

Low cost Device for Online Monitoring of Noise in Libraries using Internet of Things

A. L. M. Candido, S. C. S. Jucá, R. I. S. Pereira

Abstract — The present paper describes the development and practical application of an embedded system that performs the online monitoring of sound noises in a library of an educational institution using Internet of Things. To achieve the goal of the project, to record sound levels in the environment and alert users when allowed limits were exceeded, it became necessary to use a set of tools, free software and low-cost technologies that will be presented in this paper. Results of two embedded systems technologies implemented are discussed. It was observed that both developed systems, which use Internet of Things concept, contributed satisfactorily offering a better space for concentration.

Keywords — Embedded System, Internet of Things, Sound Noises, WiFi Monitoring.

I. INTRODUÇÃO

A NORMA NBR 10152 de dezembro de 1987, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) – “Níveis de Ruído para Conforto Acústico”, estabelece valores entre 35 e 45 decibéis (dB) para locais como uma biblioteca e orienta que valores dB acima deste nível não necessariamente implicam riscos de danos à saúde, mas são considerados desconforto acústico [1].

Embora 45 dB sejam, em termos práticos, um valor relativamente baixo e difícil de ser mantido em um espaço onde geralmente há muita movimentação, reconhece-se que níveis muito acima deste valor geram desconforto para quem pretende estabelecer uma atividade de leitura [2].

Em [2] é afirmado que o silêncio é uma meta perseguida nos ambientes de leitura, visto que um ambiente tranquilo e agradável favorece o estudo. No entanto, silêncio absoluto em um ambiente no qual há atividade humana é algo impraticável. Por este motivo, os esforços devem ser em conscientizar os usuários de que existem níveis de ruído toleráveis para ambientes como uma biblioteca. Diante de tais dados a cada dia percebe-se a necessidade de implementar técnicas que auxiliem no controle destes níveis de ruídos, pois tais ruídos afetam notavelmente a concentração nestes ambientes e de certa forma excluem o real propósito destes locais, que é proporcionar um lugar adequado para os estudos.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O desenvolvimento do sistema embarcado para monitoramento online de ruídos sonoros inicia-se após o conhecimento das necessidades dos usuários de bibliotecas de uma forma geral e a principal delas é a predominância do silêncio no ambiente. Exatamente o que define [3] onde diz que, ao projetar um produto deve-se conhecer a necessidade do cliente e utilizar soluções para a satisfação desta necessidade, neste caso os clientes ou destino final, são os usuários que frequentam a biblioteca do *campus* Caucaia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará e se dividem em quatro diferentes categorias: alunos dos cursos técnicos integrados; alunos dos cursos técnicos subsequentes; servidores docentes e servidores técnico-administrativos.

Em [3] é dito ainda que as necessidades de um cliente estão divididas em declaradas e reais. As declaradas como o próprio termo define, são as que os clientes expressam, neste caso os usuários da biblioteca em questão, constantemente solicitam silêncio no ambiente, em referência às necessidades reais, que são as procuradas em um determinado bem ou serviço, estes usuários, em constantes situações de exageros nos ruídos sonoros, realizam reclamações formais ao servidores da instituição informando que o setor não oferece um lugar adequado para leitura e estudo.

De acordo com [4], os usuários de uma biblioteca têm necessidades diversas. Eles usam não apenas o acervo, mas também o espaço e equipamentos. No que se refere a espaços pode-se identificar pelo menos duas necessidades distintas: estudo/leitura individual ou em grupo, sendo o controle do nível de ruído essencial em ambientes destinados a leitura e estudo individual, onde o auxílio de dispositivos elétricos e eletrônicos apresenta-se às bibliotecas como uma alternativa para combater a poluição sonora.

Em [5] é defendido que o conforto ambiental nas bibliotecas é pouco estudado no Brasil, principalmente quando se refere aos níveis de ruídos e a satisfação do usuário. Estas preocupações são frequentemente negligenciadas no país mesmo sabendo que os ruídos chegam a provocar uma redução de até 60% da produtividade, por dificultar a concentração propiciando erros, desperdícios ou acidentes por distração. No Brasil, as bibliotecas de forma geral são adaptações de prédios existentes que passam a ter estas funções, ainda que estes resultados não sejam os melhores, alguns arquitetam um espaço que se resume basicamente em dois ambientes: o depósito de livros e o local de leitura, além de salas secundárias.

Já em países desenvolvidos, se desenvolvem planos de redução de ruídos, através da disposição e indicação destes níveis em mapas. De acordo com a análise é realizado um

A. L. M. Candido, Instituto Federal do Ceará (UFC), Maracanaú, Ceará, Brasil, leandro.martins@ifce.edu.br

S. C. S. Jucá, Instituto Federal do Ceará (IFCE), Maracanaú, Ceará, Brasil, sandrojuca@ifce.edu.br

R. I. S. Pereira, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Ceará, Brasil, renata@dee.ufc.br

plano para a redução dos níveis de ruídos e isso se torna um forte aporte na elaboração dos projetos de controle e satisfação dos usuários.

