

# Exploring the Social Internet of Things concept in a University Campus using NFC

Tiago Marcos Alves, Cristiano André da Costa, Rodrigo da Rosa Righi, Jorge Luis Victória Barbosa

Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada

Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos)

São Leopoldo, RS - Brasil

E-mail: tmarcosalves@gmail.com, {cac, rrrighi, jbarbosa@unisinos.br}

**Abstract**— The use of characteristics of smart objects that have interactions features with humans, gave rise to the Internet of Things (IoT). Numerous derivations from this concept have been proposed. In this article, we focus on one of those called Social Internet of Things (SIoT). SIoT prioritizes the relationship between smart objects, where the objects can establish a connection among themselves without the interference of their owners. The purpose of this article is to explore the concept of SIoT in a University Campus, offering direct communication between intelligent devices. These devices share information based on an academic criteria and preferences informed by their owners. To evaluate the proposal, we developed a case study. The preliminary results show the viability of the proposal.

*Keywords* – Internet of Things; Social Collaboration; New Technologies; e-Campus; Society

## I. INTRODUÇÃO

Com a crescente evolução de sistemas computacionais, inúmeras opções de obtenção de informações surgiram no cotidiano das pessoas. As redes sociais, como um exemplo desta evolução, trouxeram possibilidades de unificar serviços, encontrar pessoas, dentre outros. Em relação a esta evolução, novos serviços também puderam ser agregados às redes sociais, e como exemplo desta afirmação estão os serviços de contexto como localização por exemplo. Existem serviços que já se utilizam da junção destas duas possibilidades para criar serviços específicos, utilizando características das redes sociais como perfis das pessoas, combinando também com a localização física do indivíduo presente naquele momento [2].

Atualmente uma nova ideia de redes sociais está sendo discutida e também planejada, trata-se de uma rede social específica para objetos inteligentes chamada de Internet das Coisas Sociais (SIoT) [4]. Definem-se como objetos inteligentes os dispositivos que dispõem em seu hardware físico de alguma tecnologia de acesso a Internet e que ofereçam funcionalidades para interação com seus proprietários. De posse destas características, SIoT evolui da ideia de Internet das Coisas (IoT), propondo a utilização de funcionalidades para interação destes objetos inteligentes e a partir disto permite criar relacionamentos exclusivos entre estes objetos. Como resultado destes relacionamentos, obtêm-se uma oferta compartilhada de recursos e serviços respeitando para isto as preferências configuradas por seus donos.

O modelo inicial de SIoT [4] propõe a criação de uma arquitetura padrão que seja capaz de lidar com uma quantidade de relacionamento entre todos os objetos existentes no mundo. Para que isto se torne viável, os objetos são classificados em categorias, como por exemplo, ano de fabricação, marca modelo etc. Com base na arquitetura padrão SIoT, outras ramificações foram apresentadas trazendo novas aplicações de uso para a ideia de estabelecer relacionamentos entre objetos inteligentes.

Nesse âmbito, o presente trabalho propõe o modelo SIoTCampus. O modelo consiste em uma rede social para objetos inteligentes com aplicação em um ambiente universitário, baseada na abordagem de Internet das Coisas Sociais. SIoTCampus foca no uso do relacionamento dos inúmeros objetos existentes em um campus universitário, propondo um relacionamento entre estes com a finalidade de ser uma nova ferramenta para disseminar informações acadêmicas entre os membros que compõem a comunidade universitária, tais com professores, funcionários, alunos e visitantes.

Existem modelos que apresentam uma ideia de uma rede social de objetos inteligentes criada de forma espontânea como o modelo Mingle [2], uma rede social de robôs cognitivos [5]. Além desses, o projeto NFCSC, que foca no relacionamento de etiquetas passivas NFC, permite relacionamentos entre objetos estáticos, ou seja, que não são inteligentes [1]. Outra proposta de uma arquitetura padrão para lidar com os relacionamentos entre os objetos inteligentes é desenvolvida no trabalho [4]. Por fim, THINKER As Demo apresenta uma arquitetura padrão para lidar com os relacionamentos entre os objetos inteligentes [4]. Entretanto, nenhum dos modelos encontrados apresenta uma aplicação de uso focada em um ambiente universitário.

Desta forma a proposta do modelo SIoTCampus é a de uma rede social exclusiva para objetos inteligentes em um ambiente acadêmico em que informações de contexto, como localização, agenda, etc., são usadas como critérios para estabelecer relacionamentos entre os dispositivos inteligentes. Configurações iniciais sobre preferências dos proprietários destes dispositivos são informadas neste modelo em um aplicativo móvel desenvolvido para esta função. Desta forma em um ambiente universitário, informações específicas sobre determinados assuntos, eventos publicados, notícias relevantes a determinados temas que forem capturados por estes objetos

são enviadas a um servidor e analisadas de forma que estas informações possam ser ou não usadas para estabelecer relações entre os objetos inteligentes.

Como ponto importante destes relacionamentos, cada objeto se torna parte integrante de um meio para disseminar uma determinada informação, evento, notícia por um determinado período de tempo, observando o fato de quanto tempo uma informação será útil para ser propagada para outros objetos relacionada ao evento que esta informação se refere. O tempo de vida de uma informação nova publicada se aplica a uma determinada data, pois ela permanecerá ativa por entre os dispositivos para ser propagada apenas enquanto esta data for vigente. Após isto, esta informação específica será excluída para que outra de maior relevância possa ser tratada. A Figura 1 apresenta a ideia de como as informações são divulgadas entre os dispositivos inteligentes.

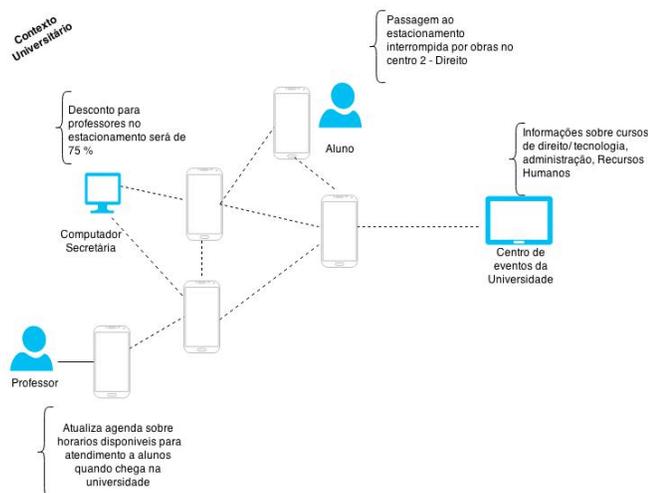


Fig. 1. Relacionamento entre objetos em um campus universitário

A principal contribuição do modelo SIoTCampus para a comunidade científica é a criação de uma rede social exclusiva para objetos inteligentes em um ambiente universitário. A contribuição prática deste modelo é aumentar a oferta de informações do meio acadêmico por intermédio de relacionamentos de seus dispositivos inteligentes.

