



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

MAYELLE DOS SANTOS LIMA DE CARVALHO

**BUSWAY: APLICAÇÃO BASEADA EM IOT PARA GERENCIAMENTO DE
GEOLOCALIZAÇÃO DO TRANSPORTE ESCOLAR**

TERESINA-PI

2019

MAYELLE DOS SANTOS LIMA DE CARVALHO

BUSWAY: APLICAÇÃO BASEADA EM IOT PARA GERENCIAMENTO DE
GEOLOCALIZAÇÃO DO TRANSPORTE ESCOLAR

Projeto apresentado à Banca Examinadora como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí.

Orientador: Prof^a. Dra. Bruna de Freitas Iwata

Coorientador: Prof^o. Me. Francisco Marcelino Almeida de Araújo

TERESINA-PI

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Carvalho, Mayelle dos Santos Lima de
C331b Busway : aplicação baseada em IOT para gerenciamento de geolocalização
do transporte escolar / Mayelle dos Santos Lima de Carvalho. - 2019.
54 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Análise e
Desenvolvimento de Sistemas) - Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina
Central, 2019.

Orientadora : Profa. Dra. Bruna de Freitas Iwata.
Coorientador : Prof. Me. Francisco Marcelino Almeida de Araújo.

1. Sistemas de informação. 2. Sistemas de transportes inteligentes. 3.
Mobilidade inteligente. 4. Transporte de universitário . 5. Assistência
estudantil. I. Título.

CDD - 004.21

Elaborado por Sindya Santos Melo CRB 3/1085

MAYELLE DOS SANTOS LIMA DE CARVALHO

**BUSWAY: APLICAÇÃO BASEADA EM IOT PARA GERENCIAMENTO DE
GEOLOCALIZAÇÃO DO TRANSPORTE ESCOLAR**

Projeto apresentado à Banca Examinadora como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí.

Aprovado pela banca examinadora em _____.

BANCA EXAMINADORA:

**Prof^a. Dra. Bruna de Freitas
Iwata**

Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

**Prof^o. Me. Francisco Marcelino
Almeida de Araújo**

Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

**Prof^a. Me. Elaine Cristina
Osório Rocha**

Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

**Prof^o. Me. Mike Cristian de
Sousa Araújo**

Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

TERESINA-PI

2019

Aos meus pais, Haroldo e Rosangela...

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Criador, a qual tem me sustentado, mantivera forte e perseverante durante não somente a jornada acadêmica, mas desde a minha geração.

A minha família, em especial aos meus pais e irmãos, que não mediram esforços e me apoiaram em minhas decisões, para mim, são os primeiros exemplos a seguir, inspiração pessoal, autores e responsáveis pela primeira educação, base fundamental para esta conquista.

As minhas queridas Andreia Freitas, Camila Freitas, Renaira Freitas e Renata Freitas, companheiras de apartamento desde o início do ano letivo, me incentivaram e motivaram-me diariamente ao compartilharem do meu esforço cotidiano, acreditaram nas minhas competências e torceram ao longo destes dois últimos períodos para que eu concluísse o curso com tamanho êxito.

Agradeço também aos servidores e professores do IFPI tanto dos campus de Teresina Central quanto de Floriano (1º e 2º período), que compartilharam seus conhecimentos por todo essa jornada, agradeço em específico aos meus orientadores Bruna de Freitas Iwata e Francisco Marcelino Almeida de Araújo, que acreditaram em mim, tornando-se não só mediadores do conhecimento obtido por mim, como também inspirações pessoal.

Por fim, não menos importantes, a todos os colegas de classe, inclusive aos do campus de Floriano, me ajudaram compartilhando seu conhecimento e experiência, em especial gostaria de mencionar os colegas Jesus Adad e Micael Leal, e o primeiro acolhimento no campus Teresina Central do colega Marcelo Alves. Ao amigo Kássio Holanda, àquele quem me abriu portas e o colega de serviço Leonan, por suas sugestões, apoio e conhecimento técnico. Aos parceiros Hipólito Júnior, José Vinícius e Rodrigo Souza, minhas boas companhias por trás de todas as atividades realizadas ao longo do curso, mediadores de alegrias e bons conselhos.