III. METODOLOGIA

Como o sistema embarcado proposto utiliza princípios de Internet das Coisas (do inglês, Internet of Things ou *IoT*), é importante destacar que de acordo com [6] a Internet das Coisas, em poucas palavras, nada mais é que uma extensão da Internet atual, que proporciona aos objetos do dia-a-dia (quaisquer que sejam), mas com capacidade computacional e de comunicação, se conectarem à Internet. A conexão com a rede mundial de computadores viabilizará, primeiro, controlar remotamente os objetos e, segundo, permitir que os próprios objetos sejam acessados como provedores de serviços. Estas novas habilidades, dos objetos comuns, geram um grande número de oportunidades tanto no âmbito acadêmico quanto no industrial.

A Internet tem tomado grandes proporções nas últimas décadas, atualmente, conecta pessoas, bem como empresas, através de computadores e dispositivos computadorizados de qualquer formato e capacidade [7]. Praças, empresas, sensoriamientos, monitoramentos, roupas, supermercados, avenidas, segurança e saúde inteligente, são exemplos de automações feitas com *IoT*, essas aplicações serão capazes de coletar uma grande quantidade de dados [8].

O sistema embarcado apresentado neste projeto tem como principal objetivo auxiliar no controle dos níveis de ruídos sonoros em tais ambientes, conseguindo então suprir as necessidades dos usuários que os frequentam. De baixo custo e sempre priorizando utilizar tecnologias e ferramentas livres, este sistema pode ser utilizado por outras instituições ou pesquisadores, na sua forma integral ou modificado conforme a necessidade.

Durante o desenvolvimento deste sistema, alguns equipamentos, dispositivos, tecnologias e softwares foram testados, até que se alcançasse o menor custo e a menor dificuldade possível para que outros interessados pudessem também utilizá-lo.

A princípio, descreve-se neste projeto o primeiro conjunto de ferramentas utilizadas, o porquê de não mais utilizá-las e posteriormente, detalha-se o conjunto de ferramentas que foi escolhido para a aplicação final.

A. Primeira versão do sistema proposto

Nesta seção uma primeira possibilidade de implementar o sistema embarcado para monitoramento de ruídos sonoros é proposta. Acredita-se ser de grande importância citar quais foram as primeiras ideias que surgiram para o desenvolvimento do sistema embarcado. Primeiramente implementou-se o Raspberry Pi, considerado o menor computador do mundo, possui o tamanho de um cartão de crédito, conexões USB para conectar o teclado e o mouse utilizado em computadores de mesa. É possível conectá-lo a TVs com saída RCA ou HDMI, como pode ser visto na Figura 1 juntamente com a descrição das demais conexões. Além destas vantagens, pode-se destacar o baixo custo do hardware,

além do custo zero do software embarcado, baseado em Linux [9].

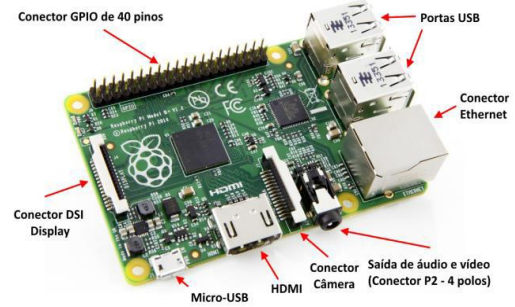


Figura 1. Raspberry Pi B+ [9].

O Modelo B+ é uma das versões do Raspberry Pi. Substituiu o Modelo B, em julho de 2014 e foi substituído pelo Raspberry Pi 2 Modelo B, em fevereiro de 2015. Em comparação com o Modelo B ele tem:

- Mais GPIO. O cabeçalho GPIO tem crescido a 40 pinos, enquanto mantém a mesma pinagem para os primeiros 26 pinos como o modelo A e B;
- Mais USB. Agora temos 4 portas USB 2.0, em comparação com 2 sobre o Modelo B, e melhor hotplug e o comportamento de sobrecorrente;
- Micro SD. A tomada de cartão SD fricção-fit antiga foi substituída por um empurra-empurra versão muito mais agradável micro SD;
- Menor consumo de energia. Ao substituir os reguladores lineares com mais de comutação nós reduzimos o consumo de energia entre 0,5 W e 1W;
- Melhor qualidade de áudio. O circuito de áudio incorpora uma fonte de alimentação de baixo ruído dedicado;
- Fator de forma sucinta. Nós alinhamos os conectores USB com a borda da placa, se mudou de vídeo composto para o jack de 3,5 mm, e acrescentou quatro orifícios de montagem diretamente colocados.

O Modelo B+ é perfeitamente adequado para uso em escolas e projetos acadêmicos, oferece maior flexibilidade do que o modelo mais magro A ou A+, são mais úteis para projetos integrados e projetos que necessitam de muita baixa potência, e tem mais portas USB do que o modelo B [10].

O microcontrolador utilizado para este modelo do sistema embarcado é o PIC18F2550, apresentado na Figura 2. É um sistema computacional completo, no qual estão incluídos internamente uma CPU (Central Processor Unit), memórias RAM (dados), flash (programa) e EEPROM, pinos de I/O (Input/Output), além de outros periféricos internos, tais como, osciladores, canal USB, interface serial assíncrona USART, módulos de temporização e conversores A/D, entre outros, integrados em um mesmo componente (chip).