Os benefícios deste relacionamento para um ambiente universitário pode ser visto como um método inovador para relacionamentos entre professores, alunos, funcionários e visitantes. A função de procurar similaridades entre as diversas informações presentes nos sensores da universidade, são de responsabilidade do aplicativo proposto para o modelo SIoTCampus. Desta forma, atividades comuns realizadas no cotidiano dos integrantes da comunidade acadêmica como almoçar, estacionar o carro no estacionamento da universidade, assistir a uma palestra no auditório do campus são usadas como parâmetros para que as informações capturadas pelos dispositivos, através dos sensores presentes nestes locais, sejam analisadas para prover novos relacionamentos. Como resultados a isto, cada nova informação capturada em um sensor e que atenda a uma determinada regra de relacionamento para aquele dispositivo, é notificada por forma

de um alarme visual na tela do dispositivo e agregando novas informações e conteúdos sobre algumas situações do campus.

O artigo está organizado em 5 seções. A seção 2 trata de conceitos importantes empregados no trabalho. O modelo SIoTCampus é detalhado na seção 3. A seção 4 apresenta a metodologia de avaliação para o modelo SIoTCampus. Os trabalhos relacionados estão na seção 5 e a conclusão deste artigo encontra-se na seção 6.

## II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta alguns conceitos importantes para entendimento do modelo proposto neste artigo. As definições fundamentais de computação móvel e ubíqua encontram-se na subseção A. O conceito de Internet das Coisas (IoT) é apresentado na subseção B. A terceira subseção apresenta a ideia principal de base do modelo SIoTCampus. A tecnologia NFC é discutida na subseção D.

### A. Computação móvel e ubíqua

A computação móvel e ubíqua se faz presente no modelo SIoTCampus pelo fato do objetivo deste modelo ser de encontrar maneiras para estabelecer relacionamentos entre os dispositivos móveis. A computação móvel além de permitir a mobilidade do dispositivo agrega algumas limitações e dificuldades [7], [14], [15]:

- Variação na qualidade de rede, tanto em disponibilidade quanto em velocidade e latência;
- Consumo de energia;
- Mudança no endereço e identificação do próprio dispositivo;
- Segurança precisa ser observada com maior cuidado

O termo computação ubíqua foi cunhado por Weiser em seu artigo “*The computer for the 21st Century*” onde diz que a computação máquina-homem pode ser caracterizada como computação invisível se esta agir de acordo com as ações naturais do comportamento humano [16].

Um dos grandes impulsos da computação móvel na direção da computação ubíqua foi quando a computação móvel ofertou a possibilidade de comunicação através de canais sem fio, com tecnologias como Bluetooth, WiFi e 3G. Os dispositivos podem considerar um grande número de indicadores para realizar a computação como:

- Localização geográfica;
- Temperatura de ambiente;
- Reconhecimento de voz;
- Indicadores de movimento.

Outro fator de extrema relevância neste sentido é a localização geográfica. Isto é de extrema importância para que os dispositivos selecionem em casos especiais apenas as informações que possam ter importância para os usuários. Um exemplo a esta afirmação pode ser a rota de um GPS, que permite ao dispositivo considerar a localização do usuário e os

acontecimentos nas regiões próximas para tomar decisões de qual é o caminho mais adequado para um usuário.

Exatamente na combinação desses dois conceitos, nasceu o conceito de Internet das Coisas, na qual objetos inteligentes tem a capacidade de conectarem-se a Internet e através desta interagir com os usuários.

### B. Internet das coisas (IoT)

Os avanços tecnológicos presentes na computação móvel deram origem ao surgimento de um paradigma chamado internet das coisas (do inglês Internet of Things - IoT). Esta tecnologia se define como objetos inteligentes que possuem acessos a protocolos de comunicação que podem interagir com as pessoas oferecendo serviços que visam facilitar a vida dos seres humanos [1].

IoT permite conectar objetos do nosso cotidiano com a Internet. Como prova disto, observa-se cada vez mais a escala de eletrodomésticos, meios de transporte com conexão com acesso à internet e também ligados a outros dispositivos. IoT permite unificar esses dois mundos, o mundo real e o mundo virtual, por meio da conexão de dispositivos entre si, data centers e serviços externos. O principal papel da IoT é prover a comunicação entre os bilhões de dispositivos existentes para compartilhar as informações e completar as tarefas para melhorar a eficiência da vida humana. Pode-se entender o funcionamento de Internet das Coisas por três etapas [6]:

- Identificação – registro de dados e informações para conexão entre os aparelhos e a internet feitos por radio frequência (RFID);
- Sensores que detectam na qualidade física dos objetos;
- Miniaturização e nanotecnologia na qual pequenos objetos com a capacidade de interação se conectam à rede e transmitem informações.

Com o grande número de dispositivos inteligentes já existentes, faz-se necessário uma arquitetura padrão para interconexão destes dispositivos. Como grande expectativa de evolução para um futuro em IoT, acredita-se que em breve existirão roupas que se adaptam as condições de temperatura ambiente, que ao passarmos com um veículo por um sensor este receberá uma indicação sobre qual manutenção preventiva este necessita [6]. Outro assunto também importante é previsto para a área da saúde onde cuidados médicos poderão ser prestados de forma antecipada, em razão de diagnósticos mais eficientes e mais rápidos.

Com a capacidade computacional dos objetos inteligentes presentes em IoT, pensou-se na possibilidade de interligar dois conceitos importantes que são os conceitos de IoT com os de redes sociais virtuais. Surgiu a partir disto então a ideia de aplicar o conceito de redes sociais em objetos inteligentes, permitindo uma comunicação direta entre estes objetos. Desta originou-se o termo de Internet das Coisas Sociais.

### C. Internet das coisas sociais (SIoT)

Com o número cada vez mais crescente de dispositivos com capacidade de conexão com a Internet, foi identificada a necessidade de uma plataforma de comunicação para uma interação dos bilhões de objetos inteligentes. O fato dos dispositivos inteligentes possuírem capacidade de interação com seus proprietários desenvolveu a perspectiva de relacionamento entre os próprios objetos, podendo compartilhar recursos e serviços em benefício de seus proprietários.

A convergência da tecnologia da IoT com o conceito de redes sociais virtuais levou a um novo paradigma chamado de Internet das coisas sociais, onde objetos imitam comportamentos humanos e criam seus próprios relacionamentos baseados em regras estabelecidas por seus donos [4]. Neste sentido, os objetos serão tratados como entidades virtuais na Internet com capacidade de incluir e produzir serviços, colaborar com objetivos comuns e deverão ser integrados com todos os outros serviços [4].

Assim como os humanos, os objetos também criam relacionamentos baseados em regras definidas por seus proprietários. Da mesma forma que humanos possuem relacionamentos com seus familiares, objetos criam relacionamentos baseados em parentescos de objetos (relacionamentos baseados em parentesco) [4] com objetos parecidos que são fabricados no mesmo período de tempo. Assim como os seres humanos podem estabelecer relacionamentos quando estão no mesmo local, objetos que compartilham a mesma localização podem criar um relacionamento (relacionamentos baseados em localização) [4]. Outro tipo de relacionamento ocorre quando objetos entram em contato esporadicamente ou continuamente por razões puramente relacionados com as relações entre seus donos (relacionamento entre objetos sociais) [4]. Objetos pertencentes ao mesmo usuário podem também criar um relacionamento (relacionamento de objetos baseado em propriedade) [4].

Os modelos presentes para a arquitetura padrão que suporte a comunicação entre os bilhões de dispositivos inteligentes, possuem características comuns [4]:

- Os objetos utilizam protocolo HTTP para envio e recebimento de dados. Esta escolha sempre permite uma grande interoperabilidade entre as plataformas;
- Um servidor intermediário é sempre usado. Os objetos não podem comunicar-se diretamente uns com os outros;
- Cada objeto possui um data point associado a ele no lado do servidor para envio dos dados;
- Os métodos POST e GET são sempre usados para envio e requisição dos dados;
- Uma etiqueta é atribuída a cada data point;
- Descoberta do data point é realizada utilizando etiquetas através de um motor de pesquisa interna.

