

Plataforma de gestão centralizada de IoT (IoT Central Hub)

Antonio Rodrigues
antoniojr82@yahoo.com.br
ISCTE

Resumo: Na área da tecnologia da informação, a cada dia a palavra inovação encontra-se cada vez mais presente. No âmbito da tecnologia de Internet das Coisas (Internet of Things – IoT) não é diferente. Todos os anos são criados e apresentados novos produtos e serviços de IoT que permitem facilitar e descomplicar a vida dos usuários, conectando pessoas aos dispositivos de forma remota e automatizada, gerando mobilidade e operabilidade de serviços de tecnologia através da heterogeneidade de aparelhos conectados na internet. Dessa forma, o ecossistema da arquitetura tecnológica, inicia-se e a complexidade de unificação dessas interfaces de comunicação com o usuário complica-se gradativamente de acordo com a adição de um novo dispositivo. Essa diversidade traz uma dificuldade de gerenciamento e controle dos aparelhos de forma centralizada. Além da complexidade e particularidade de configurações e instalações que cada dispositivo de cada marca apresenta. Com base nesse obstáculo encontrado no cotidiano dos usuários de tecnologia domésticos, tanto básico quanto avançado, esse trabalho de tese desenvolve o estudo de desenvolvimento de uma plataforma única e fácil utilização. Nessa plataforma é possível ter os dispositivos de IoT centralizados de uma mesma unidade de rede local de forma que possam ser gerenciados e manipulados através de uma interface gráfica simples e intuitiva. Assim, a gestão fica unificada e prática para qualquer tipo de usuário que tenha interesse em usar essa tecnologia, permitindo assim, a expansão e popularização do uso dessa tecnologia emergente a todos de forma simplificada. Assim, esse trabalho tem o propósito de apresentar em detalhes o estudo do protótipo de uma plataforma unificada que permite configurar, monitorar e gerenciar a integração entre dispositivos heterogêneos existentes no mercado atualmente para usuários residenciais.

Palavras Chave: Internet das Coisas - Plataforma de Gestão - Computação na nuvem - Computação autônoma. -

1. INTRODUÇÃO

A compra de dispositivos com funcionalidade de conexão à Internet tem crescido exponencialmente na sociedade. Os avanços tecnológicos e o baixo custo desses serviços têm ajudado na popularização e diversificação desses dispositivos (VASSEUR & DUNKELS, 2010). Esses objetos, com a capacidade de interagir com os usuários através de sensores, permitem gerar respostas e informações de acordo com as necessidades de todos. Esses tipos de dispositivos foram denominados IoT (Internet das Coisas) (GUBBI ET AL., 2013). O conceito básico da funcionalidade dos dispositivos IoT é a presença de sensores RFID (Radio-Frequency IDentification), tags e leitores em telefones, robôs domésticos, lâmpadas inteligentes, eletrodomésticos conectados à internet, etc. (ATZORI ET AL., 2010). Toda essa infraestrutura gera um banco de dados de informações que permite ao usuário interagir de forma inteligente e personalizada com o dispositivo. Assim, o usuário doméstico pode ter tarefas de rotinas automatizadas, melhor precisão na tomada de decisões e interações entre os dispositivos e os servidores aos quais estão conectados (DAVE EVANS, 2011).

O uso dessa tecnologia emergente tem proporcionado muitos desafios no âmbito de gestão e integração de serviços de dispositivos inteligentes, como mencionado por (ATZORI ET AL., 2010). Essa tecnologia tem como principal desafio a interconexão de um grupo de dispositivos totalmente heterogêneos. Portanto, cada um tem seu protocolo específico e infraestrutura tecnológica para cada fabricante. Outro fator relevante na complexidade do uso da IoT é a exatidão das informações. O conjunto de dados gerados pelos sensores dos dispositivos pode gerar uma imprecisão de informações entre 60% e 70%, causando respostas insuficientes ou desnecessárias para o usuário (MA ET AL., 2013).

1.1. OBJETIVOS DE MOTIVAÇÃO E PESQUISA

O desenvolvimento de aplicativos para dispositivos IoT é uma área de estudo crescente. Atualmente, existem várias pesquisas realizadas no escopo do gerenciamento de dispositivos inteligentes. No entanto, ainda há grande dificuldade na usabilidade e praticidade do funcionamento desses dispositivos. Portanto, o principal objetivo do desenvolvimento dessa dissertação é ampliar o conhecimento para reduzir a complexidade do manuseio desta ferramenta para usuários domésticos que desenvolvem um novo aplicativo (CHEN ET AL., 2014). Assim, o foco deste estudo baseia-se na análise e resolução dos seguintes problemas listados:

- **Interfaces de administração centralizadas:** para cada dispositivo adicionado de forma inteligente à rede doméstica, ele apresenta um aplicativo diferente para executar a configuração dos dispositivos. Quando há poucos dispositivos, o gerenciamento é possível, mas o ambiente onde o usuário tem inúmeros dispositivos na mesma rede doméstica está se tornando um fator complexo para gerenciar. (CHAQFEH & MOHAMED, 2012)
- **Simplicidade na instalação e configuração:** as aplicações dos dispositivos IoT, apresentam uma série de etapas de configuração e instalação, de forma que exige que o usuário tenha conhecimento tecnológico para poder instalar e configurar. Assim, criar uma limitação no uso da tecnologia. (CHAQFEH & MOHAMED, 2012)
- **Interconexão entre dispositivos em um ambiente heterogêneo:** cada dispositivo tem sua aplicação com acesso aos seus dados. Assim, há um limite de informação e complexidade no ambiente da computação, pois existem várias tecnologias que não estão conectadas. Assim, é possível reduzir o processamento e aumentar o tráfego

excessivo de dados na rede, pois não há comunicação entre os dispositivos. (CHAQFEH & MOHAMED, 2012).

2. CONCEITOS EM TECNOLOGIAS IOT

O termo internet das coisas (IoT) foi cunhado no final dos anos noventa pelo pesquisador tecnológico Kevin Ashton em uma de suas conferências (KEVIN ASTHON, 2010). O conceito dessa tecnologia emergente é a interação entre dispositivos eletrônicos conectados à internet, assim a internet das "coisas" denominada hoje por lâmpadas inteligentes, aparelhos com sistemas de computador, sistemas de segurança com sensores, etc., assim, esses objetos ficaram conhecidos como dispositivos inteligentes (ATZORI ET AL., 2010). Toda interação entre objetos IoT é feita através da internet, coletando informações e dados para decisões mais precisas e apropriadas para o usuário (MAROTTA ET AL., 2013). Algumas características dessas interações, para exemplificar tal comportamento, são a detecção de fenômenos físicos como temperaturas, luz e umidade através de sensores, capacidade computacional para analisar dados e enviar respostas sobre um determinado comportamento, identificação de objetos físicos, através de formato, tamanho ou movimento, entre outros (MIORANDI ET AL., 2012).