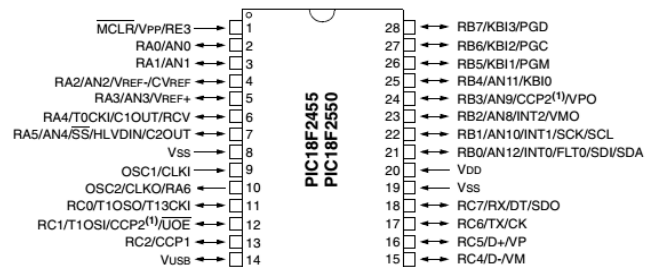


Figura 2. PIC18F2550.

Nesta versão do sistema devem ser utilizados os recursos oferecidos pelo conjunto de pinos Gpio do Raspberry Pi, onde os valores são recebidos no pino Rx e o pino 7 é utilizado para acionar a sirene. Estes pinos podem ser comutados como um grupo quer de entrada ou de saída. Em outros casos, cada pino pode ser configurado de forma flexível para aceitar fontes de tensões lógicas diferentes. A Figura 3 apresenta a tabela dos pinos Gpio.

BCM	Pin	Name	Mode	V	Physical	V	Mode	Name	Pin	BCM
2	8	3.3v			1	2		5v		
3	9	SDA.1	IN	1	3	4		5v		
4	7	SCL.1	IN	1	5	6		5v		
17	0	GPIO. 7	IN	0	7	8	1	ALT0	TxD	15
27	2	GPIO. 0	IN	0	9	10	1	ALT0	RxD	16
22	3	GPIO. 2	IN	0	11	12	0	IN	GPIO. 1	1
10	12	GPIO. 3	IN	0	13	14	0	IN	GPIO. 4	4
9	13	3.3v			15	16	0	IN	GPIO. 5	5
11	14	MOSI	IN	0	17	18	0	IN	GPIO. 6	6
0	30	MISO	IN	0	19	20	0	IN	GPIO. 7	7
5	21	SCLK	IN	0	21	22	0	IN	GPIO. 8	8
6	22	0v			23	24	0	IN	GPIO. 9	9
13	23	SDA.0	IN	0	25	26	0	IN	GPIO. 10	10
19	24	GPIO. 21	IN	0	27	28	0	IN	GPIO. 11	11
26	25	GPIO. 22	IN	0	29	30	0	IN	GPIO. 12	12
		GPIO. 23	IN	0	31	32	0	IN	GPIO. 13	13
		GPIO. 24	IN	0	33	34	0	IN	GPIO. 14	14
		GPIO. 25	IN	0	35	36	0	IN	GPIO. 15	15
		0v			37	38	0	IN	GPIO. 16	16
					39	40	0	IN	GPIO. 17	17

Figura 3. Tabela de pinos Gpio do Raspberry Pi.

O Raspberry Pi foi utilizado para realizar comunicação com o microcontrolador PIC, já o microcontrolador recebia os dados de um módulo sensor de som LM393, módulo este que não apresentava boa leitura das alterações de ruídos no ambiente, principalmente a maiores distâncias, posteriormente este dispositivo também foi substituído. Este se comunicava com o microcontrolador através de uma entrada conversora analógica/digital. O objetivo deste sensor é medir a intensidade sonora no ambiente, variando o estado de sua saída digital e analógica caso detectado um sinal sonoro. Ele possui um microfone de condensador elétrico e pode ser usado em sistemas de alarme por exemplo.

O limite de detecção pode ser ajustado através de um potenciômetro presente no módulo que regula a saída digital D0. Contudo para ter uma resolução melhor é possível utilizar a saída analógica A0 e conectar a um conversor AD, como o presente no PIC18F2550. Suas especificações são microfone de sensibilidade, comparador LM393, tensão de operação 5 Vcc, luz indicadora de energia, sensibilidade ajustável via potenciômetro, saída digital e analógica, led indicador para tensão, led indicador para saída digital. Suas respectivas pinagem são, AO Saída Analógica, GND Terra, VCC tensão de entrada 5v e DO Saída Digital, sua representação ilustrativa pode ser vista na Figura 4.



Figura 4. Módulo sensor de som LM393, modelo KY-038.

O microcontrolador envia os dados para o Raspberry Pi através do pino TX, após a aquisição dos dados, o mesmo programa que gerenciava esse recebimento, também era responsável por enviar esses dados a um banco de dados MySql hospedado na nuvem baseado no princípio de Internet das Coisas (IoT).

Utilizou-se uma biblioteca desenvolvida em C para o acesso das portas GPIO do Raspberry Pi chamada "wiringPi". Para que não fosse preciso utilizar um loop interno dentro do programa do Raspberry Pi, onde seriam enviados constantemente os valores para o banco, foi utilizada a técnica oferecida pelo Crontab, aplicação do Linux capaz de agendar a execução de tarefas no sistema operacional. Neste agendamento foi definido que o sistema operacional Linux executasse o programa do Raspberry Pi a cada cinco segundos.

