

# SMART CITIES MOBILITY – UM PROJETO DE AUTOMAÇÃO VOLTADO PARA OTIMIZAÇÃO DA LOGÍSTICA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO POR MEIO DE GPS E REDE DE COMUNICAÇÃO

Gabriel Dornellas Pianez <sup>1</sup>; Thiago Teodoro Peres <sup>2</sup>; Wânderson de Oliveira Assis <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Aluno de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM-CEUN-IMT);

<sup>1</sup> Aluno de Pós-Graduação da Escola de Engenharia Mauá (EEM-CEUN-IMT);

<sup>3</sup> Professor da Escola de Engenharia Mauá (EEM-CEUN-IMT).

**Resumo.** Neste trabalho pretende-se desenvolver uma aplicação de automação e logística voltado para a área de Cidades Inteligentes (Smart City) onde o objetivo é desenvolver um sistema integrado de comunicação entre veículos de transporte urbano (ônibus), usuários presentes em pontos de espera e empresas responsáveis pelo oferecimento do serviço, de forma a melhorar a qualidade do serviço prestado e com isso aumentar o grau de satisfação dos usuários. A principal contribuição esperada consiste no desenvolvimento de uma rede de comunicação incluindo sistema de posicionamento global (GPS) inserido nos veículos de transporte, interfaces de acesso para usuários instaladas nos pontos de ônibus e computadores para monitoramento em tempo real nas empresas de ônibus. A proposta pode contribuir para a melhoria da qualidade do serviço prestado pelas empresas de ônibus, reduzir o acúmulo de passageiros nos mesmos e com isso aumentar o grau de conforto para os usuários. Adicionalmente permite apresentar para os usuários informações importantes tal como estimava do tempo de espera nos pontos de ônibus além de contribuir para otimizar o tráfego de transporte coletivo visando atender a demanda de passageiros monitorada em tempo real.

## Introdução

Mobilidade urbana consiste na avaliação das condições de deslocamento da população nas cidades, e refere-se ao trânsito de veículos e pedestres, quer seja por meio de transporte individual (carros, motos, entre outros), ou por meio de transportes coletivos, tais como ônibus e metrô.

Em grandes cidades do país, a questão da mobilidade urbana tem sido tratada com bastante critério com o objetivo de propor soluções que minimizem os congestionamentos e o excesso de pedestres em áreas centrais dos espaços urbanos. O problema é agravado com o aumento do uso de transportes individuais em detrimento da utilização de transportes coletivos, o que corrobora para o aumento dos congestionamentos e seu impacto ambiental devido à poluição, resultando além disso numa insatisfação da população sobretudo devido ao elevado tempo necessário para o deslocamento das pessoas na cidade.

Diante do exposto, projetos voltados para a melhoria da qualidade do serviço de transporte urbano oferecidos nas cidades, podem contribuir para atrair pessoas para usufruírem desse serviço e com isso podem possivelmente reduzir os problemas associados à mobilidade urbana nas grandes cidades. Mesmo sabendo que há uma importante dependência da conscientização da população, qualquer medida que propicie ao usuário do transporte urbano atrativos com melhoria no serviço tais como, aumento no conforto ou diferenciais em relação ao que hoje é praticado, pode ser certamente bastante relevante. Nesse sentido, neste projeto pretende-se desenvolver um sistema de automação

e logística para melhoria do serviço prestado pelas empresas de transporte urbano no qual a população será a grande beneficiada, pois a solução permitirá a melhoria da logística de oferecimento do transporte, resultando em redução do acúmulo de passageiros nos ônibus, bem como permitirá ao usuário obter informações importantes tal como a estimativa do tempo de espera nos pontos de ônibus ou terminais. Adicionalmente, permitirá às empresas responsáveis pelo serviço obter melhor controle e logística do oferecimento de ônibus, além de mais fácil identificação de problemas que resultem em interrupção na operação de veículos, por exemplo, devido acidentes ou quebras. A proposta se encaixa em uma tendência promissora para as próximas décadas que é criação de Cidades Inteligentes (*Smart Cities*). O termo Cidades inteligentes (CI) refere-se a projetos nos quais um determinado espaço urbano é palco de experiências de uso intensivo de tecnologias de comunicação e informação sensíveis ao contexto de Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*), de gestão urbana e ação social dirigidos por dados (*Data-Driven Urbanism*). Esses projetos agregam, portanto, três áreas principais: Internet das Coisas, *Big Data* e Governança Algorítmica (gestão e planejamento com base em ações construídas por algoritmos aplicados à vida urbana). Em suma, consiste na utilização da tecnologia para melhorar a infraestrutura urbana e tornar os centros urbanos mais eficientes e melhores de se viver.