2.1. GESTÃO DE IOT DISPOSITIVOS

De acordo com a Cisco, empresa de desenvolvimento de tecnologia e infraestrutura, a tecnologia de dispositivos inteligentes está em ascensão no mercado, e estimou que até o final de 2020, 50 bilhões de dispositivos inteligentes podem ser alcançados no mundo (DAVE EVANS, 2011). No entanto, essa grande demanda por dispositivos inteligentes interconectados resulta em uma alta necessidade de ter um gerenciamento mais completo e detalhado desses dispositivos, para reduzir sua complexidade (YIN ET AL., 2020). Os sistemas de gerenciamento de IoT devem considerar os fatores de segurança como um pilar muito importante a ser pesquisado para evitar o acesso por dispositivos desconhecidos, vazamentos de dados, alterações de segurança e assim por diante. De acordo com (DELICATO ET AL., 2013), os sistemas de gerenciamento de IoT precisam ter uma característica dinâmica na identificação de objetos para evitar a pré-definição das configurações do dispositivo, tornando assim a potencialização do fator de segurança essencial nesse tipo de tecnologia. Além da questão de segurança nos aplicativos de gestão de IoT, outros pontos são muito importantes a serem considerados e implementados, segundo Chaqfeh (CHAQFEH & MOHAMED, 2012). A escalabilidade traz a possibilidade de expandir a tecnologia e o funcionamento das funcionalidades do aplicativo. Ajuda no funcionamento dinâmico e fácil das ativações do dispositivo. Do ponto de vista da ciência de dados, o importante é o tratamento das informações, fazer com que os dispositivos funcionem corretamente e permitir que eles tenham a resposta mais assertiva possível aos usuários. E, finalmente, a interoperabilidade em ambientes heterogêneos onde dispositivos de diferentes características, marcas e funcionalidades estão presentes para que possam se comunicar sem muita complexidade. A falta de padronização e definição desse tipo de tecnologia aumenta muito a complexidade e a interoperabilidade dos dispositivos inteligentes. Porque cada aplicativo IoT apresenta uma estrutura de dados única para adotar diferentes modelos de programação que não são compatíveis entre si. Assim, é necessário criar um conjunto de estruturas de dados para o ambiente de dispositivos inteligentes que são chamados de arquiteturas de referência. Essas arquiteturas têm a característica de facilitar e orientar a padronização do desenvolvimento de sistemas para essa tecnologia (NAKAGAWA ET AL., 2011).

2.2. ARQUITETURA DO SISTEMA IOT

A arquitetura de referência, por definição, é a composição de um ou mais modelos de referência, para permitir a padronização, evitando a ambiguidade das informações unificando regras de negócios, estruturando arquiteturas de sistemas, criando boas práticas de desenvolvimento de software e alinhamento da operação de hardware. Assim, os principais objetivos da arquitetura de referência podem ser alcançados. Os principais objetivos da arquitetura de referência de acordo com (NAKAGAWA ET AL., 2011) são facilitar o desenvolvimento de software, possibilitando otimização de tempo e redução de construção e testes. Padronização de sistemas de arquitetura, para estabelecer uma arquitetura de referência em termos de elementos essenciais para definir diretrizes, integrações e compatibilidade entre sistemas totalmente diferentes. E, finalmente, gerenciar a evolução dos sistemas existentes, permitindo criar um processo natural para a evolução de novos recursos sem impactar aqueles que estão em execução atualmente. O modelo de arquitetura de referência de IoT (IoT-A) desenvolvido por um grupo de pesquisadores da Europa e do Brasil (KRAMP ET AL., 2013) foi um projeto criado no contexto do desenvolvimento de uma arquitetura de referência europeia de IoT. Essa arquitetura baseia-se na construção de características-chave definidas em alto nível de abstração, permitindo uma visão amplamente dinâmica que pode ser utilizada em qualquer fase do projeto, do desenvolvimento funcional à produção. A visão funcional definida na arquitetura IoT-A, possui nove grupos de funcionalidades, a ver: (i) aplicação; (ii) gestão; (iii) organização do serviço; (iv) Gestão de processos de IoT; v Entidade virtual; (vi) serviço de IoT; (vii) segurança; (viii) comunicação e (ix) dispositivo.

3. TRABALHOS RELACIONADAS

Plataforma de gestão de IoT A tecnologia é um tema muito recente e crescente na literatura, como já é mencionado no capítulo 1, na introdução deste trabalho. Essas plataformas atuam como uma camada intermediária entre hardware e software, criando uma comunicação integrada da arquitetura do sistema. Essas camadas simplificam as complexidades e heterogeneidades dos dispositivos, facilitando a gestão dos recursos e melhorando a execução de aplicações desenvolvidas (RAZZAQUE ET AL., 2016). Em diversos trabalhos relacionados pesquisados, identificou-se uma complexidade no tratamento dos dados devido ao alto volume de informações transferidas entre o aplicativo e o dispositivo. Por essa razão, esse tema foi um tema presente em todos os pesquisados e identificados como um pilar para permitir o correto funcionamento de aplicações e dispositivos (ATZORI ET AL., 2010).

Outro ponto crítico identificado na pesquisa de trabalhos relacionados é a segurança. Muitos trabalhos identificaram um controle mínimo de segurança, permitindo maior confiabilidade dos sistemas. No entanto, a questão da segurança não é o tópico de isolamento na camada de aplicativos, mas também envolve a camada de rede como um ponto essencial para permitir maior confiabilidade das informações (PIRES ET AL., 2015). Assim, este capítulo discutirá o trabalho relacionado sobre as plataformas de IoT desenvolvidas no âmbito deste estudo. Toda a pesquisa foi baseada na funcionalidade e operabilidade do aplicativo para que pudesse apresentar confiabilidade na informação, segurança e desempenho. Por isso, foram analisados temas como gestão de informações, arquitetura de sistemas, gerenciamento de dados e dispositivos, heterogeneidade, segurança e privacidade, escalabilidade e confiabilidade.

Todos os trabalhos pesquisados para essa dissertação foram a plataforma ManIoT (ANTUNES, 2016), que permite o gerenciamento de dispositivos locais e remotos, sendo expansível, permitindo a adição de novos dispositivos. Outra plataforma estudada foi a

plataforma chamada AutoDev (RODRIGUES, 2018). Este trabalho foi desenvolvido um protótipo de um aplicativo capaz de gerenciar dispositivos IoT usando a tecnologia Raspberry Pi sob um sistema operacional Linux. No entanto, o protótipo desenvolvido pela Marotta, apresenta interface mais amigável e fácil usabilidade. Foi desenvolvido em Java e sua web baseada. Esta plataforma é chamada de "Management by Delegation Smart Object Aware System for IoT" (MAROTTA ET AL., 2013).

3.1. MANIOT PLATAFORMA

A plataforma ManIoT é semelhante à plataforma IoT Central Hub, a fim de permitir um gerenciamento centralizado e fácil integração entre dispositivos. Essas características de integração dos dispositivos, facilita a criação de novos serviços, como a captura da luminosidade e o controle da taxa de emissão de luz de uma lâmpada inteligente. Além disso, permite controlar a lâmpada através da posição geográfica do usuário para indicar se ela não deve funcionar (ANTUNES, 2016).