Além do programa executado no Raspberry Pi, também foi desenvolvido um programa (*firmware*) para ser executado no microcontrolador PIC18F2550. Na Figura 5 ressaltam-se os passos necessários para realizar a gravação deste programa no microcontrolador, onde existe a necessidade da utilização da plataforma educacional SanUSB para gerenciar essa gravação.

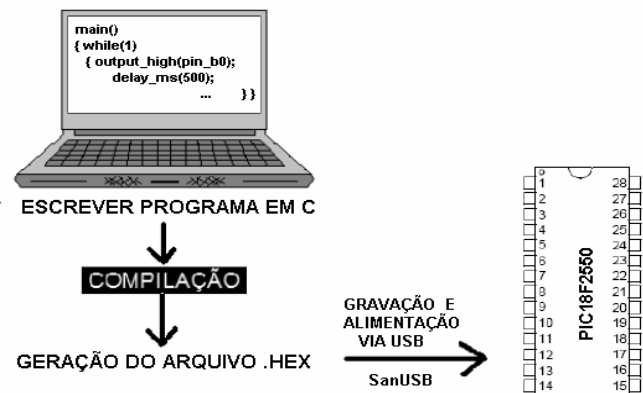


Figura 5. Ilustração da Gravação do microcontrolador PIC através do software SanUSB [12].

SanUSB, aplicado também a sistemas embarcados inteligentes, como o de monitoramento online de microgeração elétrica via modem WiFi proposto em [11], é caracterizado como um software educacional aplicativo com finalidade tecnológica que enfatiza conceitos relacionados à aplicação prática, o que contribui para a assimilação do conteúdo abordado. Esse software educacional foi utilizado por alunos durante a IV Competição de Robótica do IFCE (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará) e também na Categoria Engenharia da Feira Brasileira de Ciências e Engenharia da (FEBRACE 09) realizada na USP em São Paulo. Os alunos, sem a necessidade de consulta aos professores, obtiveram os primeiros lugares em ambas as competições. Esse fato apresentou indicativos satisfatórios quanto à eficiência didática de interação do software. Além disso, as colocações alcançadas também forneceram indicativos satisfatórios quanto à contribuição tecnológica do software no desempenho geral dos alunos [12].

Além do programa para o microcontrolador que realizava a leitura sensorial; do programa do Raspberry Pi que recebia

essa leitura sensorial e postava em um banco de dados e acionava um *buzzer* (dispositivo sonoro) quando o limite permitido era ultrapassado, foi desenvolvida também uma página web hospedada na nuvem para a apresentação em tempo real dos valores obtidos neste sistema embarcado.

O objetivo foi alcançado com a utilização das ferramentas descritas anteriormente, porém surgiu um novo desafio, fazer com que o sistema embarcado tivesse o menor custo possível. Esse fato se deve ao considerar que o Raspberry PI utilizado custa em média duzentos reais, seu valor de venda está em conformidade, pois o mesmo oferece mais recursos que o necessário para a implementação do sistema embarcado.

Diante de tal situação, durante o período de aproximadamente dois meses, foram feitas pesquisas de novos dispositivos que pudessem substituir os já utilizados, mantendo o propósito do sistema embarcado e baixando o seu custo de aquisição.

Hoje no Brasil, por exemplo, há sistemas embarcados semelhantes custando em torno de quatro mil reais. Portanto, o objetivo deste projeto é implementar esta ferramenta em baixo custo de investimento e incentivando assim o uso de sistemas inteligentes com o intuito de difundir tecnologias em Internet das Coisas.

B. Segunda versão do sistema proposto

É possível adquirir hoje uma pequena placa onde estão disponíveis 11 pinos de entrada e saída, circuitos de regulação de tensão, conectividade USB para programação, que pode ser feita em Lua ou pelo Arduino IDE, conectividade WI-FI através do módulo ESP8266 12-E, wireless padrão 802.11, GPIO com funções de PWM, I2C, SPI, tensão de operação: 4,5 a 9V, taxa de transferência de 110-460800bps, Suporta 5 conexões TCP/IP e que custa por volta de R\$9,00 até no máximo R\$40,00 reais. Este é o Módulo Wifi Esp8266 NodeMCU mostrado na Figura 6, contudo, caracteriza-se uma placa auto-suficiente para projetos envolvendo IoT, considerado atualmente, uma das placas ou plataformas mais interessantes para Internet das Coisas.

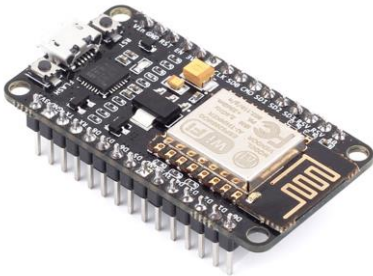


Figura 6. Módulo Wifi Esp8266 NodeMCU.