## Objetivos

O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema de comunicação em rede que permita integrar veículos de transporte urbano (ônibus) e pontos de espera para otimizar o tráfego visando atender a demanda de passageiros. Para isso, o sistema incluirá:

- a) sistema de posicionamento global (GPS) incorporado nos ônibus, para permitir sua localização;
- b) sistema de monitoramento do fluxo de passageiros nos pontos de ônibus – utilizando sensores ou interfaces acessíveis pelos passageiros, para identificar o número de passageiros aguardando pela chegada do veículo;
- c) interface para usuários para informar uma previsão do tempo de espera até a chegada do transporte;
- d) interface para empresas de transporte urbano informando sobre a previsão da lotação estimada dos ônibus com base no acúmulo de passageiros em cada ponto de ônibus; a informação permitirá prever ações para melhorar a qualidade do serviço; além disso, o sistema com GPS permitirá rápida identificação de problemas como, quebra de ônibus ou acidentes.
- e) desenvolver uma interface para interação com usuários em pontos de ônibus; a interface permitirá ao usuário a visualização da rota dos ônibus e a estimativa de tempo de espera até a chegada; adicionalmente, ao informar a linha na qual o passageiro irá embarcar, essa informação poderá ser armazenada e transmitida pela rede integrada para a empresa responsável pelo serviço de forma que essa poderá ter informações a respeito da previsão da lotação dos veículos e com isso otimizar a logística de oferecimento do transporte.

## Materiais e Métodos

Para a construção do sistema de monitoramento do sinal do sensor, foram utilizados os seguintes dispositivos:

- **Arduino Duemilanove** – Arduino Duemilanove é uma plataforma de hardware livre, projetada com um microcontrolador Atmel AVR (Atmega328) a qual possui 14 pinos de entrada e saída digital e 6 entradas analógicas. É o dispositivo no qual será conectado o módulo GPS juntamente com o módulo transmissor RF.
- **Arduino Mega** – Microcontrolador semelhante ao duemilanove. Porém com uma maior capacidade de processamento. Por ser mais potente, será utilizado como receptor de dados e servidor, enviando os dados para a nuvem utilizando a plataforma desenvolvida pela IBM, o BlueMix.
- **Arduino Ethernet Shield 2** – O Shield permite conectar o Arduino na Internet através do chip Wiznet W55500 quem contém um IP e é capaz de realizar conexões TCP e UDP.
- **Módulo de Rádio Frequência de 433MHZ** – Permite fazer a troca de dados entre dois dispositivos, usado para enviar informações da posição gps para um arduino utilizado como servidor.
- **Arduino GPS Shield** – Shield acoplado ao Arduino, por meio da comunicação GPS, retorna os valores de latitude e longitude do ponto que está localizado. Utilizado para obtenção da posição de cada ônibus.

Os seguintes softwares foram utilizados durante o projeto:

- **Compilador Arduino** - Aplicativo em C++/C que consiste no ambiente de programação, compilação e gravação do Arduino Duemilanove e Mega (ROBERTS, 2015).
- **IBM Bluemix** - **IBM Bluemix** é a oferta de nuvem mais recente da IBM. Permite que as organizações e os desenvolvedores criem, implementem e gerenciem aplicativos na nuvem de maneira fácil e rápida. O Bluemix é uma implementação da Arquitetura de Nuvem Aberta da IBM baseada em *Cloud Foundry*, uma plataforma como serviço (PaaS) de código aberto. O Bluemix oferece serviços em nível empresarial que podem ser facilmente integrados aos seus aplicativos de nuvem sem que seja necessário saber como instalá-los ou configurá-los. Este artigo oferece uma breve descrição sobre o *Cloud Foundry* e o IBM Bluemix e define as características e os serviços que fazem parte do Bluemix e que o tornam uma plataforma como serviço muito atraente para o mercado atual.
- **Node-Red** - O Node-Red é uma plataforma *online* que é compatível com diversos microcontroladores conhecidos como o Arduino, Raspberry Pi, Beaglebone e Intel Edison com intuito de fazer uma ponte com a *Internet das Coisas*. Funciona com base no Node.js, e é configurável na sua maioria visualmente, tratando-se de a pessoa escolher as funções pré-definidas que pretende utilizar, arrastar para o *workspace* e ligar com uma espécie de fio cada bloco, um pouco parecido com a filosofia dos softwares/aplicativos *Scratch*, LabVIEW e MIT App Inventor, funcionando em Windows, Mac e Linux. Foi utilizada uma extensão do Node Red, chamada World Map, para exibir a localização do ônibus.