Assim como o IoT Central Hub, a plataforma fornece serviços genéricos para identificação automática de dispositivos, armazenamento de dados e autenticação do perfil do usuário. Além disso, a plataforma realiza o gerenciamento total do dispositivo remotamente ou localmente de acordo com o posicionamento do usuário, sendo apenas ter permissões administrativas para executar essa função. Os principais requisitos da plataforma ManIoT são os mesmos apresentados basicamente nos sistemas de IoT existentes no mercado (Gubbi et al., 2013), tais como; permitir a heterogeneidade de dispositivos com diferentes tipos de processamento de comunicação. Permitir a autenticação do usuário e o controle de acesso para gerenciamento e controle de plataforma. Instalação de expansão para adição de novos dispositivos. Uso de protocolos já conhecidos no mercado. Faça uso do modelo de dados e de um modelo de informação coerente de forma que permita a estrutura simplificada de dados e que facilite a programação de diferentes marcas. Portanto, as definições das principais funcionalidades desenvolvidas para a plataforma ManIoT são semelhantes à plataforma IoT Central Hub (ANTUNES, 2016).

Os recursos da plataforma de gerenciamento ManIoT têm uma arquitetura local e global. A gestão do ambiente local é realizada dentro da própria rede e gerência objetivamente todos os dispositivos IoT presentes na plataforma. No entanto, o ambiente de arquitetura global permite o gerenciamento remoto de dispositivos, conectados via internet, permitindo o gerenciamento de mais de um ambiente local configurado.

3.2. AUTOMATIC DEVICE (AUTODEV)

O protótipo do sistema chamado AutoDev foi desenvolvido com o mesmo essencial que o IoT Central Hub. O principal objetivo do aplicativo é reduzir automaticamente a complexidade do uso do sistema de identificação do dispositivo IoT. Assim, o usuário doméstico tem a facilidade de identificar dispositivos inteligentes adicionados à mesma rede de forma totalmente automática e com uma interface intuitiva (RODRIGUES, 2018). O aplicativo AutoDev, semelhante ao IoT Central Hub, visa alcançar todos os usuários sem restrição de idade, mas para isso, foi necessário atender a alguns requisitos funcionais básicos para poder desenvolver uma arquitetura com os recursos de bom desempenho, extensibilidade e flexibilidade, segurança, recursos intuitivos e conforto para usuários domésticos (RODRIGUES, 2018). Como o aplicativo AutoDev visa reduzir a complexidade e aumentar a facilidade de manuseio para o usuário doméstico, o sistema foi desenvolvido para ajustar de forma prática e objetiva as funcionalidades dos dispositivos genericamente. Assim, o aplicativo usa um perfil de configuração comum no qual todos os dispositivos IoT possuem e

acessa essas informações através de USB, Bluetooth ou qualquer outra conectividade disponível em cada dispositivo. As informações são transmitidas via XML, JSON ou YAML7.

A estrutura da arquitetura de aplicativos AutoDev consiste em 3 camadas; comunicação, serviço e configuração. Na camada de comunicação, é composto por um conjunto de bibliotecas que permite a abstração dos protocolos de comunicação do aplicativo. No entanto, para configurar dispositivos via Ethernet ou NFC, é necessário um processo específico de configuração. Mas se não houver nenhum dispositivo já configurado, será necessário configurá-lo pela tecnologia NFC em contato com o smartphone que permite a configuração do aplicativo automaticamente. Mas para isso, o usuário precisa estar ciente dos parâmetros de configuração de cada dispositivo que será configurado. Por fim, nesta camada, o protocolo HTTPS é responsável por proteger o aplicativo para realizar essa transação de configuração via web service (RODRIGUES, 2018).

3.3. MANAGEMENT BY DELEGATION SMART OBJECT SYSTEM FOR IOT (MBDSAS)

Assim como o IoT Central Hub, a aplicação do MbDSAS tem o objetivo de realizar o gerenciamento de dispositivos IoT. No entanto, o aplicativo foi desenvolvido para fins mais específicos, com a intenção de gerenciar as informações recebidas dos dispositivos IoT, para exemplificar tal operação, o aplicativo pode ser usado como um gerenciador de dispositivos IoT para aeroportos, estações de trem, etc. Neste caso, a plataforma controla as medidas de temperatura, o brilho e os ajustes de funcionalidade, onde detalha o cenário genérico que pode ser aplicado neste aplicativo (MAROTTA ET AL., 2013). TLM é uma estação de gerenciamento onde o aplicativo de gerenciamento de IoT é instalado, que pode ser um computador ou um dispositivo móvel. Esta estação foi desenvolvida para permitir a consolidação do gerenciamento de todas as informações capturadas a partir de dispositivos IoT. A comunicação deste sistema é feita através da internet por webservice que se comunica diretamente com a camada de middleware chamada "Gateway MLM". Esta camada é responsável por orquestrar todos os dados dos dispositivos IoT e encaminhá-los para o aplicativo TLM através dos serviços SOA ou ROA. Na camada do dispositivo, o dispositivo é responsável pela captura de dados coletados em ambiente, por exemplo, no aeroporto, na escola, no estádio, etc. e envia as informações para o gateway para processar as informações para o aplicativo de gestão de IoT (MAROTTA ET AL., 2013).

A arquitetura conceitual do aplicativo MbDSAS é composta basicamente para aplicação de gerenciamento e camadas MbDSAS. O gerenciamento de informações é definido na camada TLM, onde há o gerenciamento de aplicativos, então a camada MLM tem a função de processamento de informações e ambas as camadas consultam o banco de dados e armazenam as informações coletadas dos dispositivos IoT. Finalmente, a camada MD é onde o dispositivo IoT coleta informações do ambiente para encaminhar ao TLM para analisar os dados (MAROTTA ET AL., 2013).

3.4. JEMADARIUS (WEB-API IOT AUTO DETECT)

A plataforma chamada Jemadarius é semelhante à plataforma IoT Central Hub no escopo da detecção básica e configuração realizada de forma automatizada com intervenção humana mínimo. É um aplicativo web desenvolvido para realizar a autoconstrução de dispositivos IoT na mesma rede local através do Contiki 8 e uma técnica de baixo consumo de energia, realizada através do protocolo CoAP 9. O principal objetivo deste aplicativo é otimizar o trabalho de configuração e ajuste de dispositivos IoT dentro da mesma rede. Dessa

forma, o usuário não encontrará nenhuma complexidade na configuração e ajudará a reduzir o tempo desperdiçado com configurações básicas desses dispositivos. No entanto, para que essa estrutura funcione, o usuário precisa executar o aplicativo Jemadarius através da entrada de dispositivos IoT disponíveis na rede, assim, os métodos CoAP serão disponibilizados ao servidor para receber as informações e executar os programas. O aplicativo consultará as políticas de configuração que definirão a ação e enviará o código para configurar o dispositivo, conforme mostrado na figura 12 (BARROS, 2015).