O módulo NodeMCU é uma das placas mais completas e simples de usar. Atendendo ao novo objetivo que surgiu, de tornar o sistema embarcado mais barato e de fácil utilização. Isso significa que não é mais preciso o uso adicional dos outros componentes, como microcontrolador PIC e o Raspberry Pi, utilizados anteriormente no desenvolvimento do projeto.

Nesta aplicação de Internet das Coisas, todo o processamento de dados do sensor é realizado no NodeMCU ESP8266 e transmitido através do Wi-Fi para as plataformas na nuvem Wireless Monitor ou ThingSpeak. Essas plataformas são responsáveis por exibir os dados adquiridos na web. Com o surgimento do NodeMCU abriu-se portas para novas pesquisas e aplicações, tendo como visto que, essas mesmas aplicações se tornaram mais robustas e de baixo custo. Podemos citar como exemplos de aplicações que utilizam o NodeMCU, as cidades inteligentes (smart cities), a coleta de lixo inteligente, conforme mostrado em [13], aplicações que utilizam Identificação por Rádiofrequência (Radio-Frequency Identification – RFID) [14], algumas aplicações na área de inteligência artificial como mostrado em [15].

Até mesmo na área da saúde, como o controle de biofeedback em HealthCare (Cuidados de saúde) [16], na agricultura, como os projetos de hidroponia e na piscicultura, onde os projetos de aquaponia também utilizam o NodeMCU [17].

Para medir o volume do som e para poder comparar diferentes medidas, foi preciso utilizar um módulo onde o ganho é previsível. Isso não significa que o ganho seja corrigido, significa que o ganho é configurável por você e não muda automaticamente.

Foram avaliados quatro módulos de som. O HXJ17, de baixa eficiência, foi substituído pelo TK0862, também de eficiência muito baixa, logo foi substituído pelo KY038 e por fim foi avaliado o MAX4466. Vale ressaltar que um design específico pode estar no mercado sob diferentes nomes, pois diferentes fabricantes produzem suas próprias versões do design com seus próprios números de modelo. Observe o layout da placa para que você possa identificar o dispositivo.

Modelo	Ganho ajustável	Distância de percepção	Preço
MAX4466	Sim	+ de 10m	≈ R\$29,00
KY038	Sim	≈ 1m	≈ R\$10,90
TK0862	Sim	≈ 30cm	≈ R\$12,20
HXJ17	Sim	≈ 5cm	≈ R\$9,00

Tabela I: Comparativo entre os módulos sensores de som

O módulo sensor de som MAX4466 apresentado na Figura 7, substituiu o módulo LM393 modelo KY038, pois demonstrou maior capacidade de percepção das alterações dos níveis de ruídos sonoros, tornando-se a melhor escolha entre os quatro módulos avaliados, principalmente por detectar alterações de níveis de ruídos sonoros em maiores distâncias.



Figura 7. Módulo sensor de som MAX4466.

Este módulo possui um ganho ajustável que pode ser controlado com um pequeno potenciômetro de uma volta. Existe um pino Vcc, um pino de aterramento e um pino de saída analógico. O pino analógico emite uma forma de onda onde "0" é Vcc/2 e a amplitude depende do ganho e do volume do som. Possui ótimo desempenho, pois o módulo MAX4466 é um amplificador operacional especificamente otimizado para uso como amplificador de microfone [18].

O sinal de áudio da saída do MAX4466 é uma tensão variável. Para medir o nível sonoro, precisamos tomar várias medidas para encontrar as extensões mínimas e máximas ou "amplitude pico a pico" do sinal. No programa desenvolvido em linguagem C, com utilização da IDE Arduino, escolheu-se uma janela de exemplo de 50 milissegundos, isso foi suficiente para medir níveis sonoros de frequências de pelo menos 20 Hz (o limite inferior da audição humana). Depois de encontrar as amostras mínima e máxima, calculou-se a diferença e converteu-se em volts, que poderia variar entre 0 a 3,3V. Após a realização deste cálculo, os valores resultantes foram comparados com valores obtidos através do aplicativo decibelímetro Sound Meter, desenvolvido para o sistema operacional Android pela empresa Abc Apps. Este aplicativo possui ótima precisão no cálculo dos decibéis no ambiente, já foi utilizado por mais de dez milhões de usuários, para fazer esta comparação adquiriu-se a versão PRO do aplicativo [19].

Vale ressaltar que o ideal é utilizar 3,3V como a tensão de referência analógica. A razão para isso é que o 3,3V geralmente é mais estável do que o 5V que pode variar para cima e para baixo, especialmente quando o NodeMCU está obtendo sua energia a partir da conexão USB. O NodeMCU utiliza um regulador linear aplicado aos 3,3V, isso calibra a saída analógica-digital do MAX4466 para mapear a faixa de 0 a 3,3V na entrada analógica da placa.

A arquitetura do sistema embarcado após a montagem em placa pode ser observada a seguir. Observa-se na Figura 8 ao lado esquerdo o módulo sensor de som MAX4466, ao centro o módulo Wifi Esp8266 NodeMCU, à direita um buzzer que funciona como sirene para alertar os usuários no ambiente quando o limite de ruído sonoro permitido é ultrapassado e por fim logo abaixo, uma conexão USB para alimentação do sistema embarcado, ressalta-se a utilização de um simples carregador de celular para essa alimentação.