## Desenvolvimento

O projeto foi dividido em quatro etapas, constituídas por:

- desenvolver uma solução capaz de enviar dados contendo informações do veículo a ser monitorado, para um *gateway*;
- aquisição da posição utilizando módulo GPS;
- realizar o *upload* de dados e armazená-los em uma “nuvem”;
- exibição dos dados em uma plataforma de fácil interação com o usuário, facilitando o entendimento e tornando acessível para qualquer usuário.

### a) Comunicação entre *Devices*

Visando realizar a comunicação sem fio entre os dispositivos, utilizou-se módulos RF de 433 MHz, os quais apesar de não possuir um alcance elevado (até 500 ~1000 m), é suficiente para enviar as informações, pois a distância entre os pontos de ônibus tendem a ser pequenas.

A comunicação utilizando RF é extremamente simples, e consiste em um módulo transmissor conectado ao Arduino móvel (acoplado ao ônibus), e de um módulo receptor localizado nos pontos de ônibus (Figura 1) (RODRIGUEZ, 2017). Para possibilitar o mesmo módulo receptor receber informações de diferentes transmissores, cada transmissor possui um próprio ID implementado através de uma lógica computacional, possibilitando ao *gateway* saber de qual transmissor se trata tal informação recebida. Assim, seria possível atingir um número quase ilimitado de ônibus monitorados, dependendo apenas da capacidade de monitoramento (frequência de leitura de comandos) no processador do Arduino conectado no módulo receptor.



(a) Módulo Transmissor

(b) Módulo receptor

Figura 1 – Módulo de Rádio Frequência Utilizados

Para permitir um alcance maior outros módulos podem ser adicionados em cada ponto de ônibus criando uma rede de comunicação. Essa proposta não foi implementada nestes projeto, mas bastaria uma adaptação para atingir esse objetivo.

### b) Posição utilizando GPS

Um dos objetivos do projeto é exibir a localização de cada ônibus em tempo real. Para isso, um módulo GPS (Figura 2) foi conectado ao Arduino transmissor (DUINOPEAK, 2017). Cada módulo GPS retorna um conjunto de caracteres denominados pelo NMEA, um padrão de dados utilizado em todos os dispositivos que usam localização por GPS. Para o tratamento de dados, utilizamos uma biblioteca para Arduino denominada TinyGps++ onde através dos caracteres fornecidos pelo NMEA, a biblioteca nos retorna através de uma função os dados de latitude e longitude.

Com esses dados separados, converte-se seu tipo para uma variável *string* onde são concatenados latitude e longitude. Sendo assim, é possível enviar dados por RF para

o dispositivo receptor que será uma espécie de servidor, fazendo o *upload* desses dados para a nuvem.



Figura 2 – Módulo GPS SparkFun Venus

### c) Dados em Nuvem

Após receber os dados contendo a localização do dispositivo, o *gateway* conectado à Internet realiza o *upload* de dados para um serviço de *cloud*. Optou-se por se utilizar a tecnologia oferecida pela IBM, denominada Bluemix, a qual é constituída de um conjunto de aplicações e soluções desenvolvidas pela IBM para trabalhos e projetos visando o uso da nuvem e Internet das Coisas (Figura 3) (BROWN, 2017) (IBM, 2017) (IBM BLUEMIX, 2016) (JAVED, 2017).

O Bluemix é uma plataforma de acesso livre, mediante um cadastro do usuário, desde que não seja excedida uma certa capacidade de armazenamento no servidor na nuvem. Atendendo a esta especificação e se o projeto a ser realizado tem objetivo acadêmico (educação), não há custos envolvidos. Contudo, se a aplicação é utilizada para fins comerciais, ou se há necessidade de armazenamento em banco de dados e exigindo elevada capacidade de memória, há taxas a serem pagas pelo usuário, embora não sejam custos elevados.