A arquitetura Jemadarius tem característica semelhante ao IT Central Hub. Ambos estão focados em reduzir a complexidade da configuração de dispositivos IoT em uma rede local. Desta forma, a arquitetura de Jemadarius foi desenvolvida para resolver dois problemas principais. A primeira é a complexidade de configuração que os dispositivos IoT têm ao se conectar com os aplicativos de configuração. A outra é a reconfiguração desses dispositivos, quando eles precisam ser reconfigurados no aplicativo. Assim, o usuário precisa removê-lo da rede e reconectá-lo ao aplicativo através da programação "over-the-air", que disponibiliza os novos códigos de configuração para dispositivos que estão dentro do raio de transmissão por "over-the-air" Dilúvio 10at Contiki. (VASSEURS ET AL., 2010).

A estrutura de arquitetura desenvolvida para o projeto Jemadarius é formada por cliente e servidor através de serviços web com comunicação REST através de um servidor na nuvem e do dispositivo que usa CoAP para se comunicar com a Web-API que executa toda a auto-configuração no Contiki. Do lado do cliente, o serviço é realizado por um aplicativo desenvolvido em linguagem C, estruturado de forma a ter baixo consumo de energia e processamento. Assim, do lado do cliente, três métodos estão disponíveis no lado do servidor; transferência de arquivos, execução de arquivos e coleta de dados. Assim, o aplicativo recebe um GET do dispositivo para enviar as características específicas de configuração, identificando o código que é devolvido ao aplicativo para iniciar a configuração automática. A comunicação do lado do cliente é realizada através do protocolo CoAP-13 e no lado do servidor é utilizado o protocolo de internet HTTP, por isso é necessário utilizar um Proxy para realizar a tradução de comunicação entre esses dois protocolos (BARROS, 2015). Na estrutura do servidor, a Web-API de Jemadarius foi desenvolvida em linguagem PHP e na estrutura Sinfônica, utilizando o protocolo HTTP para comunicação, tendo uma dividida em quatro partes; Usuário, Motes, Proxy e Arquivos.

3.5. COMPARAÇÃO ENTRE APLICAÇÕES

As características das aplicações dos trabalhos desenvolvidos foram sintetizadas nesta sessão para que a comparação entre todos os protótipos de trabalhos de pesquisa relacionados possa ser analisada. Na tabela 1 tem o propósito de demonstrar quais características, e características estão presentes no trabalho desenvolvido e comparado com o propósito desta tese, com o desenvolvimento da plataforma IoT Central Hub. Por causa disso, as simbologias foram determinadas para fácil compreensão das características presentes, determinadas pelo símbolo (✓). No entanto, quando o recurso em questão não está presente, ele é marcado com o símbolo (✗). E se não for aplicado para o item dado, a opção é caracterizada como (N/A). Dessa forma, ele pode perceber claramente as características que estão ou não presentes em comparação com a plataforma IoT Central Hub.

A principal característica identificada nos trabalhos pesquisados foi a funcionalidade de heterogeneidade para dispositivos IoT. Sendo considerado um dos principais itens e foi abordado em foco por diversas obras, da mesma forma que foi tratado pelo protótipo deste trabalho. Além disso, a segurança é como o outro ponto muito relevante e presente nas obras. Porque a privacidade dos dados e informações que são transmitidas pela rede deve ser mantida segura para prevalecer a integridade e a segurança das informações. Portanto, é

fundamental que os aplicativos forneçam estratégias de segurança para que possam manter a proteção dos dispositivos envolvidos na manipulação de dados na rede. (PIRES ET AL., 2015). As tecnologias de conectividade também são amplamente abordadas em trabalhos de autores (ANTUNES, 2016), (RODRIGUES, 2018), (MAROTTA ET AL., 2013) e (BARROS, 2015), sendo citadas como uma característica auxiliar, devido às inúmeras possibilidades de conexão que estão disponíveis no mercado hoje. Uma vez que para o trabalho do IoT Central Hub não se destina a focar no escopo da conectividade dos dispositivos IoT, o trabalho proposto foi simplesmente focado na conectividade de rede sem fio, sendo suficiente para atender à necessidade de conexão entre o dispositivo e a plataforma de aplicativos desenvolvida.

Tabela 1 – Tabela comparativa das aplicações

	MainIoT	AutoDev	MbDSAS	Jemadarius	IoT Central Hub
Heterogeneity	✓	✓	✓	✓	✓
Security	✓	✓	✓	✓	✓
Privacy	✓	✓	✓	✓	✓
Scalability	✓	✓	✓	✓	✓
Usability	✗	✓	✗	✗	✓
Autoconfiguration	✓	✓	✓	✓	✓
Cloud Access	✓	✓	✗	✗	✗
Data management	✗	✗	✓	✓	✗
Device management	✓	✓	✗	✗	✓
Client / Server	✓	✓	✓	✓	✓
Remote management	✓	✓	✗	✗	✗
RFID	✓	✗	N/A	N/A	N/A
Bluetooth	✗	✓	N/A	N/A	✓
Wi-Fi	✓	✓	✓	✓	✓
NFC	✗	✓	N/A	N/A	N/A

4. PROJETO IOT CENTRAL HUB

O impacto da tecnologia de IoT no mercado vem aumentando a cada dia. Traz inúmeros benefícios para os usuários de tipos de funcionalidade, como facilidade de coleta de informações do ambiente local (temperatura, dados de localização, etc.), manuseio de dispositivos remotamente, agilidade nas atividades domésticas diárias, automação de tarefas,



monitoramento do comportamento dos recursos facilmente, etc. Assim, o IoT Central Hub traz todo esse conceito encapsulado de forma mais simples e fácil para os usuários domésticos. Embora já existam inúmeros aplicativos que permitem ter o mesmo comportamento do IoT Central Hub, a maioria das plataformas de gerenciamento de dispositivos ainda tem alta complexidade de instalação e usabilidade, por isso o principal objetivo do protótipo do IoT Central Hub é reduzir fortemente a complexidade, permitindo mais flexibilidade para o usuário doméstico, pois no mercado ainda há poucos aplicativos disponíveis. A plataforma de gerenciamento automático do IoT Central Hub já atende a alguns requisitos principais do tipo de aplicativo, como heterogeneidade, extensibilidade, privacidade e usabilidade. O protótipo do IoT Central Hub deve atender aos seguintes requisitos fundamentais do sistema: (i) protocolos conhecidos no mercado: recomenda-se o uso de tecnologias de protocolos e plataformas já existentes no mercado e reconhecidos na área de rede de computadores. (ii) Dispositivos de identificação ambiental: espera-se que o aplicativo identifique automaticamente os dispositivos disponíveis e visíveis para o aplicativo de gerenciamento automático IoT Central Hub. (iii) Instalação e configuração automática: através dos dispositivos já identificados pelo aplicativo, recomenda-se que seja feita uma conexão inicial onde a autenticação de dados é realizada pela conexão local (rede local ou Bluetooth) e a instalação iniciada se for a primeira conexão e a configuração do novo dispositivo conectado. (iv) Gerenciamento de dispositivos: recomenda-se que a plataforma seja capaz de gerenciar os dispositivos encontrados no ambiente, sendo capaz de manipular os dados e controlar os dispositivos. (v) Definição do modelo de dados e informações: o aplicativo deve fornecer um modelo de dados e informações para os dispositivos suportados, desta forma, o modelo de dados facilitará os dispositivos de programação utilizados por diferentes fabricantes.

