

## **SISTEMA DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO DE COMPRIMENTO DE FILAS**

Lucas Cardoso Rodrigues (UFPA) E-mail: lucascardoso0051@gmail.com  
Pedro Barbosa de Sousa Filho (UFPA) E-mail: pedro.ufpa@hotmail.com  
Matheus de Sousa Siqueira (UFPA) E-mail: matheussiqueira.ec@gmail.com  
José Maia Bezerra Neto (UFPA) E-mail: jmbn25@gmail.com  
Marcos Cesar da Rocha Seruffo (UFPA) E-mail: marcos.seruffo@gmail.com

**Resumo:** A internet das coisas (IoT) representa uma evolução, um grande salto na capacidade de coletar, analisar e transmitir dados que podem ser transformados em informações e conhecimento. Neste contexto, este artigo propõe a criação de um sistema de monitoramento de filas de usuários que utiliza técnicas de IoT. Como contribuições destacam-se: (i) sistema de monitoramento de baixo custo; (ii) um estudo de caso feito no restaurante universitário da universidade federal do norte do Brasil. Com o objetivo de criar um sistema capaz de mostrar, em tempo real, o tamanho da fila do Restaurante, podendo ser acessado pelos usuários através do site do RU. Além disso, o projeto visa contribuir para a sustentabilidade do Restaurante.

**Palavras-chave:** Monitoramento, IoT, custo, fila.

## **LOW-COST SYSTEM FOR ROW MONITORING**

**Abstract:** Internet of Things (IoT) represents a great capacity to collect, analyze and transmit data that can be transformed into information and knowledge. This context, this article proposes the creation of a system of monitoring images of personal use of the Internet of Things. How companies stand out: (i) low cost monitoring system; (ii) a study done by a university professor of the federal university of the north of Brazil. With the aim of creating a system capable of displaying, in real time, the size of the restaurant queue, it can be accessed by users through the university restaurant website. In addition, the project aims to contribute to the sustainability of the Restaurant.

**Keywords:** Monitoring, IoT, cost, row.

### **1. Introdução**

Os avanços tecnológicos em eletrônica, microeletrônica e sistemas digitais eletrônicos, possibilitaram o desenvolvimento de dispositivos e sistemas embarcados de pequeno porte, baixo consumo de energia e multifuncionais. A utilização desses circuitos propicia inovações em diversas áreas, gerando uma gama de aplicações para resolução de problemas diversos.

Dentre os avanços tecnológicos, se destaca a miniaturização dos componentes que favorece muito a expansão da Internet das Coisas ou IoT (Internet of Things), que propõe conectar objetos do cotidiano à Internet, possibilitando a automação e controle de diversos processos. É comum a utilização de sensores e circuitos integrados nesse processo, devido à grande diversidade de documentação e baixo custo, facilitando a etapa de prototipagem.

De acordo com Deshmukh (2005), atualmente é comum o uso de microcontroladores para propostas relacionados a monitoramento e controle de processos, pela grande versatilidade desses componentes (DESHMUKH, 2005).

O monitoramento de vagas em estacionamentos, de objetos em uma cadeia de produção industrial e o comportamento do comprimento de uma fila de usuários são exemplos de aplicabilidade destas técnicas. A análise do comportamento da fila de usuários, através das técnicas de monitoramento associadas a IoT, é uma aplicação

multidisciplinar, que beneficia os usuários e gestores, com informações em tempo real da fila e geração de dados para predição e melhora de atendimento.

Em qualquer negócio, um dos fatores determinantes para definir o sucesso do mesmo é o fator qualidade de atendimento. Nesse contexto, um dos principais pontos é o tempo de espera em filas, que acaba gerando frustração nos usuários, criando uma má reputação para a empresa em questão. Dessa forma, a coleta de dados acerca do comprimento da fila em diferentes horários, pode ajudar no planejamento e consequentemente na melhoria do atendimento.