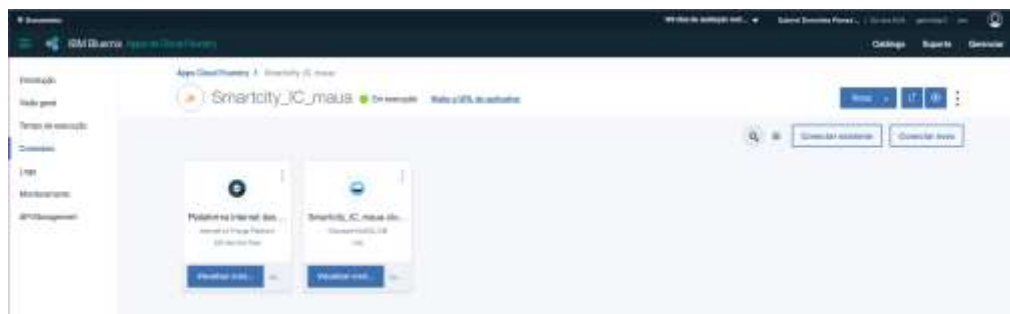


Figura 3 – Aplicativos utilizados na plataforma IBM Bluemix

#### - Plataforma Internet Of things:

É uma plataforma onde é possível cadastrar dispositivos (*devices*), enviar e receber informações do mesmo, tudo isso utilizando o servidor de *cloud* fornecido pela IBM. Em um primeiro momento, deve-se cadastrar um dispositivo, sendo que cada dispositivo tem seu próprio *device type*, *device id* e *organization id* sendo quase impossível dois dispositivos idênticos se conectarem à mesma aplicação.

### - Conexão entre Arduino e Bluemix

Um *shield ethernet* conectado ao Arduino, juntamente com o uso da biblioteca PubSub (Figuras 4 e 5), o qual possibilita a conexão com a Internet por meio do protocolo de conexão MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), um protocolo de mensagens leve para sensores e pequenos dispositivos móveis otimizado para redes TCP/IP não confiáveis ou de alta latência (SUHANKO, 2015). O Arduino se comunica com o servidor de *cloud* da IBM e envia os dados que serão utilizados posteriormente e exibidos em um mapa iterativo.

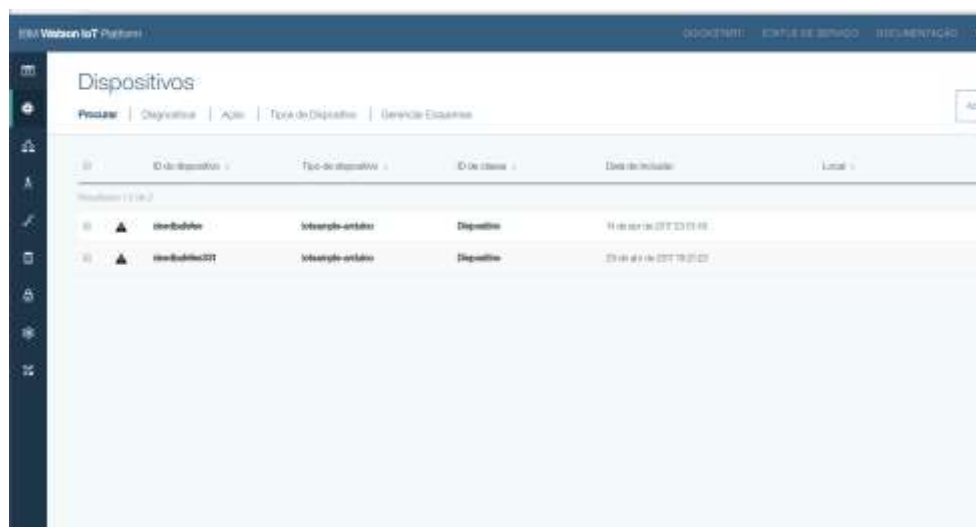
### d) Tratamento de dados

#### - World Map NodeRed

Após a coleta de todos os dados, deve-se fornecer uma solução para conseguir exibir estes valores de latitude e longitude para o usuário final. Optou-se por utilizar a plataforma Node-RED, um App compatível com Node Red chamado World Map, o qual serve para exibir as informações de latitude e longitude em um mapa iterativo. A aplicação desenvolvida é apresentada na Figura 6 (WORDPRESS, 2017).