A plataforma fornece a identificação dos dispositivos por meio de conectividade de tecnologia sem fio, como rede sem cabo e Bluetooth como já mencionado, então, desta forma, quando a busca de dispositivos é iniciada, ele procura dispositivos disponíveis nas proximidades por um tempo aproximado de 3 minutos. No final deste período, o aplicativo encerra a pesquisa e lista todos os dispositivos encontrados nas proximidades e exibe os disponíveis para iniciar uma conexão. O aplicativo IoT Central Hub considera a heterogeneidade dos dispositivos, permitindo a conectividade de diferentes fabricantes sem ter que ser vinculado a uma única marca no mercado. Como tal, a plataforma não requer instalações adicionais de aplicativos de cada fabricante, como é frequentemente exigido ao comprar um dispositivo específico da marca. O protótipo desenvolvido para o gerenciamento de dispositivos IoT é realizado através de um aplicativo rodando em dispositivos móveis, desenvolvido em linguagem de programação Java, usando o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) Android Studio para criar as funcionalidades do IoT Central Hub, bem como as interfaces de usuário criadas para otimizar o desempenho, a confortabilidade e a usabilidade a todos, sem qualquer expertise em tecnologia de computador. Em relação ao modelo de dados e estrutura de informações da plataforma, o aplicativo tem como objetivo criar padronização no formato de dados e comunicação entre o aplicativo desenvolvido e os dispositivos conectados. Assim, o identificador do dispositivo e o status de conexão são exemplos de características da estrutura de dados utilizadas para o gerenciamento de dispositivos. Para permitir ampla integração e extensibilidade do aplicativo com outros sistemas, o protótipo do IoT Central Hub utiliza os protocolos e padrões mais comuns entre os desenvolvedores para a estrutura de modelos de dados como XML e REST. A comunicação simplificada e a estrutura de dados bem definida são as principais características do desenvolvimento de aplicativos do IoT Central Hub, sendo um dos maiores facilitadores do projeto para criar um ambiente simples e fácil de usar para o usuário doméstico.

4.1. IOT CENTRAL HUB ARQUITETURA

A arquitetura da plataforma de gerenciamento IoT Central Hub é composta por um dispositivo inteligente e um aplicativo de gerenciamento de dispositivos inteligentes desenvolvido. O aplicativo IoT Central Hub não precisa de hardware intermediário para executar um gateway de conexão com os dispositivos, facilitando a conexão automática aos dispositivos. Além da simplicidade na conexão de dispositivos, o outro ponto que beneficia esse tipo de arquitetura é o custo adicional para comprar um dispositivo gateway para cada fabricante do mercado. Assim, evitando um acúmulo de aparelhos adicionais para o gerenciamento de dispositivos IoT. A plataforma de aplicativos IoT Central Hub é composta por camadas que permitem que os dados passem de forma eficiente e estruturada dentro do aplicativo. Como mostrado na Figura 1, a arquitetura de aplicação do IoT Central Hub está estruturada em três camadas: Aplicação, Serviços e Comunicação.

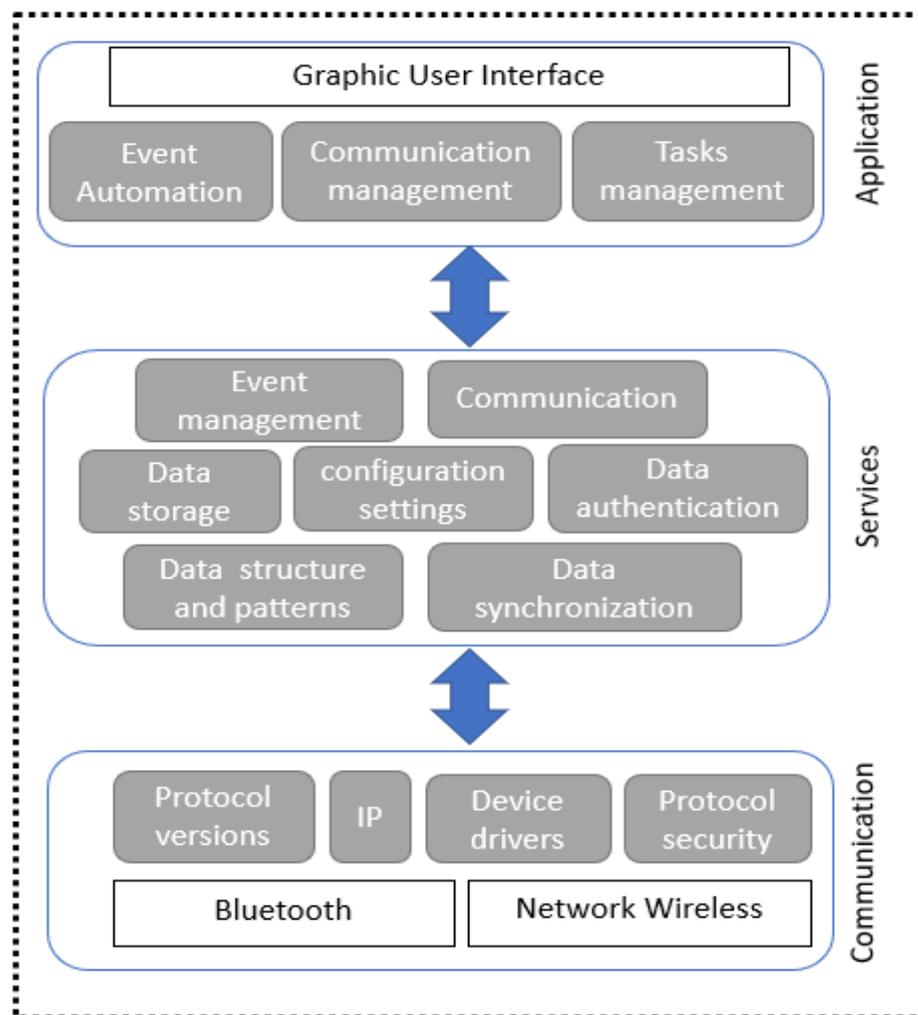


Figura 1 - IoT Central Hub arquitetura

Camada do aplicativo: é a camada inicial onde o usuário tem visibilidade da operação e autonomia para gerenciar a plataforma IoT Central Hub através da interface gráfica, de forma rápida e intuitiva. **Camada de serviço:** a camada intermediária do aplicativo é formada pelos serviços da plataforma. Os serviços interpretam os dados para o correto funcionamento dos eventos e fornecem suporte para conectores do dispositivo para estabelecer a conexão de forma eficiente para o processamento de dados. **Camada de comunicação:** é a camada onde existem protocolos de comunicação de rede, Bluetooth e

redes sem fio são usados naquele momento. Esses protocolos são usados para codificar e identificar dados transferidos através dos tipos de versões de protocolo que o aplicativo suporta.