A proposta do trabalho é baseada em hardware de baixo custo, a plataforma Arduino, para monitorar o comprimento de uma fila de usuários, gravar e disponibilizar os dados obtidos através de um banco de dados e uma API. Diante disso, são apresentadas as vantagens da arquitetura Arduino, do banco de dados noSQL MongoDB e da abordagem de JavaScript no lado do servidor, Node.JS.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: na Seção 2 são apresentados os projetos que realizam experimentos de monitoramento e sensoriamento, utilizando técnicas de Iot; alguns conceitos, aplicações e os dispositivos de hardware que serão utilizados no projetos e uma solução baseada em IoT, flexível e de baixo custo, que utiliza sensores para monitorar o comportamento de uma fila de usuários. Na seção 3 é apresentado um estudo de caso, onde a solução proposta é aplicada para o monitoramento da fila formada pelos usuários do restaurante universitário (R.U.) da Universidade Federal do Norte do Brasil, ademais, é feita a discussão sobre como o sistema de monitoramento auxiliar no aumento da arrecadação do RU e na redução do desperdício de comida, discussões que colaboram com o desenvolvimento sustentável do Restaurante, por fim, a Seção 4 aborda as possíveis melhorias no projeto e as principais considerações finais obtidas no presente artigo.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1. Fundamentos Teóricos**

Esta seção apresenta um conjunto de conceitos e tecnologias que foram levados em consideração no desenvolvimento do presente trabalho, visando dar um suporte teórico para entendimento da solução apresentada

#### **IoT**

Internet das Coisas ou IoT (Internet of Things) é uma extensão da Internet atual que conecta os objetos do cotidiano, concedendo aos mesmos capacidade computacional e de comunicação (SANTOS ET AL. 2016). A novidade não é necessariamente a tecnologia, e sim a magnitude que a internet está alcançando. Isso é resultado dos avanços tecnológicos, sobretudo a miniaturização dos componentes eletrônicos e do desenvolvimento de diversos protocolos de comunicação (VERMESAN AND FRIESS, 2014).

Das inúmeras aplicações da IoT, as mais faladas são telemetria, coleta de dados ativamente (interação humano-coisa) ou passivamente (interação coisa-coisa) em ambientes diversos, possibilidade de atuação direta sobre outros objetos, seja de forma provocada ou transparente (FACCIONI FILHO, 2015). É muito comum a utilização da plataforma Arduino nestas aplicações, pois possui uma grande variedade de bibliotecas, é de fácil prototipação e tem um baixo custo.

## **NoSQL**

Por muito tempo, os bancos de dados relacionais foram utilizados para armazenar o que conhecemos como dados estruturados. Os dados são subdivididos em grupos, definidos como tabelas. As tabelas armazenam unidades bem definidas de dados em termos de tipo, tamanho e outros fatores restritores. Cada unidade de dados é uma coluna e cada unidade desse grupo é uma linha, podendo as colunas manterem relações entre si mesmas, é daí que vem a natureza relacional desses bancos. Como consistência é um dos fatores críticos, a escalabilidade horizontal é uma tarefa desafiadora, senão impossível.

Com o advento de aplicações WEB cada vez mais robustas e o advento da IoT com seu imenso fluxo de dados, surgiu a necessidade de se investigar novos meios de armazenar dados. Um dos resultados dessa investigação, foram os bancos de dados não-relacionais, sendo definidos como NoSQL (Not only SQL) no geral, que chegaram para mitigar, principalmente, o problema de escala. De acordo com Parker (2013), o uso da tecnologia NoSQL consegue desempenho igual ou superior a tecnologia SQL, mesmo para uma quantidade não tão grande de dados relacionados (PARKER ET AL, 2013).

## **API**

API (Application Programming Interface/Interface de Programação de Aplicação) é um conjunto de padrões e rotinas inerentes de uma aplicação para utilização das suas funcionalidades por aplicações ou sistemas que não precisam necessariamente saber dos detalhes de implementação do software, apenas usar seus serviços.

No contexto de IoT, a API pode ser vista como o elo de ligação entre a camada física e a camada lógica de um sistema, de modo que a mesma pode ser implementada de diferentes formas dependendo das necessidades de cada solução.

### **3. Formatação de tabelas e figuras**

#### **2.2. Hardware e software do experimento**

No sistema de monitoramento proposto foram usados para seu desenvolvimento, um conjunto de ferramentas de hardware e software, as quais serão apresentadas nesta seção.