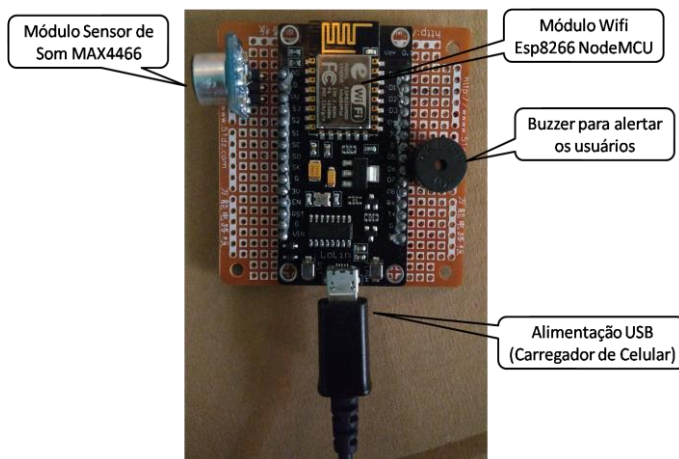


Figura 8. Arquitetura do sistema embarcado.

IV. RESULTADOS

Para a apresentação dos resultados obtidos do sistema embarcado, foram desenvolvidas duas versões do programa executado no módulo Wifi Esp8266 NodeMCU, uma versão para o envio dos dados para a plataforma ThingSpeak e uma outra versão para a plataforma Wireless Monitor, descreve-se a seguir o funcionamento de cada uma das plataformas.

A ThingSpeak é uma plataforma Internet das Coisas (do inglês, *Internet of Things*, ou IoT) que permite coletar e armazenar dados de sensores na nuvem e desenvolver aplicativos IoT. A plataforma ThingSpeak fornece aplicativos que permitem analisar e visualizar dados no MATLAB e depois atuar sobre os dados. Os dados do sensor podem ser enviados para o ThingSpeak de um NodeMCU, Arduino, Raspberry Pi, BeagleBone Black e outros sistemas embarcados [20].

Para que seja possível a comunicação do módulo IoT com a plataforma ThingSpeak, é necessário realizar o cadastro e criar um canal de comunicação específico para o módulo IoT. Os valores recebidos na plataforma são apresentados em um gráfico que fica disponível publicamente na web, conforme mostrado na Figura 9.

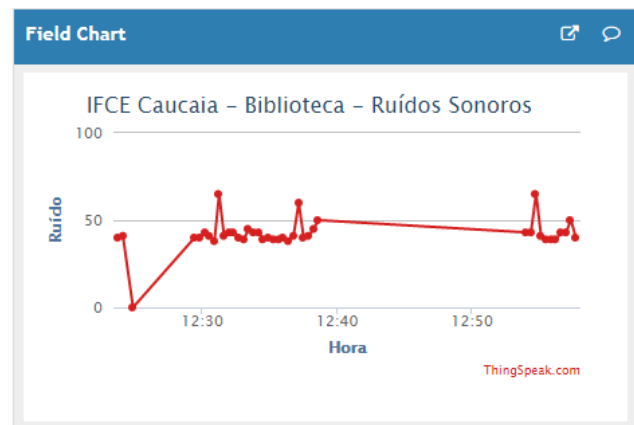


Figura 9. Resultados exibidos na plataforma ThingSpeak.

Existem algumas limitações ao utilizar a plataforma ThingSpeak. Apesar de ser de fácil configuração, exibe apenas os últimos valores obtidos, tem limite mínimo de envio de quinze segundos, não é permitido modificar a plataforma e acessar todos os valores para que se possa desenvolver gráficos próprios, este é um diferencial importante encontrado na plataforma Wireless Monitor.

A plataforma web Wireless Monitor tem o objetivo de permitir que desenvolvedores de sistemas embarcados possam enviar para a nuvem os dados obtidos por equipamento IoT e visualizá-los no navegador de internet. Sendo um aplicativo de código-fonte aberto licenciado pela GPLv3 (GNU Public License), pode ser usada tanto por professores e alunos de cursos superiores e técnicos para estudo de microcontroladores, sistemas embarcados e afins, como por empresas ou pessoas que queiram interagir com seus equipamentos pessoais [21]. A plataforma foi desenvolvida com a utilização dos recursos de plugins do framework

Laravel [22], podendo ser criados novos plugins de acordo com a necessidade dos projetos.

Para conseguir a comunicação do sistema embarcado com a plataforma Wireless Monitor, criou-se um plugin chamado Monitor Sound para a conexão com o dispositivo IoT NodeMCU, como mostrado na Figura 10.