A Figura 2 apresenta os principais componentes da plataforma SIoT.

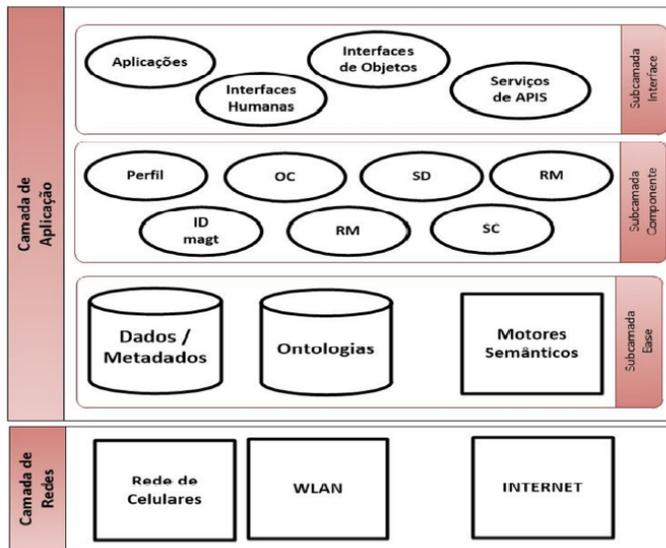


Fig. 2. Componentes da plataforma SIIoT.

A camada de rede é utilizada para transferir dados através de redes diferentes, enquanto que o núcleo da plataforma é representado pela subcamada base, subcamada componente e subcamada interface.

A subcamada base inclui o banco de dados para armazenamento e gerenciamento de diferentes tipos de dados, como por exemplo, temperatura, latitude, longitude e umidade. Objetos podem memorizar mais de dezesseis campos de dados diferentes, sendo que os primeiros 12 campos possuem tamanho fixo e os últimos quatro são reservados para usos futuros. Como exemplo a utilização destes campos, pode-se citar o campo de número dois é usado para rastrear dados de temperatura, o campo três é usado para rastrear dados de voltagem e assim por diante. Os últimos quatro campos são deixados para aplicações clientes decidir o seu uso.

A subcamada componente programa a funcionalidade de perfil do objeto (OP) que é necessária afim de configurar informações sobre objetos. Gerenciamento de identificadores (IM), por sua vez atribui um identificador único para cada objeto para que possa identificá-los. Controle de proprietário (OC) usado para os usuários especificarem o comportamento dos objetos e Gerenciamento de relacionamentos (RM) usado para criar e gerenciar os relacionamentos entre objetos.

A camada interface é onde as subcamadas e os serviços de API, como escrita e leitura estão localizados.

Quanto aos relacionamentos entre os objetos, mediados sempre por um servidor, podem ocorrer de dois caminhos [4]:

- **Relacionamento de perfil:** são geradas com base apenas na informação de perfil de seus objetos e são independentes do comportamento de seus proprietários. Nesta categoria pertencem os relacionamentos baseados em localização, parentesco e propriedade dos objetos respectivamente.

- **Relacionamento dinâmico:** estes relacionamentos são criados quando os usuários e conseqüentemente os objetos interagem uns com os outros e satisfazem as regras desta interação. Para esta categoria estão os relacionamentos baseado em tipo de trabalho e relacionamentos sociais entre os objetos.

O servidor em SIIoT é ativado toda vez que um objeto transmite informações sobre a sua localização ou quando um novo objeto é encontrado ou ainda quando um objeto envia os identificadores únicos dos outros objetos que ele encontrou em sua vizinhança. Quando um objeto capta a presença de outro objeto e estes dois enviam informações ao servidor objetivando criarem algum relacionamento, define-se em SIIoT que objetos estão em condições de visibilidade.

Para este modelo, a regra definida como base para se criar relacionamentos baseadas no modelo SIIoT [3] foram utilizadas. A tecnologia empregada para estabelecer relacionamentos entre os objetos inteligentes foi a NFC (*Near Field Communication*). Esta tecnologia já está incluída em outros projetos do âmbito acadêmico, como muitos cartões de identificação universitários, e este foi um fator determinante para que pudesse ser empregada neste modelo. Benefícios como segurança empregada nativamente pela própria utilização da tecnologia contribuíram para a sua escolha.

#### D. NFC

NFC é uma tecnologia presente em alguns dispositivos inteligentes atualmente que permitem a comunicação de forma interativa entre si. Esta interação se realiza por meio de um protocolo de comunicação compatível com a tecnologia sem fio, baseada nas normas ISO 14443 [13]. Algumas vantagens desta tecnologia frente às demais é que não é necessária ao NFC a inserção de códigos ou dados para realizar uma interação, com um simples gesto de aproximação de um dispositivo com NFC com outro é o necessário para realizar toda uma interação entre eles.

NFC está presente em diversos setores como bancos, lazer, saúde, se fazendo presente em grandes companhias como SONY, SAMSUNG, GOOGLE, MICROSOFT, IBM, bem como diferentes entidades bancárias como VISA, MASTERCARD [13]. A tecnologia NFC também proporciona a capacidade de leitura de etiquetas. Tags NFC são pequenas etiquetas que incluem um chip NFC em modo passivo que armazena informação. A comunicação passiva é quando o cartão inteligente com um chip NFC se aproxima do leitor e é alimentado por um campo magnético que este leitor gera. Assim neste modo quem inicia a comunicação é o leitor que é baseado em comandos embutidos nele e o papel do cartão neste modo é interagir em resposta a estes comandos. NFC está presente também em cartões inteligentes que através de sua leitura irá se originar acesso a conteúdos de Internet, acesso a serviços, entre outras aplicações. Com o surgimento desta tecnologia nos objetos inteligentes tornou-se possível emular as funcionalidades de um cartão em um objeto inteligente. Outra vantagem que o NFC apresentou foi à possibilidade dos dispositivos inteligentes atuarem como leitor de cartões NFC. Desta forma estabelece-se uma comunicação ativa quando dois dispositivos inteligentes com NFC comunica-se entre si em que

um está atuando como leitor e outro como emulador de um cartão inteligente.

O que foi pensado para adoção da tecnologia NFC em dispositivos móveis foi a vantagem de transportar o chip NFC presente em cartões inteligentes para estes dispositivos. Desta forma o chip irá possuir a vantagem de suportar múltiplas aplicações e será chamado de elemento seguro. A Figura 3 apresenta o cenário de inclusão de NFC em objetos inteligentes.



Fig. 3. Inclusão do NFC em dispositivos inteligentes

O elemento seguro trata-se de um componente em nível de execução com alto grau de proteção física (manipulação de hardwares) e lógica (interfaces) canais e softwares devem atender a rigorosos sistemas de segurança. Este elemento é implementado em um circuito do hardware diferente do circuito do processador do dispositivo móvel e inclui sua própria memória volátil e permanente em um coprocessador para as operações de criptografia.