##### **2.2.1. Hardware do experimento**

### **Arduino**

De acordo com Banzi (2011), Arduino é uma plataforma aberta de hardware e software, baseada em uma placa simples de entrada e saída de dados (input/output ou I/O) que traz alguns diferenciais com relação a seus concorrentes, como o fato de ser multiplataforma, pode ser usado com o USB sem necessidade de uma porta serial, é uma plataforma aberta, possui baixo custo, foi pensado para o ambiente educacional, entre outros (BANZI, 2011). Como mostrado na Figura 1.



Fonte: Site oficial do Arduino  
Figura 1. Arduino Uno

Dado os fatos citados, é compreensível o porquê o uso da plataforma Arduino se dissemina tão rapidamente entre hobbystas, estudantes, hackers e entusiastas de diversas áreas do saber, gerando uma comunidade ativa de usuários disposta a contribuir entre si, gerando conhecimento e tornando a plataforma uma robusta ferramenta de criação e desenvolvimento.

### **Ethernet shield**

O arduino ethernet shield conecta o Arduino à internet de forma rápida e fácil. Para isso, é necessário plugar a prancha do Arduino conforme apresentado na Figura 2 e conectar a rede com o cabo RJ45. Para a utilização da Ethernet Shield é necessário o Arduino board que opera em voltagem de 5V.



Fonte :alselectro.com  
Figura 2. Arduino Uno com Shield de Ethernet acoplado

A Shield possui também uma Ethernet Controller baseada no chip Ethernet Wiznet W5100 cujo buffer interno é de 16k, velocidade de conexão de 10/100 Mb e por meio de porta SPI contém outro canal de conexão.

### **Sensor ultrassônico**

Como sensor de presença, o tipo escolhido foi o ultrassônico (modelo HC-SR04, vide Figura 3), que é capaz de medir distâncias de 2cm a 4m com precisão e baixo custo. Este módulo possui um circuito emissor e receptor integrados e 4 pinos (VCC, Trigger, ECHO, GND).



Fonte :alselectro.com

Figura 3. Sensor Ultrassônico HC-SR04

Para iniciar a medição é necessário alimentar o módulo e colocar o pino "Trigger" em nível alto (HIGH) por mais de 10 $\mu$ s. Assim o sensor emite uma onda ultrassônica que rebaterá em um obstáculo voltando em direção ao módulo (pino "ECHO"). O cálculo da distância pode ser feito de acordo com o tempo em que o pino "ECHO" permaneceu em nível alto e é dado pela equação:

**Equação:**

$$D = (ECHO_{pinhigh} \times V_{som}) \div 2 \quad (1)$$

Onde D é a distância em metros,  $ECHO_{pinhigh}$  é o tempo que o pino "ECHO" passa ligado e  $V_{som}$  é a velocidade do som em m/s.

### 2.2.2. SOFTWARE DO EXPERIMENTO

#### MongoDB

Considerando o contexto dos banco de dados não-relacionais, uma das ferramentas de código aberto mais utilizadas é a MongoDB. Com seu slogan "For Giant Ideas", reforça um dos pontos mais importantes dos bancos de dados não-relacionais, que é a escalabilidade. Seu diferencial, além do fato de possuir código aberto, lida com os documentos usando JSON, de modo que as aplicações podem consumir e modelar os dados de forma mais natural, organizando os dados em hierarquias complexas e mantendo a capacidade de indexação.

#### Node.JS

Considerando a proposta arquitetural e a natureza do presente artigo, os autores optaram pela implementação de uma API em Node.JS, é uma plataforma de software projetada para rodar em cima do motor JavaScript V8 do Google Chrome, para construir aplicações em rede altamente escaláveis sem esforço (JS AND JS, 2009). Node.JS usa um modelo de entrada e saída direcionado a eventos, não-bloqueante, que o torna leve e eficiente, perfeito para aplicações com intenso fluxo de dados em tempo real que rodam em múltiplos dispositivos.