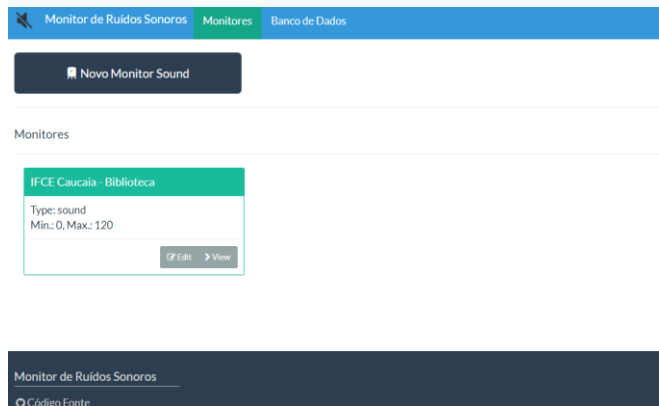


Figura 10. Tela de criação de novos Monitores de Som.

O desenvolvedor que optar por utilizar a plataforma Wireless Monitor, poderá utilizá-la na estrutura padrão ou modificá-la criando novas telas, guias de exibição de novos gráficos conforme sua necessidade e também poderá realizar consultas diretas ao banco de dados utilizado pela plataforma, tendo o controle total de todos os dados coletados pelos módulos IoT e vale ressaltar que ela pode ser utilizada por três diferentes sistemas de gerenciamento de banco de dados, MySQL, PostgreSQL ou SQLite.

Uma das necessidades que se observou no desenvolvimento deste sistema embarcado, foi criar a possibilidade de alteração do limite de ruído permitido para o ambiente em que o sistema embarcado seria aplicado, levando em consideração os diferentes perfis de usuários dos ambientes. A plataforma Wireless Monitor possibilitou a criação desta nova funcionalidade, foi desenvolvida uma nova tela com a opção de alterar o nível de ruído sonoro permitido para o ambiente conforme apresentada na Figura 11, com o objetivo de adaptar o sistema embarcado à realidade de qualquer ambiente que o utilizará, ou até mesmo para que em eventuais mudanças do costume no ambiente, como por exemplo, uma reforma predial, a sirene não viesse a tocar devido ao nível de ruídos serem maiores que o limite normal.



Figura 11. Tela de alteração do limite de ruído permitido no ambiente.

Semelhante à plataforma ThingSpeak, também foi possível exibir gráficos com os últimos valores obtidos do equipamento Iot na Wireless Monitor, ao lado esquerdo da Figura 12, é possível ver qual o último valor recebido do equipamento e ao lado direito, é possível ver os últimos trinta valores recebidos.



Figura 12. Tela com exibição dos valores obtidos.

V. CONCLUSÃO

Sabendo que o conceito Internet das Coisas se refere à maneira como os componentes eletrônicos em um ambiente se comunicam com o mundo exterior. Com a aplicação desse projeto no ambiente escolhido, o mesmo se enquadra nesse conceito, realiza comunicação com o mundo exterior através da web utilizando os componentes anteriormente descritos neste artigo e obedecendo a um dos objetivos fundamentais que foi utilizar equipamentos de baixo custo, softwares e tecnologias livres.

Além da comunicação, o objetivo principal da realização desse projeto foi alcançado, pois com o funcionamento do sistema embarcado no ambiente, monitorando em tempo real os níveis de ruídos sonoros e alertando as pessoas presentes no local quando o limite permitido fosse ultrapassado, poucas vezes foram registrados níveis de ruídos além do limite estabelecido como adequado para o ambiente. Observou-se também uma reeducação por parte dos utilizadores do ambiente, que se adaptaram à nova realidade estabelecida, proporcionando um ambiente agradável e propício para concentração e leitura durante os estudos.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer em especial a equipe da biblioteca do *campus* Caucaia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, por ceder o espaço para a aplicação do projeto em prática, também ao conjunto de professores e pesquisadores do curso de Bacharelado em Ciência da Computação, em destaque aos membros do laboratório LAESE (Laboratório de Eletrônica e Sistemas Embarcados), por apoiar no desenvolvimento deste projeto, oferecendo conhecimento acerca das tecnologias que poderiam ser utilizadas, mantendo a linha de pesquisa de equipamentos de baixo custo e softwares livres.