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar
seria menor se lhe faltasse uma gota.”
(Madre Teresa de Calcutá)*

RESUMO

Na era da informação, fase em que as TICs ampliaram as soluções e automação de processos, foi introduzido o paradigma da Internet das Coisas no cotidiano da sociedade, permitindo que objetos e dispositivos se comuniquem. Tamanha evolução impulsionou a implantação de novas tecnologias em áreas como a mobilidade urbana, para desenvolvimento de Sistemas Inteligentes, tanto para gerenciamento de dados e automação de atividades, quanto para provimento de informações. No âmbito de transporte escolar, o emprego de Sistema de Informação favorece desde alunos com aplicações informativas de rotas, horários e localização do ônibus, quanto aos coordenadores das instituições de ensino, com ferramenta administrativa para armazenamento e gerenciamento de dados. Aplicações de monitoramento de ônibus escolar ajudam o aluno com o controle do horário ao se dirigir as paradas, evitando que o mesmo se atrase, perca o ônibus ou fique ocioso desnecessariamente, correndo risco de assalto, problemas que influenciam diretamente no acesso e permanência do aluno à instituição. Neste sentido este trabalho utiliza o paradigma de IoT por meio do uso de um microcontrolador NodeMCU e módulo GPS para o desenvolvimento de uma aplicação servidora coletora de dados e uma aplicação cliente Web para fornecimento de informações a gerenciadores e usuários do serviço de transporte escolar. O objetivo do trabalho foi implementar e apresentar uma proposta de automação do serviço de gerenciamento e geolocalização do transporte escolar interno a um *campus* do IFPI de Teresina-PI.

Palavras-chaves: Sistemas de informação. Sistemas de Transportes Inteligentes. Mobilidade Inteligente. Transporte de Universitário. Assistência Estudantil.

ABSTRACT

In the information age, when ICTs have expanded solutions and process automation, the IoT paradigm has been introduced into everyday society, allowing objects and devices to communicate. Such evolution has driven the implementation of new technologies in areas such as urban mobility, for the development of Intelligent Systems, for data management and automation of activities, as well as for information provision. In the field of school transportation, the use of the Information System favors from students with informative applications of routes, schedules and location of the bus, as the coordinators of educational institutions, with administrative tool for storage and data management. School bus monitoring applications help the student with time control when driving the stops, preventing them from being late, missing the bus or being idle unnecessarily, risking burglary, problems that directly influence student access and permanence to the institution. In this sense, this work uses the IoT paradigm through the use of a NodeMCU microcontroller and GPS module to develop a data collection server application and a web client application to provide information to school transport managers and users. The objective of this work was to implement and present a proposal for the automation of the internal school transportation management and geolocation service to a Teresina-PI IFPI campus.