A inclusão desta tecnologia no projeto de SIoT deste trabalho se deve a alguns fatores observados sobre as vantagens desta tecnologia frente as demais que poderão ser úteis para a comunicação entre os objetos inteligentes da comunidade universitária. Outra vantagem que teve seu grau de importância para utilização desta tecnologia, foi a aplicação desta em outros projetos de cunho acadêmico como controle de acesso, descontos em pontos da universidade etc. A Tabela 1 apresenta o quadro comparativo de NFC com outras tecnologias, adaptado do trabalho de [13].

Com base nas características da tabela anterior imagina-se realizar a comunicação entre os objetos inteligentes utilizando a tecnologia NFC.

### III. MODELO SIoTCAMPUS

O modelo SIoTCampus oferece o compartilhamento de serviços e recursos através da comunicação direta dos objetos inteligentes dos integrantes de uma comunidade científica. Para isto um modelo de comunicação entre os objetos está sendo proposto seguindo o padrão da arquitetura estabelecida para SIoT [4], porém levando em consideração serviços úteis para a

comunidade de um campus universitário. O objetivo é interligar os objetos inteligentes que possuam características comuns como compartilhar o mesmo local geográfico, múltiplos objetos inteligentes pertencentes a um mesmo proprietário ou objetos inteligentes que estabeleçam as mesmas relações de trabalho. A partir destas características o modelo deve estabelecer regras de relacionamento em que se possam agregar novos serviços a serem disponibilizados para a comunidade universitária.

TABELA I. ANALISE COMPARATIVA NFC COM OUTRAS TECNOLOGIAS

Conceito	NFC	Bluetooth	WiFi	GPRS/3G
Distância de Operação	0,1m	10-100m	300m – 400km	1km – 35km
Velocidade de transmissão	848kbit/s	2Mbit/s	54Mbit/s	14Mbit/s
Tempo estabelecimento de Conexão	20milisegundos	6s	2s	1s
Robustez frente a interferências	Alta devido a curta distância	Normal	Normal	Normal
Facilidade de conexão	Alta	Baixa	Média	Média
Compatibilidade com SIoT	Sim	Sim	Sim	Sim

#### A. Questões de Projeto

O modelo permite oferecer serviços agregados a um campus para a comunidade universitária. Estes serviços e informações poderão ser propagados pelos diversos objetos inteligentes presentes no campus. Este forma de propagação baseia-se em regras de relacionamentos definidas nos dispositivos móveis dos usuários do SIoTCampus.

A comunicação entre os objetos para este modelo ocorre utilizando a tecnologia NFC e como fruto desta comunicação alguns serviços que poderão ser compartilhados são:

- **Descontos em estabelecimentos universitários:** membros da comunidade universitária poderão usar objetos inteligentes para receberem descontos em estabelecimentos da universidade, como restaurantes, lojas e cafeterias. Para que isto ocorra, basta aproximar o dispositivo a algum sensor ou mesmo a um outro dispositivo com NFC. Como resultado desta comunicação, em função do vínculo do usuário com a universidade, será possível verificar a possibilidade de descontos;
- **Troca de informações:** quando dois ou mais dispositivos se encontram em condições de visibilidade, eles podem iniciar uma transação que será mediada por um servidor SIoT. Como vantagem a esta comunicação, eles podem trocar informações úteis entre si baseados nas regras de definição de seus proprietários. Como exemplo a esta troca de informações, se um estudante faltou a uma determinada aula e não possui a matéria específica daquela data, o

seu dispositivo ao estar em condições de visibilidade com outro irá procurar por aquela matéria podendo receber o arquivo sobre a aula em questão;

- **Informações sobre eventos:** pode-se utilizar um objeto inteligente para receber informações de interesse de seu proprietário na universidade. Para isto basta aproximar o dispositivo em um local específico e as informações referentes a eventos daquela localização serão enviadas para a tela do dispositivo;
- **Registro de presença:** os professores podem registrar o diário de classe utilizando o cartão da universidade para isto e utilizando um celular com a tecnologia NFC presente para atuar como leitor NFC. Neste exemplo o aluno registra a sua presença na aula aproximando o seu cartão inteligente da universidade no celular do professor ou a um celular específico para esta finalidade.
- **Acesso a redes sociais:** pode-se utilizar o cartão universitário para autenticar ou compartilhar informações em redes sociais.

*B. Interações e Usos*

O modelo SloTCampus possui uma arquitetura cliente-servidor, em que os diversos objetos presentes em um campus universitário detectados próximos a um sensor NFC, que desejarem estabelecer relacionamentos entre sim, devem em um primeiro momentos enviar seus identificadores para o servidor SloT. Desta forma o servidor SloTCampus recebe estes dados dos identificadores dos objetos e os valida para verificar o grau de permissão de acesso que cada objeto possui. A Figura 4 apresenta o métodos de comunicação do modelo SloTCampus.

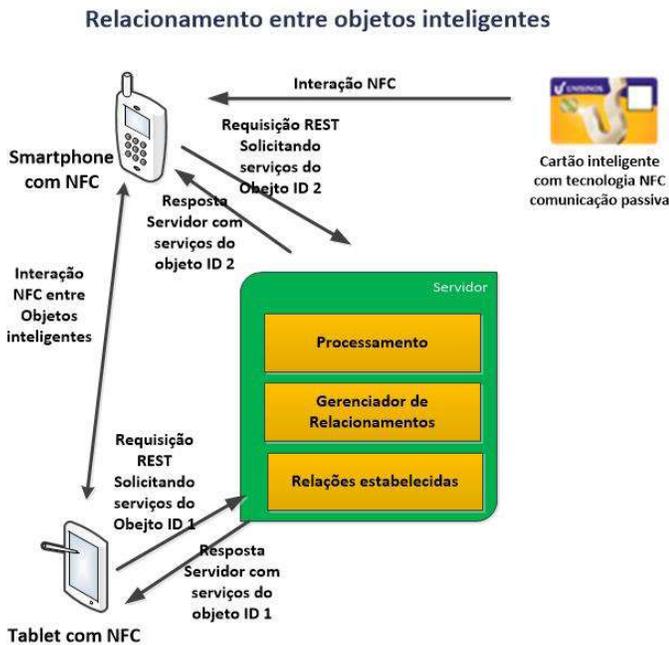


Fig. 4. Módulo de relacionamento entre os objetos

Conforme mostrado na Figura 4 os objetos quando detectam a presença de outros objetos inteligentes enviam para o servidor dados com os seus respectivos identificadores. O servidor ao receber estes dados, valida as informações para verificar se os objetos fazem parte de objetos cadastrados em sua base de dados. Após esta etapa e de posse dos identificadores dos objetos, o servidor verifica as regras configuradas pelos proprietários destes objetos para verificar a forma de relacionamento e também qual serviço ou informação cada objeto pode ter acesso.

Na Figura 5 é apresentada a linha de tempo de comunicação entre os objetos inteligentes.

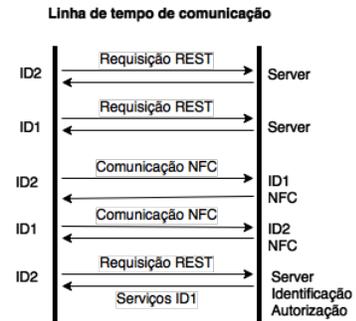


Fig. 5. Linha do tempo no relacionamento NFC.