### 2.3. Design e configurações do experimento

A proposta consiste na instalação de sensores(HC-SR04 – ultrassom) igualmente espaçados, de modo que os sensores compõem um vetor capaz de estimar o

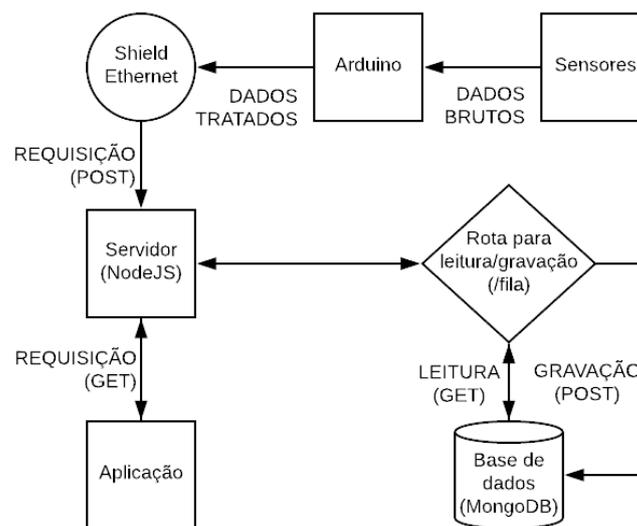
comprimento da fila, como visto na Figura 4 em que apenas os dois primeiros sensores estão captando a presença de pessoas abaixo, assim, retornando um valor aproximado do tamanho da fila para o usuário.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4. Visão da formação do vetor de sensores ultrassom

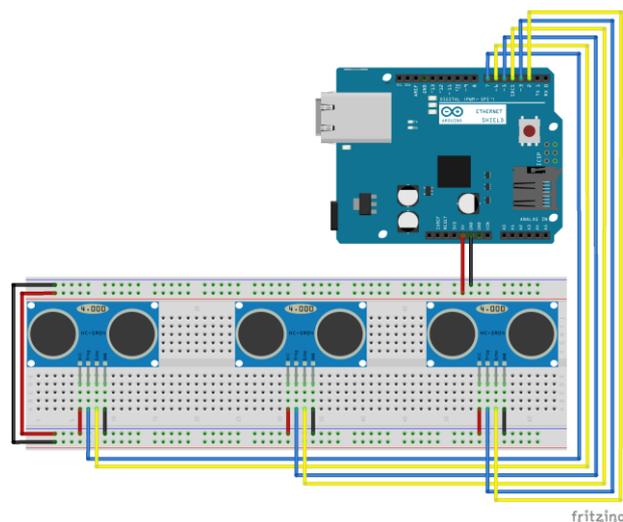
Os sensores estão ligados à um gateway de coleta de dados (Arduino) que através de uma interface ethernet (shield ethernet), irá se conectar com um servidor central de processamento (API Node.JS) para gravação no banco (MongoDB) e disponibilizar os dados para consumo por parte da aplicação cliente. A Figura 5 mostra um resumo gráfico do fluxo de trabalho.



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 5. Fluxograma do presente trabalho

Após estudos e testes acerca do funcionamento dos sensores e da integração dos mesmos com a plataforma de desenvolvimento de hardware (Arduino), os autores chegaram no protótipo mostrado na Figura 6.



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 6. Esquema de ligação dos sensores de ultrassom

Na Figura 6, é possível ver, de forma simplificada, a disposição dos sensores em uma protoboard, todos estão conectados a saída de 5V do Arduino e a suas portas digitais.

A plataforma de hardware escolhido foi o embarcado Arduino modelo Uno, pois apresenta uma boa quantidade de portas (quatorze portas digitais e seis portas analógicas) e grande compatibilidade com os módulos disponíveis (Shields). Para tornar o Arduino um gateway, utilizaremos o Shield Ethernet, que possui uma biblioteca bem documentada e consolidada.

### Proposta para banco de dados e api

O presente trabalho propõe o processamento das informações coletadas através de um servidor com uma arquitetura pronta para gravar e ler no banco de dados, de modo que possa se adequar em diferentes cenários, independente da implementação do lado da aplicação cliente.

Considerando a necessidade de persistência dos dados e a linguagem usada no servidor, a tecnologia escolhida para o armazenamento foi MongoDB pois além da mesma tratar os dados em JSON facilitando o consumo no lado da aplicação cliente, o fato de guardar as informações em forma de documentos acaba por tornar essa ferramenta muito eficaz, leve e dá ao projeto uma grande flexibilidade e escalabilidade.