Key-words: Information systems. Intelligent Transport Systems. Intelligent mobility. University Transportation. Student Assistance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estudantes que participam de programa de assistência estudantil	16
Figura 2 – Estudantes que já pensaram em abandonar o curso, segundo o tempo de deslocamento até a universidade (em %) - 2018	18
Figura 3 – Diagrama de casos de uso do modelo Busway	27
Figura 4 – Diagrama de classes modelo do Busway	30
Figura 5 – Esquema de comunicação Servidor Broker e Clientes do Busway	32
Figura 6 – Módulo físico de captura de dados do Busway: NodeMCU conectado ao GPS	33
Figura 7 – Fragmento de código do módulo de captura e envio de dados	34
Figura 8 – Esquema de arquitetura Cliente/Servidor do Busway	35
Figura 9 – Tela inicial da aplicação Busway	36
Figura 10 – Formulários de registro, login e alterar senha da aplicação Busway para <i>smarthphone</i>	37
Figura 11 – Menu de cadastros gerenciais da aplicação Busway	38
Figura 12 – Tela de listagem de agentes da aplicação Busway	38
Figura 13 – Formulário de cadastro de agentes da aplicação Busway	39
Figura 14 – Tela de cadastro e listagem de veículos da aplicação Busway	40
Figura 15 – Tela de cadastro de rota da aplicação Busway	41
Figura 16 – Tela de exibição de rotas cadastradas para administradores da aplicação Busway	42
Figura 17 – Tela de exibição de uma rota da aplicação Busway para <i>smartphones</i>	42
Figura 18 – Formulário de avaliação veicular da aplicação Busway	43
Figura 19 – Caixa de diálogo requisitando a confirmação de uma avaliação veicular da aplicação Busway	44
Figura 20 – Relatório de avaliação veicular da aplicação Busway	45
Figura 21 – Tela de cadastro e listagem de avisos da aplicação Busway	45
Figura 22 – Tela de <i>Feed</i> de Notícias da aplicação Busway para <i>Smartphones</i> e usuário logado com perfil aluno	46
Figura 23 – Tela de monitoramento do ônibus da aplicação Busway em um dispositivo móvel	47
Figura 24 – Tela detalhe de perfil da aplicação Busway	48
Figura 25 – Gráfico de avaliação de satisfação com a aplicação Busway	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Application Programing Interface</i>
CRUD	<i>Create, Read, Update e Delete</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
IoT	<i>Internet of Things</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
MTV	<i>Model, Template e View</i>
NFC	<i>Near Field Communication</i>
PAE	Políticas de Assistência Estudantil
QR	<i>Quick Response</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
RSSF	Redes de Sensores Sem Fio
SI	Sistema de Informação
SIT	Sistema de Transporte Inteligente
SIU	Sistema de Informação ao Usuário
STE	Serviço de Transporte Escolar
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UML	<i>Unified Modeling Language</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos	13
1.2	Justificativa	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Importância das Políticas de Assistência Estudantil	15
2.1.1	Transporte de Discentes	17
2.2	Sistemas de Transportes Inteligentes	18
2.3	Internet of Things	19
3	TRABALHOS RELACIONADOS	21
3.1	Aplicação <i>Backend</i> para Consultas de Dados de Geoposicionamento de Ônibus e previsão de chegada	21
3.2	CSF: um aplicativo para o transporte Público Coletivo	21
3.3	Sensingbus: um sistema de sensoriamento baseado em ônibus urbanos	22
3.4	Comparativo entre os trabalhos relacionados	22
4	BUSWAY	24
4.1	Requisitos	24
4.2	Modelagem	26
4.2.1	Diagrama de Casos de Uso	26
4.2.2	Diagrama de Classes	29
4.3	Implementação	31
4.3.1	Módulo de captura de dados	32
4.3.2	Módulo de armazenamento	34
4.3.3	Módulo de informação	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
6	CONCLUSÃO	51
6.1	Trabalhos Futuros	51
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

A inserção da computação de forma rápida no cotidiano de organizações e pessoas, marca a era da informação, onde dados são disseminados, capturados e processados em informação por meio de recursos tecnológicos. A Tecnologia da Informação (TI) ganhou enfoque nos diversos seguimentos, devido a sua contribuição para a automação de processos, criação e ou melhora de produtos e serviços, influenciando fortemente na sociedade e economia mundial. Entretanto Roza (2017) amplia o contexto de TI para uma nova expressão, a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), marcada pela participação das telecomunicações, que junto a eletrônica e a informática substituíram tecnologias nesta era informacional.

Tais aspectos de transformações facultou o compartilhamento e aquisição de informação de forma rápida e acessível. O avanço das TICs trouxeram o aperfeiçoamento de serviços e produtos, de forma a integrá-los uns com os outros. Costa (2019) intervém que estes avanços são vivenciados pela população por meio do uso de produtos ou serviços eficientes que repercutem em uma grande quantidade de dados, que podem ser processados e transformados em novos serviços.

Para tanto, todos esses avanços impulsionaram a investigação de novas formas de coleta e processamento de dados, fomentando assim ao contexto da *Internet of Things* (IoT), onde a coleta de dados não se limitasse ao compartilhamento de informações por pessoas, mas também coisas, objetos e dispositivos possam se comunicar entre si, por meio da conexão com a internet, garantindo assim um ambiente prático e inteligente, dando ênfase a outras designações tais como *Smart Cities* e *Smart Mobility*.

Mediante este contexto é ressaltado a atuação do IoT nos Sistemas de Transportes Inteligentes (STIs), âmbito que dentre as classificações exemplificadas por Silva (2000) foi colocado em evidência neste estudo os Sistemas de Informação ao Usuário (SIU). Neste domínio Soares, Medeiros et al. (2017) enfatiza a necessidade de melhores prestações de serviços de transporte coletivo, no que diz respeito ao provimento de informações aos usuários, baseando-se em implementação de sistemas inteligentes de monitoramento de transporte. Para escolares as informações providas de um SIU (tal como localização, horários, rotas, paradas do ônibus escolar), resultam em um maior planejamento de horários, evitando atrasos, perda do ônibus e ociosidade em paradas, situações que submetem os alunos ao risco de assaltos ou perda de aula.