A Figura 5 mostra dois objetos inteligentes, representados por ID1 e ID2, em condições de visibilidade e que desejam trocar informações e serviços. Desta forma o objeto ID1 envia uma requisição REST para o servidor informando dados como a sua localização e também o seu identificador. O servidor valida as informações e envia uma resposta permitindo a comunicação para o objeto ID1. Da mesma forma, o objeto ID2 envia via REST os seus dados para o servidor como sua localização e também o seu identificador. Após o servidor validar as informações de ambos os objetos (ID1 e ID2), eles podem então verificar os serviços que ambos compartilham e também as informações sobre eventos e trocar estes serviços e informações.

Outra possibilidade para comunicação entre os membros da comunidade acadêmica de cartões inteligentes como por exemplo o Cartão Unisinos. Estes cartões possuem a tecnologia NFC e são baseados na TUI<sup>1</sup> (do espanhol *Tarjeta Universitaria Inteligente*) desenvolvido pelo Santander Universidades. Neste exemplo de comunicação os cartões recebem dados de um servidor que ficam incluídos em seu chip. Nesta forma de comunicação passiva, quando um objeto inteligente passar próximo a um cartão inteligente ele irá ter acesso aos seus serviços e conteúdos. Os dados presentes neste cartão serão então atualizados por um servidor em segundo plano. Caso contrario, o relacionamento é descartado pelo servidor.

A Figura 6 apresenta um fluxograma sobre as etapas do relacionamento entre objetos inteligentes.

<sup>1</sup> <http://www.santander.com.br/tui>

O algoritmo da Figura 6 apresenta em detalhes o relacionamento entre os dispositivos. Em um primeiro momento dois objetos inteligentes se encontram através de sensores NFC. Após isto, eles enviam os seus dados (como identificadores e endereços de rede) para o servidor e aguardam a resposta. O servidor recebe estes dados e analisa se pertencem a dados de objetos cadastrados em sua base de dados. Caso estejam cadastrados, o servidor verifica as permissões atribuídas a cada um dos objetos para criar o relacionamento. Estas permissões referem-se a qual tipo de conteúdo os objetos possuem permissão de acesso, quais tipos de serviços eles podem oferecer e compartilhar. Com base nisto, o servidor estabelece o tipo de relacionamento adequado entre os objetos inteligentes. Uma particularidade especialmente importante demonstrada neste algoritmo é a opção de gerar eventos de *logs* para cada etapa de relacionamento do servidor. Isto permita a verificação de possíveis falhas na comunicação entre os objetos inteligentes, apresentando dados como localização, data e hora de cada processo. Quando os dados enviados pelos dispositivos ao servidor não estiverem cadastrados no servidor, o relacionamento é descartado e gravado no *log* de eventos o ID de ambos objetos.

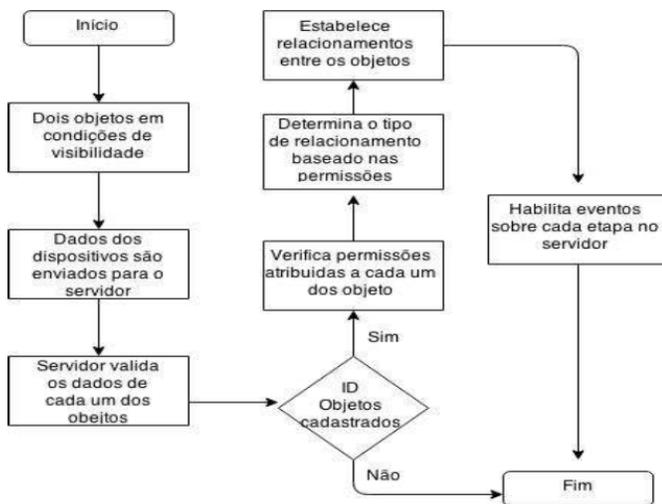


Fig. 6. Etapas do relacionamento entre os objetos inteligentes

### C. Arquitetura do modelo

O modelo SIoTCampus leva em consideração o contexto na qual os objetos inteligentes estão inseridos como localização, tempo, características dos dispositivos inteligentes e também o perfil dos dispositivos e dos integrantes da comunidade universitária. Para este modelo foi considerado a arquitetura padrão de SIoT conforme determinado por [3]. Os autores consideram que os objetos inteligentes possuem condições de estabelecer relações sociais entre si de forma semelhante como os seres humanos fazem em redes sociais. Com isto, os relacionamentos entre os objetos ocorrem de forma espontânea sem a intervenção de seus proprietários, porém levando em

consideração regras de configuração estabelecidas pelos seus proprietários.

É de responsabilidade de o usuário definir quais serviços seu objeto inteligente poderá compartilhar em um relacionamento. A arquitetura SIoTCampus foi criada com o propósito de prover uma estrutura de software e serviços para o ambiente de um campus universitário em que a comunicação entre os membros da comunidade universidade pudesse ser facilitada através do relacionamento de seus dispositivos inteligentes. O método utilizado para demonstrar a arquitetura utiliza uma abordagem cliente/servidor, onde os módulos gerais da arquitetura apresentados inicialmente e os detalhes da composição destes módulos são apresentados na sequência. A Figura 7 apresenta arquitetura do servidor do modelo SIoTCampus.

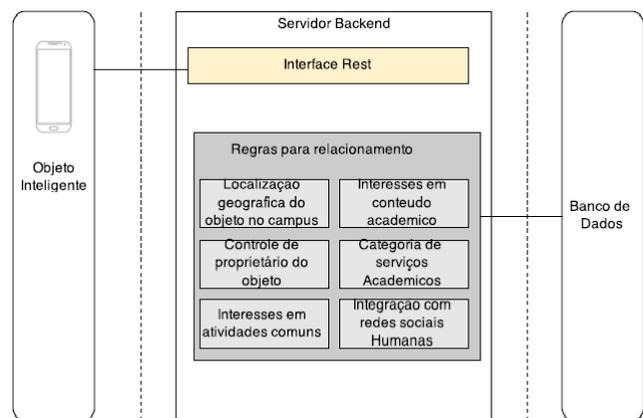


Fig. 7. Arquitetura do Servidor do Modelo SIoTCampus

A Figura 7 mostra que a comunicação entre o cliente e o servidor SIoT utiliza REST. A escolha por esta tecnologia se deve ao fato de sua simplicidade e sua ampla utilização com dispositivos móveis. Dois dispositivos em condições de visibilidade (ou seja, quando um detecta a presença do outro através de um sensor NFC), procuram estabelecer um relacionamento enviando ao servidor seus dados como seu endereço físico para identificação e também solicitações para acesso aos conteúdos e serviços disponíveis de outro objeto inteligente. O servidor então recebe e valida esses dados. Se forem dados de objetos cadastrados em sua base, determina qual tipo de relacionamento os objetos poderão realizar. As regras de relacionamento previstas no modelo SIoTCampus são:

- **Localização geográfica do objeto:** relacionamento baseado na localização geográfica dos objetos;
- **Controle de proprietário do objeto:** neste caso os objetos para estabelecerem relacionamentos devem pertencer ao mesmo proprietário;
- **Interesses em atividades comuns:** explora as atividades comuns que são executadas por proprietários de objetos inteligentes diferentes. Assim, neste tipo de relacionamento, o servidor analisa o tipo de atividade

que é executada por um proprietário de um objeto e verifica a frequência desta mesma atividade em outros dispositivos que desejam criar um relacionamento;

- **Interesses em conteúdos acadêmicos:** monta um relacionamento entre objetos cujos seus proprietários possuam interesses em conteúdos semelhantes;
- **Categoria de serviços acadêmicos:** neste relacionamento o servidor identifica os serviços universitários por categorias, por exemplo, biblioteca, restaurantes, estacionamento, a partir destes serviços tenta montar relacionamentos;
- **Integração com redes sociais humanas:** nesta regra o servidor busca por interesse de seus proprietários utilizando os perfis destes proprietários das redes sociais. Assim, as amigas de seus proprietários nas redes sociais podem também ser estendidas entre seus dispositivos.