Levando em consideração ainda a necessidade de uma implementação pouco invasiva da arquitetura no lado do servidor, podendo ser configurada em workstations, na nuvem ou até mesmo num computador de baixo custo (Raspberry PI, por exemplo) a tecnologia escolhida para interfacear a parte física e lógica do projeto (API) foi Node.JS, por sua natureza assíncrona (ideal para trabalhar com a WEB), curva de aprendizado, vasta documentação e grande modularidade, garantindo bons níveis de escalabilidade a médio e longo prazo.

### 2.4. Baixo custo

Um dos objetivos do projeto foi criar um dispositivo de baixo custo e de fácil instalação, a Tabela 1 mostra o preço em reais, vale ressaltar que todos os componentes foram adquiridos no Brasil. O Arduino Uno foi adquirido em (MercadoLivre 2018), a

Shield Ethernet em (BaudaEletronica 2018b) e o Sensor HC-SR04 - Ultrassom em (BaudaEletronica 2018a).

Item	Quantidade	Preço(R\$)
Arduino Uno	1	59,99
Sensor HC-SR04 - Ultrassom	5	37,80
Shield de ethernet	1	45,80
Software (API Node.JS)	-	Grátis
Software (MongoDB)	-	Grátis
Valor Total		R\$143,59

Assim, tendo em vista o custo final de apenas R\$ 143,59 o sistema proposto pode ser implementado em diferentes estabelecimentos sem precisar de grandes investimentos financeiros.

### 3. Discussões e resultados

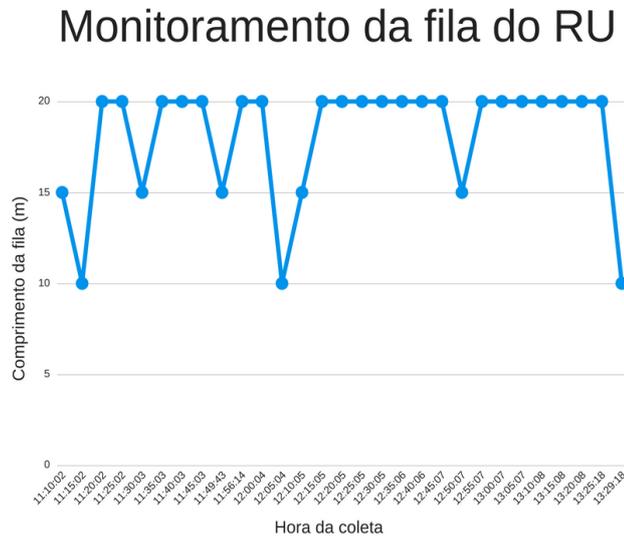
O Restaurante Universitário (RU) atende a Comunidade Universitária com o fornecimento de refeições subsidiadas pela Universidade Federal do Norte do Brasil. As unidades do RU no campus, recebem um grande número de usuários por dia, em horários de pico, o fluxo intenso gera longas filas de espera, podendo causar a desistência da utilização do serviço pelos usuários.

O testbed foi realizado na passarela de pedestre que dá acesso a unidade do RU no setor Profissional da Universidade. O pé-direito da passarela é de 3m, a instalação dos sensores foi feita na parte superior da mesma, utilizando a própria estrutura metálica de sustentação para fixar os sensores de ultrassom, conforme a Figura 7.