Acessando o link <https://smartcityicmaua.mybluemix.net/worldmap/>, o usuário será direcionado para uma página onde será exibida a localização de cada ônibus, o World Map é uma aplicação que possibilita ao usuário:

- inserir pontos em determinadas localizações do mapa;
- medir a distância entre os pontos;



The screenshot shows the 'Dispositivos' (Devices) page in the IBM Watson IoT Platform. It features a table with columns for 'ID do dispositivo', 'Tipo de dispositivo', 'ID de classe', 'Data de inclusão', and 'Local'. Two devices are listed: 'nodebus01' and 'nodebus02', both of type 'Dispositivo' and associated with the class 'icmaua-arduino'. The table also includes a search bar and a 'Atualizar' (Refresh) button.

ID do dispositivo	Tipo de dispositivo	ID de classe	Data de inclusão	Local
nodebus01	icmaua-arduino	Dispositivo	14 de mar de 2017 23:23:48	
nodebus02	icmaua-arduino	Dispositivo	23 de abr de 2017 19:27:07	

Figura 4 – *Devices* Configurados para Receber Dados Via MQTT

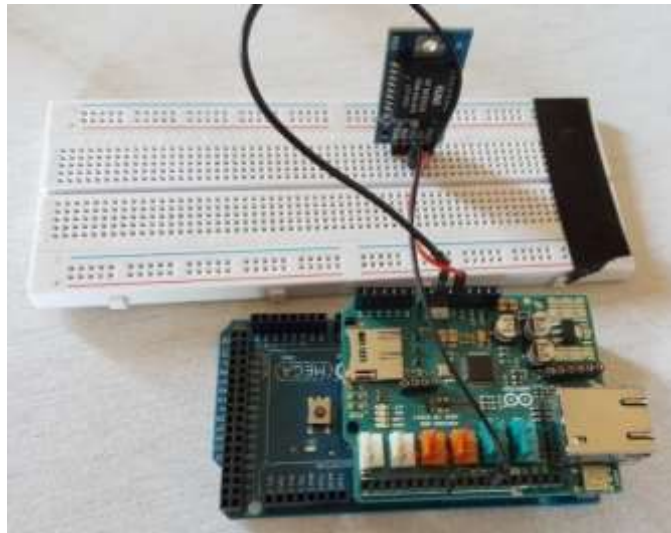


Figura 5 – Circuito Receptor acoplado ao *Shield Ethernet*

- Fazer a pesquisa de determinada linha de ônibus;
- Trocar o modo de exibição do mapa;
- Visualizar a previsão do tempo para região;
- Exibir sua localização no mapa.

Algumas dessas funcionalidades estão representadas na Figura 7.