Os dados da plataforma IoT Central Hub se comunicam com o outro dispositivo através do gateway de ambos os lados para manter a confiabilidade do sistema. Assim, após o emparelhamento dos dispositivos, através da estrutura de dados configurada no aplicativo, a comunicação é realizada por parâmetros que são enviados de um gateway para o outro. De forma, o aplicativo pode funcionar como um servidor e enviar as instruções para outro dispositivo sem ter que configurar ou instalar qualquer versão de um fabricante específico. Assim, o aplicativo permite que o usuário altere ou ajuste qualquer funcionalidade dos aplicativos já instalados no outro dispositivo.

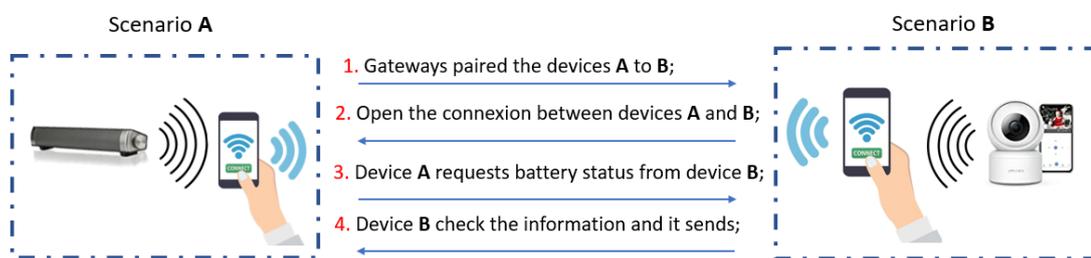


Figura 2 - IoT Central Hub estrutura de comunicação de dados

A Figura 2 exemplifica a funcionalidade de envio de parâmetros entre gateways em dois cenários diferentes, onde o é composto por soundbar (modelo ESB210) e pela aplicação do IoT Central Hub instalado no dispositivo, no cenário A. No cenário B, é composto por uma câmera de segurança (modelo IMILAB C20) e um aplicativo IoT Central Hub instalado no dispositivo. No caso do protótipo desenvolvido para o aplicativo IoT Central Hub, a funcionalidade projetada foi a verificação do status da bateria em um dispositivo remoto.

4.2. IOT CENTRAL HUB FUNCIONALIDADES

O aplicativo IoT Central Hub é composto por cinco características principais que foram mencionadas anteriormente ao longo deste trabalho de pesquisa. As principais funcionalidades do trabalho desenvolvido são ligar e desligar as interfaces de comunicação, tornando o dispositivo pesquisável para ser identificado por outro dispositivo, vendo a lista de dispositivos emparelhados, pesquisando quais dispositivos são visíveis e enviando parâmetros de configuração para o gateway de destino. Cada funcionalidade tem um recurso específico que permite que a plataforma de gerenciamento de dispositivos adequada funcione. Para a elaboração do protótipo, foram utilizados modelos de smartphones da fabricante Samsung, um era um Samsung Galaxy A41 móvel, e outro é um tablet Samsung Galaxy Tab S6. O aplicativo desenvolvido para gerenciar os dispositivos, foi instalado em ambos os dispositivos, chamado IoT Central Hub através de um executável ". APK" que é executado automaticamente assim que é iniciado, sem qualquer configuração adicional pelo usuário. Através das cinco funcionalidades básicas do aplicativo, é possível realizar conexão, emparelhamento, busca e se tornar pesquisável, e enviar parâmetros, como mostrado na Figura 3. A primeira funcionalidade a ser explorada no aplicativo é o ambiente de disponibilidade de conexão. A conectividade entre dispositivos deve estar sempre ativa para permitir o acesso aos dados através da interface de comunicação sem fio. Como mencionado anteriormente, o protótipo limitou-se ao uso de conectividade Bluetooth e deixou a outra opção de conexão, conectividade Wi-Fi, para trabalhos futuros. No entanto, o protótipo já

deixou um caminho de pesquisa aberto para continuar esse tipo de conexão nos estudos futuros. A conectividade Bluetooth foi utilizada pela tecnologia Bluetooth Low Energy (BLE), que é uma tecnologia mais adequada para dispositivos IoT, pois consomem menos energia e são mais eficientes em operação. Devido ao uso desta tecnologia, recomenda-se usar a versão Bluetooth 4.2 ou superior para ter uma melhor taxa de transmissão de dados.

A funcionalidade de dispositivos emparelhados permite verificar todos os dispositivos que foram conectados à plataforma IoT Central Hub. Assim, é possível identificar a lista de dispositivos autorizados a realizar solicitações de parâmetros para o gerenciamento do outro dispositivo. Quando um comando é acionado, uma lista de dispositivos é mostrada, mas por razões de segurança alguns dispositivos omitem essas informações, e ela não é completamente identificada. Às vezes, o nome do aplicativo não é identificado, por razões de privacidade, e apenas o endereço MAC dos dispositivos é exibido. A funcionalidade do envio de parâmetros é a mais complexa em comparação com outros desenvolvimentos na plataforma IoT Central Hub. Esta função pretende ser o principal valor agregado para desenvolvimentos futuros. Essa função abre uma linha de pesquisa para explorar inúmeras possibilidades para adicionar novas funcionalidades e enriquecer ainda mais a aplicação do IoT Central Hub. Para o desenvolvimento da funcionalidade de envio de parâmetros, foi necessário criar uma tela adicional para permitir melhor usabilidade ao usuário e trazer melhores benefícios para o aplicativo. Assim, como mostrado na Figura 3, é possível identificar os recursos desenvolvidos para o envio de mensagens e novos parâmetros para o dispositivo conectado. Além disso, você pode verificar automaticamente a função de nível de bateria já adicionada ao aplicativo que o dispositivo local é identificado automaticamente. Em seguida, quando um novo dispositivo é conectado, ele é atualizado com as informações de nível de bateria do novo dispositivo. Na segunda tela desenvolvida para a plataforma IoT Central Hub está a principal funcionalidade do aplicativo, enviando uma mensagem para o dispositivo remoto, verificando o status da bateria do dispositivo local e remoto e enviando parâmetros para os outros.