Fonte: Elaborada pelo autor  
Figura 10. Fixação do sensor

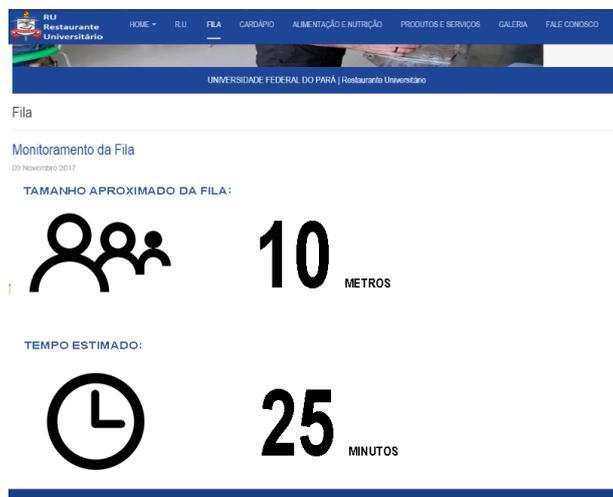
Os sensores foram instalados igualmente espaçados por cinco metros, essa que é a distância entre os suportes, o primeiro sensor marca o início da fila fora da unidade do RU e o quinto registra vinte metros de comprimento de fila sob a passarela. Com a análise dos dados foi possível construir um gráfico **Comprimento da fila x Hora da coleta**, correspondente ao comprimento da fila ao longo do tempo, conforme mostra o Gráfico 1.



Fonte: Elaborada pelo autor  
Gráfico 1. gráfico do tamanho da fila no decorrer do teste

Como visto na Figura 8, o gráfico mostra que a variação do tamanho da fila antes das 12h é maior que após esse horário, uma das possíveis causas é o horário de saída da aula de muitos discentes, 12h e 12:50h, após essa taxa de pico a fila tende a diminuir, como pode ser visto na última coleta.

Diante disto, foi desenvolvida uma aplicação web com objetivo de criar um sistema capaz de mostrar, em tempo real, o tamanho da fila do Restaurante, podendo ser acessado pelos usuários através do site do RU, para conhecimento do tempo estimado de espera, conforme a Figura 9, na qual é possível ver uma captura de tela que mostra o site com o tamanho e a tempo estimado de fila de forma intuitiva para o usuário.



Fonte: Elaborada pelo autor  
Figura 9. Exibição do status da fila no site do restaurante universitário

Além disso, foi desenvolvida uma aplicação para dispositivos móveis, em que o usuário pode ter acesso ao gráfico da extensão da fila em diferentes horários do dia e ao tamanho da fila, em tempo real, vide a Figura 10, a qual mostra uma captura de tela feita de um celular com o aplicativos em execução.

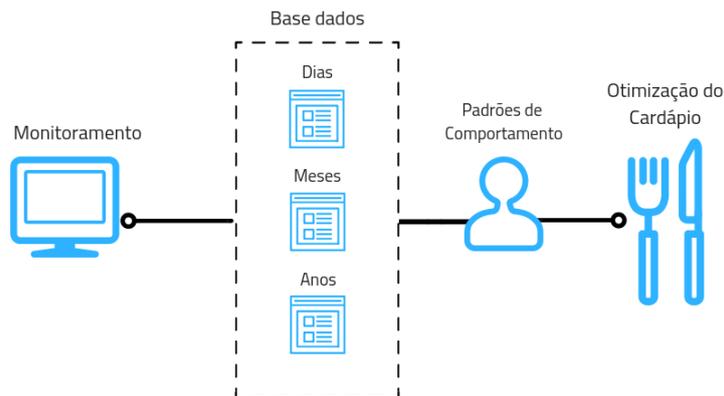


Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 10. Tela de indicação do tamanho da fila

Dessa forma, o sistema visa diminuir o tempo médio de espera na fila, supõe-se que o usuário que possui mobilidade para ir em diferentes horários, irá frequentar o Restaurante em horários que o aplicativo indica ter menos gente, assim, diminuindo o número de pessoas em horários de pico. Conseqüentemente, O RU se beneficiará com um número maior de usuários, visto que a diminuição no tempo de espera na fila irá atrair aqueles que eram afastados por este motivo, dessa forma, aumentando sua arrecadação.

O monitoramento constante da fila e o armazenamento desses dados podem ser usados para diversas soluções sustentáveis, na Figura 11, é demonstrado que os dados gerados pelo monitoramento, quando analisados, podem identificar padrões de comportamento os quais podem ser usados para otimizar o cardápio do RU, este que se adequaria ao gosto dos alunos e poderia prever, de forma mais eficiente, a quantidade de comida que deve ser preparada, dessa forma, diminuindo o desperdício de alimentos.



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 11. Fluxograma dos resultados do monitoramento

Portanto, o sistema de monitoramento proposto, objetiva contribuir com a sustentabilidade do Restaurante.