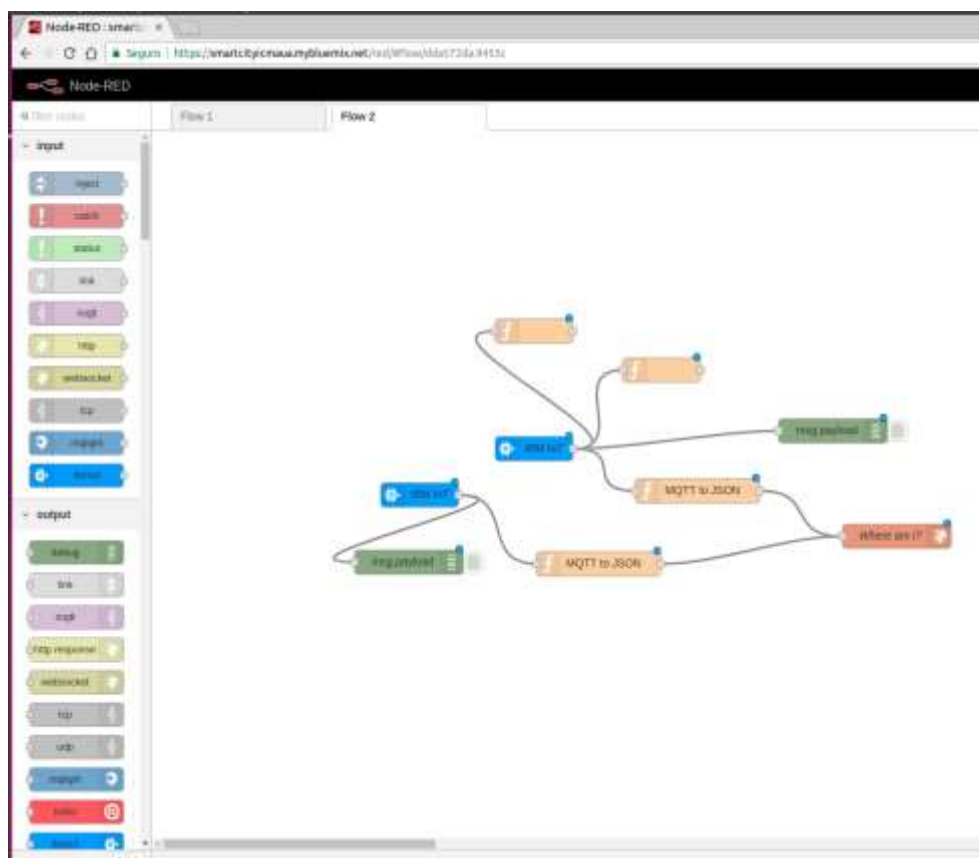


Figura 6 – Node-RED Workspace



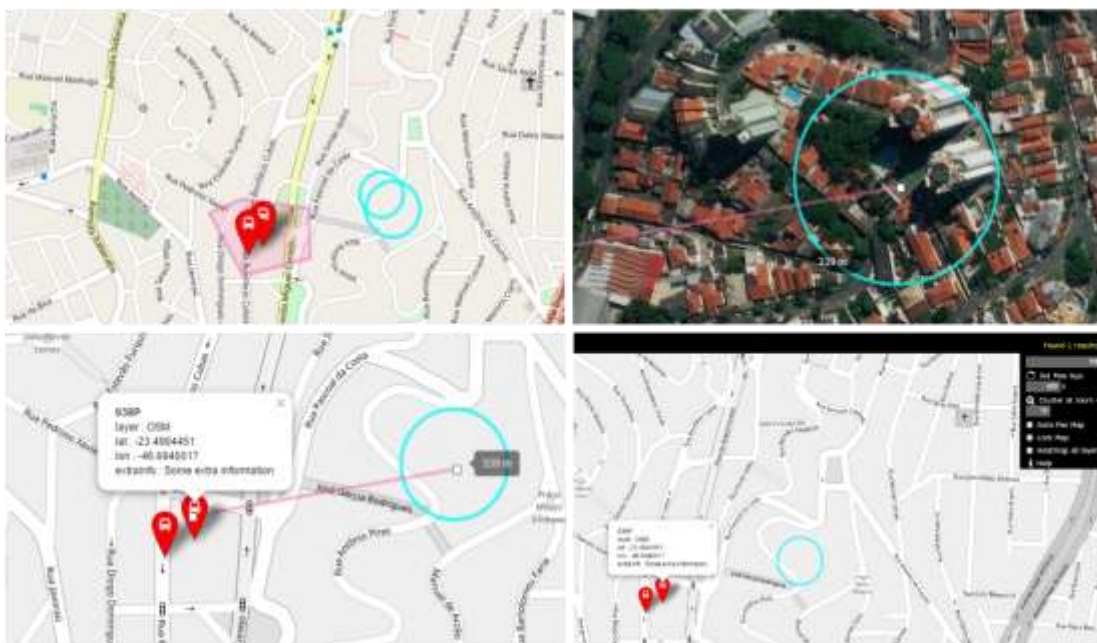


Figura 7 – Aplicativo World Map

## Conclusões

A parte inicial do projeto foi realizada com êxito, sendo desenvolvida uma interface gráfica através da plataforma NodeRed® capaz de monitorar e exibir a localização de cada ônibus sendo que o mesmo é equipado com um aparelho GPS e cadastrado no serviço de *cloud* provido pela IBM. A proposta foi desenvolvida por meio da solução denominada BlueMix, a qual permite ao usuário realizar buscas de qualquer linha de ônibus cadastrados. Embora o alcance do módulo RF utilizado seja relativamente pequeno, ele é suficiente na maioria dos casos, devido à proximidade entre os pontos de ônibus. Outras estratégias para transmissão sem fio (wireless) podem ser desenvolvidas, tais como a utilização de módulos com maior alcance, tais como os módulos LoRa (Long Range wireless communications).

