RESTful Java Web Services, Master core REST concepts and create RESTful web services in Java. Packt Publishing BIRMINGHAM – MUMBAI 2009, p. 20-81.
26. Bluetooth, Bluetooth.org.