#### 4. Conclusão

Esse artigo apresentou uma proposta de solução de monitoramento de baixo custo baseada em conceitos de IoT e de sistemas embarcados, com uma arquitetura que pode ser aplicada em diversos ambientes. O projeto buscou a implementação simplificada e eficiente e fomentou o aprendizado dos membros através da pesquisa em diversas áreas exploradas, a exemplo de redes de computadores, segurança, sistemas embarcados e IoT.

O teste realizado revelou a grande importância de um tratamento de erros estável, pois devido a movimentação, os usuários podem parar em pontos cegos dos sensores, gerando inconsistências na medição. Além disso, como possível trabalho futuro, pode-se apontar um sistema para contar o número de usuários, ratificando a vazão da fila observada e realizando a coleta dados para pesquisa e predição da administração do restaurante.

Pretende-se aprimorar o projeto por meio da instalação de uma câmera, na entrada do restaurante, que irá fazer o reconhecimento do número de pessoas na fila, dessa forma, além de calcular o tamanho da fila, o sistema de terá uma precisão maior na estimativa de tempo de espera.

O projeto objetiva o melhoramento da experiência dos alunos no ambiente acadêmico, esses, ao economizar tempo que antes era gasto na fila, terão mais tempo para investir em outras atividades dentro do ambiente da Universidade, assim, vivenciando-a de forma mais ativa.

Portanto, o sistema de monitoramento proposto, busca fornecer informações sobre a extensão da fila e auxiliar na tomada de decisão do usuário, ao empregar o método descrito neste artigo.

#### 5. Referências

BANZI, M. (2011). **Primeiros passos com o arduino**. São Paulo: Novatec, page p1.

BAUDAELETRONICA (2018a). **Ethernet shield w5100**. Disponível em: <https://goo.gl/1pAzYA>

BAUDAELETRONICA (2018b). **Sensor ultrassônico**. Disponível em: <https://goo.gl/EBtMDb>

GOKCELI, S., ZHMUROV, N., KURT, G. K., AND ORS, B. (2017). **Iot in action: Design and implementation of a building evacuation service**. Journal of Computer Networks and Communications, 2017.

GULTOM, J. H., HARSONO, M., KHAMESWARA, T. D., AND SANTOSO, H. (2017). **Smart iot water sprinkle and monitoring system for chili plant**. In **Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS)**, 2017 International Conference on, pages 212–216. IEEE.

JISHA, R., JYOTHINDRANATH, A., AND KUMARY, L. S. (2017). **Iot based school bus tracking and arrival time prediction**. In **Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)**, 2017 International Conference on, pages 509–514. IEEE.

MERCADOLIVRE (2018). **Arduino uno**. Disponível em: <https://goo.gl/qREr7y>

PARKER, Z., POE, S., AND VRBSKY, S. V. (2013). **Comparing nosql mongodb to an sql db**. In Proceedings of the 51st ACM Southeast Conference, page 5.

SANTOS, B. P., SILVA, L., CELES, C., BORGES, J. B., NETO, B. S. P., VIEIRA, M. A. M., VIEIRA, L. F. M., GOUSSEVSKAIA, O. N., AND LOUREIRO, A. (2016). **Internet das coisas: da teoria à prática. Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**.

SARAVIA, M. W. D., SALVADOR, R., PALENCIA, C. M., AND ZEPEDA, A. E. P. (2017). **Monitoring system for solar thermal station with iot and m2m**. In **Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXVII)**, 2017 IEEE 37th, pages 1–6. IEEE.

SHYAMALA, D., SWATHI, D., PRASANNA, J. L., AND AJITHA, A. (2017). **Iot platform for condition monitoring of industrial motors**. In **Communication and Electronics Systems (ICCES)**, 2017 2nd International Conference on, pages 260–265. IEEE.

VERMESAN, O. AND FRIESS, P. (2014). **Internet of things-from research and innovation to market deployment**, volume 29. River Publishers Aalborg.

WASOONTARAJAROEN, S., PAWASAN, K., AND CHAMNANPHRAI, V. (2017). **Development of an iot device for monitoring electrical energy consumption**. In **Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)**, 2017 9th International Conference on, pages 1–4. IEEE.