O componente cliente deste modelo trata do relacionamento sobre o nível de atuação dos objetos inteligentes. A Figura 8 apresenta a arquitetura cliente do SIoTCampus.

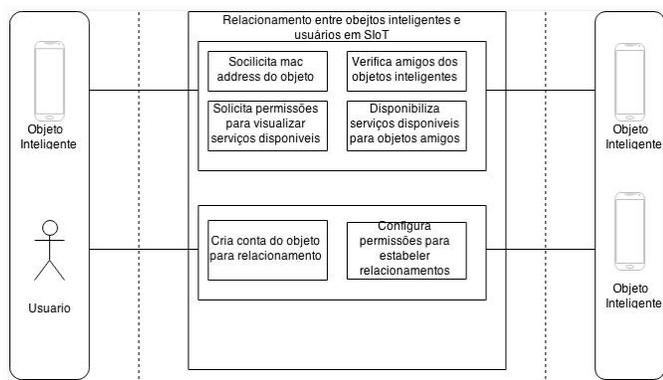


Fig. 8. Arquitetura cliente SIoTCampus

A arquitetura do cliente do SIoTCampus apresenta os seguintes módulos:

- **Solicitar identificação (Mac Address) do objeto:** um objeto pede a identificação de outro objeto quando detecta a presença de algum outro objeto na vizinhança;
- **Solicitar permissões para verificar serviços disponíveis:** o objeto deseja descobrir quais serviços disponíveis outro objeto possui;
- **Verificar amigo do objeto inteligente:** verifica se dentre os objetos que ele está tentando relacionar, quais outros objetos que já estabeleceram um relacionamento com este possui algum serviço que seja de seu interesse;
- **Disponibilizar serviços para outros objetos:** apresenta os serviços que possui para outros objetos que estejam se relacionando.

As funções num relacionamento entre o objeto inteligente e seu proprietário no modelo SIoTCampus se resume ao cadastro de informações do dispositivo como modelo, tipo e categoria pelo proprietário do dispositivo e também as configurações de preferências e parâmetros que o proprietário informa para criar o seu perfil em SIoTCampus.

#### IV. AVALIAÇÃO

A comunidade científica tem utilizado cenários para avaliar projetos de computação móvel, ubíqua e ciente de contexto (Satyanarayanan, 2010; Zaupe et. al., 2012). Para avaliar o modelo proposto, foi desenvolvido um protótipo para Android que interage com os leitores e cartões universitários usando a tecnologia NFC. Para avaliar e testar o modelo SIoTCampus, foi utilizado o seguinte cenário:

*“Tony Bryan entrou na universidade e deseja buscar serviços e conteúdos a respeito de publicações sobre eventos específicos sobre o curso em que frequenta. Para tanto, resolveu utilizar a ferramenta SIoTCampus recentemente disponibilizada para a comunidade acadêmica. Após instalar o aplicativo, realizou o seu cadastro no sistema. Ao entrar no sistema (Figura 9), ele configura as suas preferências, como vínculos com redes sociais e demais interesses (Figura 12). Lá ele observa que alguns dados acadêmicos, como seu curso, disciplina, semestre e colegas, já está disponível no sistema. Como primeira funcionalidade, ele acessa um mapa que apresenta os dispositivos próximos detectados com os quais ele pode interagir (Figura 10). Tony configurou em seu perfil que possui preferências por ir a faculdade de carro. Em um determinado momento o dispositivo de Tony detecta a presença de um outro dispositivo e eles estabelecem um relacionamento. Nessa interação, Tony fica sabendo de um problema no acesso ao estacionamento da área de Economia. Esse estacionamento é geralmente usado por Tony e, portanto, está informação é útil para usar uma alternativa, evitando assim o transtorno. Mais adiante Tony realiza uma segunda interação com outro dispositivo. Nela, ele descobre sobre descontos em uma cafeteria da Universidade. Isso ocorre, pois dentro das preferências Tony havia selecionado alimentação no campus.”*

SIoTCampus possui recursos que podem ajudar Tony no sentido de lhe oferecer uma maior quantidade de informações e serviços comuns em um ambiente universitário. Em um primeiro momento foi necessário que Tony realizasse um cadastro no aplicativo e após realizar este cadastro, o aplicativo solicita um login para acesso conforme mostrado na Figura 9.

As informações de login de acesso como usuário e senha são enviadas para um servidor e validadas juntamente com o ID do dispositivo. O aplicativo foi projetado para ser totalmente autoexplicativo e possuir o mínimo de interferência possível. A comunicação é totalmente interativa e, portanto, o usuário apenas informa as suas preferências em um cadastro inicial no aplicativo e a partir destas preferências novos relacionamentos poderão ser realizados.

Após ter efetuado o login o SIoTCampus enviará ao servidor informações sobre sua localização e irá ficar aguardando a presença de outros dispositivos em sua vizinhança. Um alerta sobre a localização dos dispositivos da

vizinhança será emitido na tela do dispositivo. A Figura 10 apresenta um mapa sobre os dispositivos detectados em uma vizinhança.

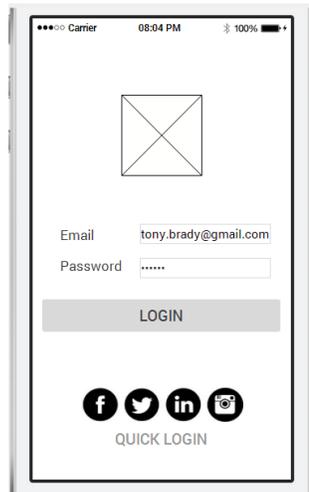


Fig. 9. Login de acesso SloTCampus

Para estabelecer relacionamento com outro dispositivo, ambos enviam os dados sobre sua posição ao servidor que realiza uma consulta sobre os ID's e verifica se os dispositivos possuem permissão para se relacionarem. Desta forma o dispositivo de Tony apresenta sua regra de preferência e descobre informações relacionadas através do outro dispositivo envolvido no relacionamento. Na interação, é que o usuário descobre o problema de acesso à outra área de estacionamento. Esta informação é compartilhada, porque nas configurações de Tony está marcado que ele vai de carro para a universidade. De forma análoga, Tony fica sabendo na segunda interação sobre descontos em restaurantes.



Fig. 10. Mapa apresentando os dispositivos próximos detectados

Por conta de o aplicativo utilizar uma tecnologia NFC do dispositivo, os relacionamentos existentes entre os dispositivos ocorrem de forma intencional, ou seja, precisa partir da iniciativa do usuário do proprietário do dispositivo para realizar a interação. Este fator refere-se à limitação da própria tecnologia NFC que exige uma proximidade de 10 mm para realizar a operação. As regras para realização dos relacionamentos são apresentadas na Figura 11.