REFERÊNCIAS

- [1] ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). “NBR 10152: níveis de ruído para conforto acústico”, Rio de Janeiro, 1987.
- [2] L. R. Silva, K. R. F. Silva. “Análise do comportamento e condicionamento operante de usuários em biblioteca”. *Anais do XVI Seminário Nacional de Bibliotecas Universitárias*, Rio de Janeiro, 2010.
- [3] J. M. Juran. “A qualidade desde o projeto: os novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços”, São Paulo: Pioneira, 1992.
- [4] K. R. F. Silva, C. M. A. Veras Júnior. “Desenvolvimento de um dispositivo microcontrolado para controle de ruído na biblioteca do Instituto Federal do Maranhão”. *Anais do XVI Seminário Nacional de Bibliotecas Universitárias*, Rio de Janeiro, 2010.
- [5] J. Y. Pereira Leite, R. L. Lopes, E. S. Amaral, J. C. Santos, M. R. Fernandes. “Nível de ruído: uma medida de qualidade nas bibliotecas”. *Anais do XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997.
- [6] B. P. Santos, L. A. M. Silva, C. S. F. S. Celes, J. B. Borges Neto, B. S. Peres, M. A. M. Vieira, L. F. M. Vieira, O. N. Goussevskaia, A. A. F. Loureiro. “Internet das coisas: da teoria a prática”. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.
- [7] A. Zanella, N. Bui, A. Catellani, L. Vangelista, M. Zorzi. “Internet of things for smart cities”. *IEEE Internet of things journal*, pages 6–15. IEEE, 1th edition, 2014.
- [8] A. Zanella, N. Bui, A. Catellani, L. Vangelista, M. Zorzi. “Internet of things for smart cities”. *IEEE Internet of things journal*, pages 17–19. IEEE, 1th edition, 2014.
- [9] S. C. S. Jucá, “Aplicações práticas de Raspberry Pi com microcontroladores PIC”. Maracanaú, 2016.
- [10] RaspberryPi ORG. Raspberry Pi model b+, 2017.
- [11] R. I. S. Pereira, S. C. S. Jucá, and P. C. M. de Carvalho, “Online Monitoring System for Electrical Microgeneration via Embedded WiFi Modem,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 14, no. 7, pp. 3124–3129, 2016.
- [12] S. C. S. Jucá, P. C. M. Carvalho, F. T. Brito. “SanUSB: software educacional para o ensino da tecnologia de microcontroladores”. *Ciências & Cognição*, 2009, Vol 14 (3): 134-144.
- [13] S. K. N, V. R. B, J. P. V, S. A. “Iot based smart garbage alert system using arduino uno”. *IEEE Region 10 Conference (TENCON)*, pages 1028–1034, 2016.
- [14] X. Cheng, J. Lu, W. Cheng, “A survey on rfid applications in vehicle networks”. *IEEE International Conference on Identification, Information, and Knowledge in the Internet of Things (IIKI)*, pages 146–151, 2015.
- [15] A. Javed, H. Larijani, A. Ahmadiania, R. Emmanuel, M. Mannion, D. Gibson. “Design and implementation of cloud enabled random neural network based decentralized smart controller with intelligent sensor nodes for hvac”. *IEEE Internet of Things Journal*, pages 1–11, 2016.
- [16] A. Vadnerkar, S. Figueiredo, N. Mayo, R. Kearney. “Design and validation of a biofeedback device to improve heel-to-toe gait in seniors”. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, pages 1–7, 2017.
- [17] M. Sha, D. Gunatilaka, C. Wu, C. Lu. “Empirical study and enhancements of industrial wireless sensor-actuator network protocols”. *IEEE Internet of Things Journal*, pages 1–8, 2017.
- [18] A. Yavilevich. “Arduino sound level meter and spectrum analyzer”. 2017.
- [19] A. Boys Lab. “Sound Meter PRO”. 2017.
- [20] MATLAB. “ThingSpeak”. 2017.
- [21] A. C. Alves, S. C. S. Jucá. “Wireless Monitor - Aplicativo web livre para receber e mostrar dados provenientes de equipamentos IoT”. *III Escola Regional de Informática do Piauí. Livro Anais - Artigos e Minicursos*, v. 1, n. 1, p. 17-22, jun, 2017.
- [22] P. KOROP. “How to create a Laravel 5 package in 10 easy steps”. Laraveldaily, 2017.



Antonio Leandro Martins Candido. Nascido em Fortaleza - CE, em 1987. Atualmente é aluno concluinte do Bacharelado em Ciência da Computação do Instituto Federal do Ceará (IFCE). Concluiu Técnico em Informática pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Concluiu Técnico em Manutenção Mecânica Industrial pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). É servidor Técnico-Administrativo do Instituto Federal do Ceará (IFCE), programador web voluntário do Instituto Federal do Ceará (IFCE), da Universidade Estadual do Ceará (UECE) e da Faculdade de Ensino Superior da Amazônia Reunida (FESAR). Os temas de pesquisa são Sistemas Embarcados e Desenvolvimento Web.



Sandro César Silveira Jucá. Brasileiro, nascido em Fortaleza - CE, em 1975. Graduou-se em Tecnologia Mecatrônica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFET-CE). Kursou Licenciatura em Física e especialização em Automação Industrial pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). É mestre e doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Realizou pesquisa com doutorado-sanduíche do DAAD na Universidade de Paderborn (*Uni Paderborn*), de 2011 a 2012. É professor e pesquisador da área de Telemática do IFCE - Campus Maracanaú. É coautor do livro “Desenvolvimento de Sistemas de Aquisição de Dados Sem Fio”. Os temas de pesquisa são Fontes Renováveis de Energia e Sistemas Embarcados.



Renata Imaculada Soares Pereira. Nascida em Fortaleza - CE, Brasil, em 1990. Atualmente é aluna de doutorado do programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFC com pesquisa de doutorado sanduíche na Universidade Técnica de Colônia, Alemanha. Concluiu mestrado em Engenharia Elétrica na UFC (2014), Tecnólogo em Manutenção Industrial (2012) e curso técnico em Automação Industrial (2009) no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE - Campus Maracanaú). Áreas de atuação: sistemas embarcados, aquisição de dados, monitoramento *online* e energias renováveis.