O conceito de *Smart City* é muito mais abrangente se comparado com o projeto retratado neste artigo. Porém a ideia é dar continuidade ao projeto, adicionando funcionalidades importantes, como a possibilidade de comunicação mutua entre usuário e o provedor de informações, permitindo assim que o usuário consiga informar qual o trajeto que ele busca, retornando assim as possibilidades de rotas e os respectivos ônibus possíveis.

Um diferencial deste projeto em relação a aplicativos de guia de rotas já disponíveis no mercado, seria o monitoramento e análise de dados em tempo real. Isso torna possível ter conhecimento da quantidade de pessoas que estão à procura de determinada linha. Fazendo o tratamento dos dados, é possível remanejar ônibus reservas para atender a demanda da linha em determinados horários, evitando assim a superlotação ou a circulação de ônibus com poucos passageiros, beneficiando tanto o usuário quanto a empresa responsável pelo transporte.

Apesar do conceito de *Smart City* ser recente principalmente no Brasil, é observado um grande interesse em desenvolver o projeto, devido aos benefícios tanto de qualidade de vida quanto ao retorno financeiro proporcionado pela otimização do transporte público em grandes centros urbanos. Portanto é esperado um grande avanço no tópico deste artigo nos próximos anos, dando continuidade à pesquisa aqui abordada.



## Referências Bibliográficas

BROWN, Kyle. **Desenvolva um sensor de temperatura pronto para nuvem com o Arduino Uno e o IBM IoT Foundation, Parte 2: Escreva o sketch e conecte ao Quickstart do IBM IoT Foundation.** 2014. Disponível em: <<https://www.ibm.com/developerworks/br/cloud/library/cl-bluemix-arduino-iot2/>>. Acesso em: 01 abr. 2017.

DUINOPEAK. **Hookup Guide and Simple Test GPS.** 2017. Disponível em: <<http://www.duinopeak.com/learn/hookup-guide-and-simple-test>>. Acesso em: 15 maio 2017.

IBM. **How to Register Devices in IBM Watson IoT Platform.** 2016. Disponível em: <<https://developer.ibm.com/recipes/tutorials/how-to-register-devices-in-ibm-iot-foundation/>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

IBM BLUEMIX. **CONNECTING a Device using Internet of Things of Bluemix.** 2016. Disponível em: <[https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/941f1004-4e3d-4a4b-87ed-30d8045fde4e/resource/IBM Bluemix Tutorial - Connecting a Device using Internet of Things of Bluemix v1.1\\_files/IBMBluemixTutorial-ConnectingaDeviceusingInternetofThingsofBluemixv1.1.pdf?lang=en](https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/941f1004-4e3d-4a4b-87ed-30d8045fde4e/resource/IBM%20Bluemix%20Tutorial%20-%20Connecting%20a%20Device%20using%20Internet%20of%20Things%20of%20Bluemix%20v1.1_files/IBMBluemixTutorial-ConnectingaDeviceusingInternetofThingsofBluemixv1.1.pdf?lang=en)>. Acesso em: 05 abr. 2017.

JAVED, Adeel. **Criando projetos com Arduino para a Internet das Coisas.** São Paulo: Novatec, 2017. 280 p.

ROBERTS, Michael Mc.. **Arduino Básico.** 2. ed. São Paulo: Novatec, 2015. 512 p.

RODRIGUEZ, Jhoan Sebastian. **Arduino With RF Module, Custom Data Transmission.** 2014. Disponível em: <<http://www.libremechanics.com/?q=node/31>>. Acesso em: 08 maio 2017.

SUHANKO, DJames. **IoT – Configurando um MQTT broker.** 2015. Disponível em: <<http://www.dobitaobyte.com.br/iot-configurando-um-mqtt-broker/>>. Acesso em: 01 abr. 2017.

WORDPRESS. **NODE Red Tutorial.** 2015. Disponível em: <<http://noderedguide.com/>>. Acesso em: 07 maio 2017.