Eventos = Publicação + Contexto

Regras = Contextos suportados = Localização, Agenda, Serviços, Conteúdos

Regras = Operadores Lógicos = AND , OR

**Regras = (OP1 + OPLOG 1+ OPN)**

R1 : ((CONTEXTO) AND / OR (EVENTO) AND (PARAM./CONFIG.))

R1 ((Localização, Agenda, Serviços, Conteúdos) AND / OR (Publicação, Ação) AND (Venho de carro/ questões acadêmicas, localização ..))

Fig. 11. Regras para estabelecer um relacionamento

Uma regra para o modelo proposto possui uma combinação de contextos suportados juntamente com operadores lógicos. Foram utilizados quatro contextos suportados para elaborar estas regras como localização, agenda, serviços e conteúdos. Os operadores lógicos *and* e *or* são usados como combinação dos possíveis contextos suportados para criar as regras de relacionamento. A regra R1 possui um exemplo de combinação destes contextos e operadores lógicos.

Outra questão envolvida nestas regras de configuração para criar os relacionamentos, são os eventos disponíveis. Neste caso do modelo SloTCampus um evento constitui-se de uma publicação sobre uma determinada informação ou notícia juntamente com um contexto envolvido para esta informação. Desta forma quando um usuário decidir publicar alguma informação sobre um determinado fato, por exemplo, o estacionamento que apresentou problemas, esta informação será propagada para os outros dispositivos respeitando as regras de configuração do dispositivo, o contexto envolvido para aquele evento. Tony como exemplo, pode utilizar da informação de um evento publicado em um dispositivo por outro usuário no campus. Existem algumas outras configuração no menu do aplicativo SloTCampus que podem ser utilizadas pelos proprietários dos dispositivos. A Figura 11 apresenta alguns menus disponíveis no aplicativo.

Estes menus são as configurações que o usuário pode determinar no cadastro inicial no uso do aplicativo. O menu agenda prioriza os compromissos que os professores, alunos, funcionários da universidade possuem. Neste menu os proprietários poderão informar estes compromissos que serão validados no servidor para buscar compatibilidade com outros usuários. O menu *Groups* refere-se a categoria de dispositivos que objeto inteligente está incluído. Desta forma, o aplicativo associa a descrição e o modelo do dispositivo a sua categoria correta. A opção *Map*, já explicada aqui anteriormente, permite ver os dispositivos próximos a localização de um objeto inteligente. E a opção *Services* permite publicar eventos e informação sobre um determinado local para ser disseminada para outros dispositivos em relacionamento futuros.

Outro critério muito importante sobre o relacionamento entre os membros da universidade é sobre o tempo de vida que uma informação irá possuir. Assim uma determinada informação quando propagada para outro dispositivo em um evento deverá permanecer disponível somente durante o tempo de duração daquele evento. Quando o evento não possuir mais sua validade, a informação deve ser excluída do dispositivo. No nosso exemplo o dispositivo de Tony adquiriu uma informação útil sobre um problema no estacionamento da faculdade. Ele irá manter esta informação somente até o final do turno daquela aula, pois quando Tony sair do estacionamento a informação não terá mais validade. No caso de Tony, seu dispositivo irá propagar aquela informação para outros dispositivos que respeitem esta regra somente durante o período em que Tony estiver na universidade. A abordagem utilizada no modelo SIoT Campus para garantir o tempo de vida necessário para um determinado evento é feita pelo TTL (*Time To Live*), tempo de vida de uma informação. Este parâmetro pode ser manipulado para garantir a sobrevivência de um evento durante um período específico.

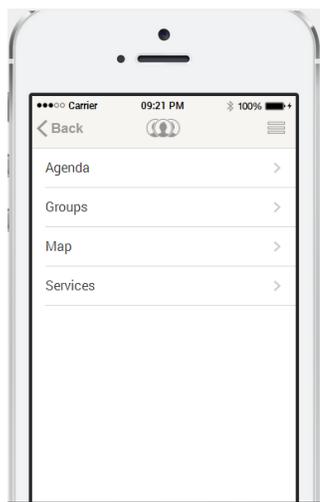


Fig. 12. Opções de configuração do SIoT Campus

Um servidor em segundo plano foi configurado para controlar as interações dos dispositivos inteligentes. Dentre as comunicações possíveis pela tecnologia NFC, foi utilizada comunicação passiva e ativa. Na forma passiva, o cartão de estudante dos alunos obteve informações através dos sensores posicionados no andar ou através dos próprios dispositivos inteligentes, pois a tecnologia NFC permite que o dispositivo atue como um leitor NFC para comunicação com o cartão. Na forma de comunicação ativa os objetos inteligentes trocaram informações entre si interagindo diretamente através do NFC. A tecnologia NFC possui funcionalidade de emular o dispositivo que a contém para que este possa funcionar com um cartão ou um leitor em uma interação com outro dispositivo. Logo nesta forma de comunicação, os dispositivos inteligentes podem atuar nos dois lados da comunicação, como leitor e como cartão podendo adquirir informações sobre novos eventos e armazenando estas informações em sua memória para disseminar para outros dispositivos.

## V. TRABALHOS RELACIONADOS

A modelagem de uma arquitetura para fornecer uma plataforma de comunicação entre os objetos inteligentes em um campus universitário pode envolver uma série de conceitos que já foram estudados em outros trabalhos relacionados. Esta seção apresenta alguns trabalhos que se aproximam da questão de pesquisa no sentido de trabalharem com a proposta de estabelecer um modelo geral para criar uma arquitetura padrão para SIoT e os aborda através de alguns conceitos observados em tais trabalhos com relação a estrutura sobre o relacionamento entre os objetos inteligentes, métodos de comunicação, integração de dados, modos de armazenamento das informações, tipos de aprendizagem e tipos de contexto.

O modelo Mingle [2] é um modelo desenvolvido com a ideia de estabelecer uma rede social espontânea com base na localização geográfica do indivíduo. Buscando interesses comuns entre as pessoas que estejam presentes em um mesmo local uma rede social e então formada, sendo a conexão através dos dispositivos móveis destes indivíduos. A partir desta rede social, usuários podem acessar conteúdos e serviços virtuais relacionados com o local específico onde se encontram. No Mingle a ciência de contexto é característica chave para transformar a relação entre as pessoas em uma interação ubíqua. Outras informações são consideradas pelo modelo, além da localização física e das preferencias sociais como informações temporais, contexto social, contexto histórico e condições ambientais.

Outro projeto relacionado com o SIoT Campus é o Stinger Robot [5]. O modelo utiliza o conceito de robôs autômatos e inteligentes que são capazes de realizar tarefas do mundo real sem qualquer interferência de controle externo. Esses robôs são também capazes de tomar decisões e selecionar ações em ambientes dinâmicos. A proposta do Stinger Robot é utilizar um robô dotado da tecnologia RFID (identificação por radio frequência) que executa a identificação das demais entidades na vizinhança RFID sem a intervenção humana. Dependendo da entidade identificada o robô apresenta um certo tipo de comportamento, sendo capaz de tomar sua própria decisão como evitar obstáculos em objetos que ele não reconhece.

NFCSC [1] é um projeto que utiliza o conceito de SIoT para etiquetas NFC passivas. O projeto tem como objetivo oferecer todas as funcionalidades bem como a definição dos cenários para a comunicação dos objetos por etiquetas passivas.