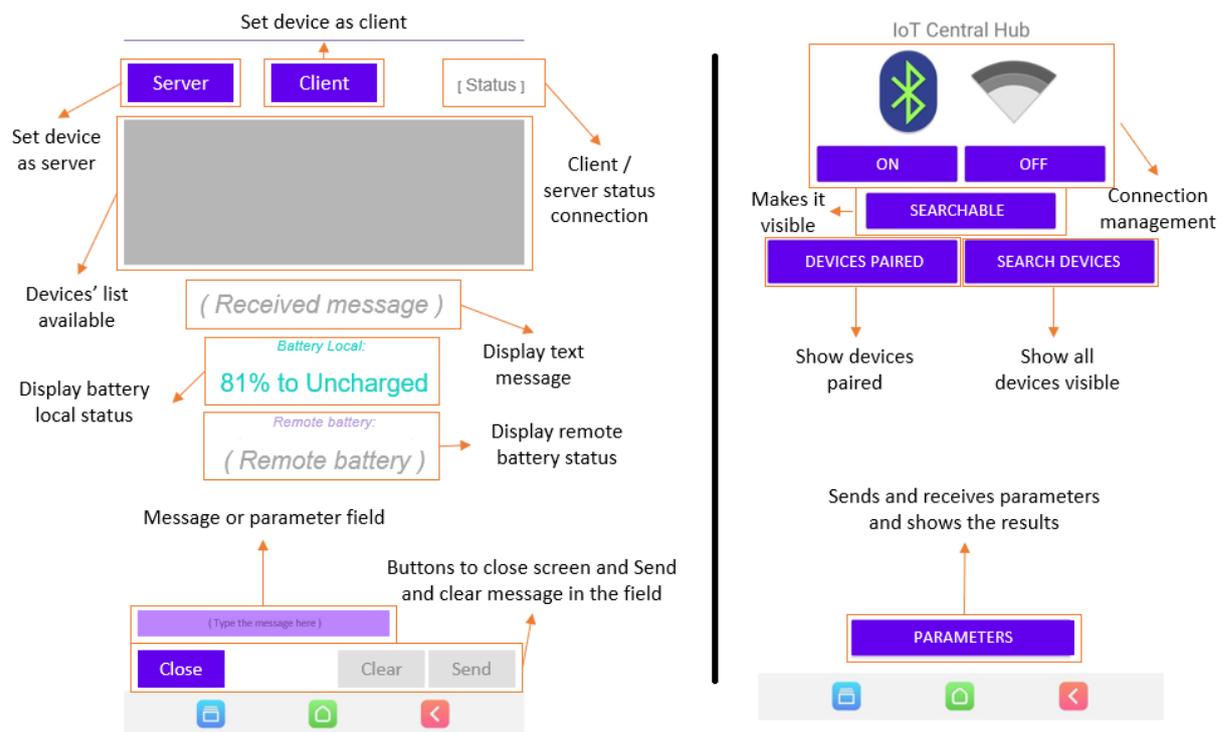


Figura 3 - IoT Central Hub funcionalidades

4.3. AVALIAÇÃO DO IOT CENTRAL HUB

A plataforma IoT Central Hub foi transferida para um ambiente controlado para testes e avaliações de usuários. Inúmeros testes foram realizados para certificar a instabilidade do sistema e a ratificação dos resultados esperados. Além disso, alguns usuários domésticos foram escolhidos completamente aleatoriamente com base em perfis técnicos como idades, escolaridade e áreas de atuação. Em relação à idade, os entrevistados foram agrupados por intervalos que poderiam facilitar os resultados da pesquisa. Assim, foram agrupados da seguinte forma: o grupo um tem pessoas entre dezesseis e vinte anos. No grupo dois, havia pessoas entre 21 e 25 anos. No grupo três, participaram de 26 a 30 e, para terminar, o grupo quatro abrange pessoas entre 31 e 55 anos. A pesquisa tem como objetivo selecionar pessoas das mais variadas formas possíveis para ter uma ampla compreensão do nível de satisfação, aceitabilidade, usabilidade, adaptabilidade e funcionalidade. Dentro desses grupos de usuários domésticos há duas pessoas da tecnologia, quatro de estudos e comunicações de seres humanos sociais, duas de marketing, duas de finanças e duas não-graduadas. A faixa etária é entre dezesseis e cinquenta e cinco anos e todos com mais de vinte anos estão ativos no mercado de trabalho no momento da pesquisa. Os testes elaborados sobre o protótipo da plataforma IoT Central Hub foram realizados da mesma forma pelo desenvolvedor e pelos respondentes da pesquisa. O teste com o desenvolvedor foi elaborado pessoalmente e com o monitoramento dos resultados a ser adicionado à pesquisa, enquanto os testes com as pessoas convidadas foram preparados virtualmente, com assistência em determinados momentos específicos de acordo com suas necessidades para a pesquisa. No ambiente auxiliado pelo desenvolvedor, foram utilizados dois dispositivos inteligentes da marca Samsung, sendo um smartphone modelo Galaxy A41 (versão: SM-A415F/DSN) e um tablet modelo Galaxy S6 (versão: SM-P610), ambos utilizando tecnologia de conectividade Bluetooth, com o smartphone configurado como cliente e o tablet como o servidor. Ambos os dispositivos foram usados para coletar e enviar dados um para o outro, enviando dados sobre o estado da bateria dos dispositivos conectados. Após a instalação, o usuário passou para a próxima etapa de uso do aplicativo, conexão e utilização das funcionalidades disponíveis no aplicativo IoT Central Hub. As pessoas que classificaram o aplicativo como mais fácil de usar estão entre os grupos um e dois quando não conseguiram qualquer explicação, conforme o resumo detalhado na figura 4. No entanto, após explicar o uso e a interferência durante o uso, os participantes dos grupos três e quatro tiveram melhor desempenho.

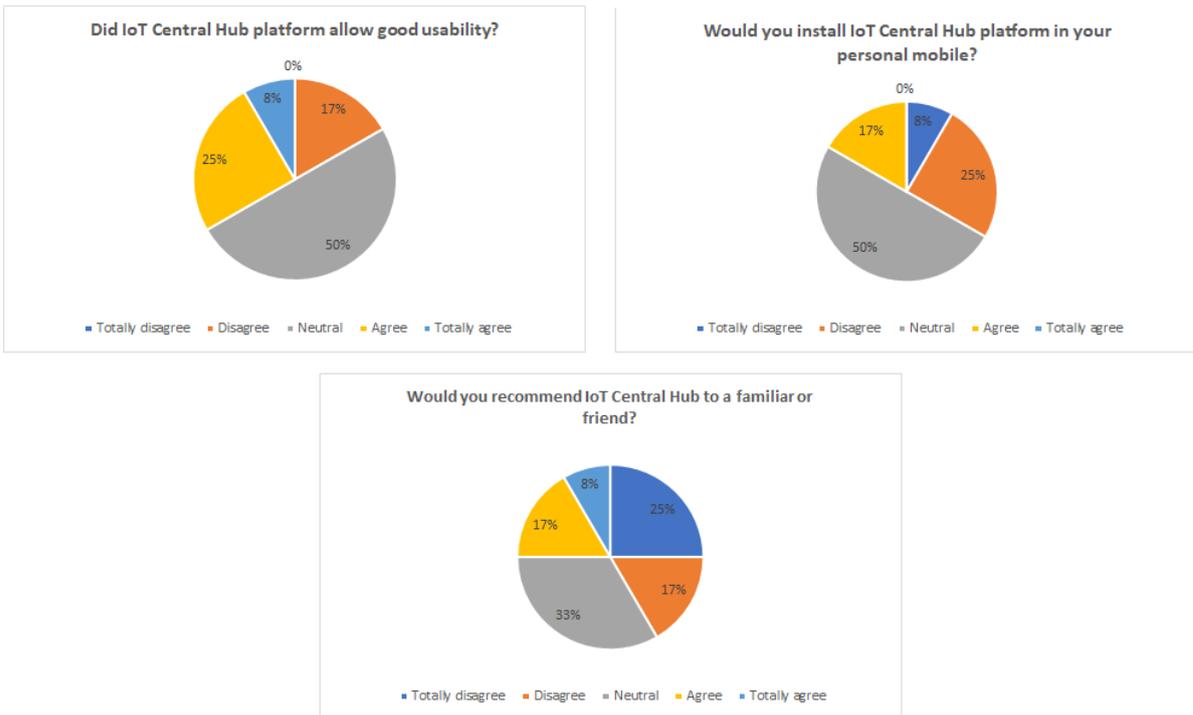


Figura 4 - Resultado da pesquisa

5. CONCLUSÕES

Os dispositivos inteligentes no mercado têm a capacidade de criar uma interação e dinamismo sobre as informações que as pessoas recebem dos dispositivos. Esses dispositivos trazem muitos benefícios e agregam valor à vida das pessoas, pois facilitam a população toda a atividade diária. Com base nisso, os dispositivos IoT têm sido satisfeitos e popularizados entre todos os grupos sociais, como já foi mencionado durante todo o trabalho de pesquisa.

No entanto, a popularização dos dispositivos IoT, naturalmente aumentou a complexidade e o número significativo de oportunidades no mercado. Portanto, a solução da plataforma IoT Central Hub trouxe um grande benefício para os usuários domésticos que não têm nenhum conhecimento técnico sobre essa tecnologia emergente. Assim, como mostrado no capítulo anterior, a plataforma IoT Central Hub está atingindo parcialmente as metas, pois a ausência de recursos adicionais e uma interface mais atraente são alguns dos principais pontos que limitam completamente a alcançar as metas. Mas, mesmo assim, a plataforma IoT Central Hub apresenta uma característica significativa de controlar dispositivos locais e remotos de forma muito intuitiva. Assim, o usuário tem a vantagem de usar uma única plataforma para gerenciar seus dispositivos IoT instalados em seu smartphone.

Esta pesquisa foi capaz de apresentar o protótipo de plataforma IoT Central Hub totalmente utilizável e testável pelo usuário, criando uma solução heterogênea, escalável e boa usabilidade. A plataforma também permite uma enorme gama de expansão de módulos de funcionalidade e integração para novos recursos a serem adicionados. Assim, o protótipo desenvolvido dá origem a amplas possibilidades de estudo para futuras melhorias no sistema.

Finalmente, a plataforma IoT Central Hub apresentou os resultados dos testes realizados pelo desenvolvedor e pelos usuários, como o bom desempenho de recursos e a usabilidade que foi proposto no início da pesquisa. Assim, podemos concluir que a plataforma de gerenciamento de dispositivos inteligentes pode ser instalada e implementada para ser usada por usuários domésticos com menor complexidade.



REFERENCES

- ANTUNES, J. B.** Uma plataforma para gerenciamento e aplicações em internet das coisas. *Belo Horizonte*, 87, 2016.
- ATZORI, L., IERA, A., & MORABITO, G.** The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805. 2010
- BARROS, E. B. C.** *Universidade Federal de Sergipe - Centro de Ciência Exatas e Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. São Cristóvão-Sergipe 2015.*
- CHAQFEH, M. A., & MOHAMED, N.** Challenges in middleware solutions for the internet of things. *Proceedings of the 2012 International Conference on Collaboration Technologies and Systems, CTS 2012*, 21–26. 2012.
- CHEN, S., XU, H., LIU, D., HU, B., & WANG, H.** A vision of IoT: Applications, challenges, and opportunities with China Perspective. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(4), 349–359. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2337336>, 2014.
- DAVE EVANS, A.** *Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG) A Internet das Coisas Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo*, 2011.
- DELICATO, F. C., PIRES, P. F., & BATISTA, T.** Middleware Solutions for the Internet of Things. In *Automation Control - Theory and Practice*. <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4471-5481-5%0Ahttp://www.intechopen.com/books/automation-control-theory-and-practice/challenges-of-middleware-for-the-internet-of-things>, 2013.
- GUBBI, J., BUYYA, R., MARUSIC, S., & PALANISWAMI, M.** Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>, 2013.
- KEVIN ASTHON.** That ' Internet of Things ' Thing. *RFID Journal*, 4986.
- Kramp, T., van Kranenburg, R., & Lange, S. (2013). Introduction to the internet of things. In *Enabling Things to Talk: Designing IoT Solutions with the IoT Architectural Reference Model*.
- MA, M., WANG, P., & CHU, C. H.** Data management for internet of things: Challenges, approaches and opportunities. *Proceedings - 2013 IEEE International Conference on Green Computing and Communications and IEEE Internet of Things and IEEE Cyber, Physical and Social Computing, GreenCom-IThings-CPSCom 2013*, 1144–1151, 2013
- MAROTTA, M. A., CARBONE, F. J., DE SANTANNA, J. J. C., & TAROUÇO, L. M. R.** Through the internet of things - A management by delegation smart object aware system (MbDSAS). *Proceedings - International Computer Software and Applications Conference, June*, 732–741. <https://doi.org/10.1109/COMPSAC.2013.122>, 2013.
- MIORANDI, D., SICARI, S., DE PELLEGRINI, F., & CHLAMTAC, I.** Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497–1516, 2012.
- NAKAGAWA, E. Y., OLIVEIRA ANTONINO, P., & BECKER, M.** Reference architecture and product line architecture: A subtle but critical difference. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 6903 LNCS, 207–211, 2011.
- PIRES, P. F., DELICATO, F. C., BATISTA, T., BARROS, T., CAVALCANTE, E., & PITANGA, M.** Plataformas para a Internet das Coisas. *Anais Do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*, 110–169, 2015.
- RAZZAQUE, M. A., MILOJEVIC-JEVRIĆ, M., Palade, A., & Cla, S.** (2016). Middleware for internet of things: A survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 3(1), 70–95. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2015.2498900>, 2016.
- Rodrigues, B.** *AutoDev- A system to simplify configuration processes of IoT devices for domestic users*, 2018.
- VASSEUR, J., & DUNKELS, A.** Chapter 16 The 6LoWPAN Adaptation Layer. *Interconnecting Smart Objects with IP - The Next Internet*, 230–249, 2010.
- YIN, X., LIU, J., CHENG, X., ZENG, B., & XIONG, X.** A low-complexity design for the terminal device of the urban IoT-oriented heterogeneous network with ultra-high-speed OFDM processing. *Sustainable Cities and Society*, 61(March), 102323, 2020.