Pachube Architecture [4] é um projeto que pretende atuar como um middleware projetado para o propósito de servir como uma plataforma padrão para intermediar toda a comunicação entre o grande número de objetos existentes em SIoT. O middleware fica rodando os seus serviços no servidor e capturando dados dos sensores. Assim quando um dado de um sensor detecta a presença de um identificador cadastrado em seu banco de dados associado a um objeto inteligente é verificado pelo middleware para iniciar uma comunicação.

Thinker As Demo [4] é um outro projeto que possui o mesmo propósito da arquitetura Pachube, cujo objetivo é servir com uma plataforma de comunicação para a grande quantidade de objetos inteligentes existentes no mundo.

TABELA II. COMPARAÇÃO ENTRE OS MODELOS RELACIONADOS

Característica	Detalhamento	Mingle	NFCSC	Pachube	Stinger Robot	Thinker as Demo
Tipo de Contexto	Localização	✓	✓	✓	✓	✓
	Perfil do objeto	✓	✓	✓	✓	✓
	Tipo de comunicação	WiFi / 3G	Sensores/WiFi	Sensores/WiFi	Sensores/WiFi	Sensores/WiFi
	Rede	✓	✓	✓	✓	✓
Modos de armazenamento		Banco de dados	Ontologia	Banco de dados	Banco de dados	Banco de dados
Tipo de aprendizagem		X	Estática definida por parâmetros	Dinâmica	Dinâmica	Dinâmica
Integra Redes Sociais			✓	✓	✓	✓
Integração dados		JSON	XML	JSON		JSON
Tipo de relacionamento		X	POR / CLOR /SOR	POR / CLOR /SOR/OOR	POR / CLOR /SOR	POR / CLOR /SOR/OOR

**Legenda:** POR (Relacionamento baseado em parentesco de objeto), CLOR (Relacionamento baseado na localização do objeto), OOR (Relacionamento baseado em controle de proprietário dos objetos) SOR (Relacionamentos baseados em relações sociais dos objetos). ✓ Indica que modelo possui a característica selecionada; X : Indica que o modelo não possui a característica relacionada.

Uma comparação dos modelos relacionados é apresentada na Tabela 2.

Dos trabalhos considerados, verificou-se que nenhum possui a ideia da criação de uma rede social para objetos inteligentes aplicada a um ambiente universitário. Os modelos *Pachube* e *Thinker as Demo*, apresentam um projeto no sentido de um middleware como solução para lidar com os diversos objetos existentes no mundo porém devido a grande complexidade por conta desta grande quantidade de relacionamentos estes projetos ainda encontram-se e caráter de estudo. O modelo *Mingle* apresenta uma atuação de um ambiente universitário, porém a rede social é formada levando-se em consideração a localização do usuário e contexto envolvido. O modelo *SlOTCampus* possui a ideia de utilizar informações de contexto aplicadas a um novo método de interação de usuários de um ambiente universitário por meio de seus dispositivos.

## VI. CONCLUSÃO

O modelo proposto neste artigo *SlOTCampus* visa disponibilizar serviços para a comunidade universitária através da comunicação entre os objetos inteligentes dos seus proprietários. Com a realização deste trabalho espera-se estabelecer uma arquitetura de comunicação que atenda a grande comunicação de objetos inteligentes presentes em uma

universidade e que possa auxiliar na oferta de serviços, disponibilização de serviços úteis entre os membros da universidade e também como uma forma de melhorar a integração entre os membros da universidade através do relacionamento de seus objetos inteligentes.

Como contribuição científica, o modelo mostra uma rede de objetos inteligentes de alunos professores, funcionários de uma universidade em que seus dispositivos podem interagir entre si tendo seus comportamentos controlados pelos seus proprietários. Uma oferta maior de conteúdos e serviços pode ser disponibilizada por meio desta comunicação.

Esse trabalho apresenta algumas oportunidades como trabalhos futuros. Pretende-se estender os tipos de contextos suportados pelo modelo, incluindo o histórico. Além disso, uma avaliação mais completa está em andamento acompanhando o dia-a-dia de usuários da Universidade em um ambiente controlado.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a CAPES, CNPq e FAPERGS pelo apoio a essa pesquisa. Agradecimento especial também ao Santander Universidades pelo apoio e suporte financeiro para este trabalho.

## REFERÊNCIAS

- [1] Garrido, Pilar Castro, et al. "A model for the development of NFC context-awareness applications on internet of things." Near Field Communication (NFC), 2010 Second International Workshop on. IEEE, 2010.
- [2] Zaupa, Dante, et al. "Implementing a spontaneous social network for managing ubiquitous interactions." Computers Systems (WSCAD-SSC), 2012 13th Symposium on. IEEE, 2012.
- [3] Atzori, Luigi, Antonio Iera, and Giacomo Morabito. "SIoT: Giving a social Structure to the internet of things." Communications Letters, IEEE 15.11 (2011): 1193-1195.
- [4] Girau, Roberto, Michele Nitti, and Luigi Atzori. "Implementation of an experimental platform for the social internet of things." Innovative Mobile and Internet Service in Ubiquitous Computing (IMIS), 2013 Seventh International Conference on. IEEE, 2013.
- [5] Turcu, Cristina. "The Social Internet of Things and the RFID-based robots." Ultra Modem Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), 2012 4th International Congress on. IEEE, 2012.
- [6] Perera, Clarith, et al. "Context aware computing for the internet for the internet of things: A Survey." Communications Surveys & Tutorials, IEEE 16.1 (2014): 414-454.
- [7] Satyanarayanan, Mahadev. "Pervasive computing: Vision and Challenges." Personal Communications, IEEE 8.4 (2001): 10-17
- [8] Jabeur, Nafaa, Sherali Zeadally, and Biju Sayed. "Mobile social networking applications." Communications of the ACM 56.3 (2013):71-79.
- [9] Ning, Huansheng, and Ziou Wang. "Future Internet of things architecture: like mankind neural system or social organization framework?" Communications Letters, IEEE 15.4 (2011): 461-463.
- [10] Gubbi, Jayavardhana, et al. "Internet of things (IoT): A vision architectural elements, and future directions." Future Generation Computer Systems 29.7 (2013): 1645-1660.
- [11] Weiser, Mark. "Some computer science issues in ubiquitous computing." Communications of the ACM 36.7 (1993): 75-84.
- [12] Atzori, Luigi, et al. "The social internet of things (siot)-when social networks meet the internet of things: Concept, architecture and network characterization." Computer Networks 56.16 (2012): 3594-3608.
- [13] Dunant, Henry. "Libro Blanco sobre la aplicación de la tecnología NFC em el Transporte Público" (2013). Obtido em [http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/5FB6174B-D0B4-4C65-B444-FB966ED1F2B6/122697/Libro\\_Blanco\\_NFC.pdf](http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/5FB6174B-D0B4-4C65-B444-FB966ED1F2B6/122697/Libro_Blanco_NFC.pdf) (Acesso em Março de 2015),
- [14] Forman, George H., and John Zahorjan. "The challenges of mobile computing." Computer 27.4 (1994): 38-47.
- [15] Hammershoj, Allan, Antonio Sapuppo, and Reza Tadayoni. "Challenges for mobile application development" Intelligence in Next Generation Networks (ICIN), 2010 14th International Conference on. IEEE, 2010.
- [16] da Costa, Cristiano Andre, Adenauer C. Yamin, and Claudio Fernando Resin Geyer. "Toward a general software infrastructure for ubiquitous computing." IEEE Pervasive Computing 7.1 (2008): 64-73.