Embora existam variadas soluções de SIUs para os transportes público nos centros urbanos, ainda existem lacunas quando se refere ao transporte de escolares, quando os mesmos utilizam serviços internos à instituição de ensino e não dispõe de tantos recursos para provimento de informações. Dentre tantos fatores, o serviço de transporte de escolares implica diretamente na permanência dos discentes, pois o mesmo está atrelado a questões de segurança e vulnerabilidade

social.

Tais afirmações são justificadas com os resultados da pesquisa realizada pela FONAPRACE/ANDIFES (2018) onde ressalta a necessidade de melhoria para o transporte de discentes, uma vez constados nos resultados que problemas com o tempo de deslocamento dos estudantes até a instituição estão atrelados ao pensamento de abandono ao curso, fazendo da atuação do serviço de transporte escolar como um dos pilares para diminuir tais índices.

Para tanto é apresentado o contexto das Políticas de Assistência Estudantil (PAE) com intuito de assegurar a educação e o direito de acesso e permanência a todos, oferecendo tais direitos por meio de ações e programas de políticas públicas [BRASIL, 2010]. Tais programas como o PNAES, REUNI, Lei de Cotas, SISU, trouxeram as Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) um crescimento de graduandos matriculados e por tanto uma maior necessidade de atenção a permanência dos mesmos.

Como avaliado junto ao Coordenador do setor Logística e Manutenção da Reitoria de Ensino do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), em uma entrevista semiestruturada, os *campus* do IFPI asseguram melhores condições de permanência ao aluno por meio da iniciativa de programas de assistência estudantil, entre esses a instituição oferece o serviço de transporte escolar para os campus mais distantes do centro da cidade, onde não existe transporte público acessível ou uma rota favorável para levar os alunos.

Neste sentido é imprescindível a exploração de novas combinações de tecnologias e meios alternativos para melhorar tal contexto. Para tanto este estudo objetiva apresentar uma aplicação informativa para gerenciadores e usuários do serviço de transporte escolar, utilizando um sistema baseada em IoT para a captura dos dados e provimento de informações. A pesquisa de campo foi realizada com o transporte escolar do Instituto Federal do Piauí, campus Teresina Zona Sul.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo é desenvolver um sistema de informação para aperfeiçoamento do uso de transporte escolar por meio do compartilhamento de informações de localização, rotas, horários e imprevistos do serviço de transporte escolar para os alunos e gestores do serviço no Instituto Federal do Piauí (IFPI), campus Teresina Zona Sul, através da integração do paradigma de IoT com uma aplicação web.

Como os seguintes objetivos específicos:

- Automatizar o processo de gerenciamento do serviço de transporte de alunos no IFPI campus Zona Sul;
- Implementar um modelo de solução integrável aos sistemas internos à instituição;
- Validar o protótipo da aplicação com a pesquisa de campo no Instituto Federal do

Piauí (IFPI), campus Teresina;

1.2 JUSTIFICATIVA

O Serviço de Transporte Escolar (STE) é um das ações do IFPI que visam a permanência do aluno junto aos Programas de Assistência Estudantil (PAE) e portanto as políticas e projetos de aperfeiçoamento destes serviços apresentam-se como propostas relevantes para os campus, no intuito de atender demandas que possam garantir a permanência do estudante durante suas atividades escolares.

O serviço de transporte escolar embora seja parte de um sistema de rotas planejadas e possuam meios de identificação para paradas e horários (em alguns casos), ainda contam com imprevistos e mudanças diárias, podendo ocasionar em prejuízos ao aluno, como atrasos, assaltos, ocasionados pela ociosidade nas paradas, desconhecimento da rota e paradas do transporte, principalmente para alunos novos durante o ingresso à instituição.

No contexto gerencial, o uso de SI (Sistema de Informação) no STE ajuda na automação dos processos realizados no setor, arquivamento e armazenamento de dados, tomadas de decisões com base na disposição dos dados para controle e prevenção de gastos com avarias, danos e manutenção de peças do ônibus, combustível e outros, além da disposição das informações para emissão de relatórios informativos para justificar as atividades realizadas no Setor.

Sobretudo a aplicação proposta visa contribuir com carência de informação neste serviço, por meio do provimento de informação sobre a localização do transporte, bem como avisos de imprevistos, horários e locais de paradas. Tal desenvolvimento resultará em conhecimento para áreas de Sistemas de Informação, Aplicações Web, IoT e outras por meio de informações técnicas do uso destas tecnologias exploradas utilizadas para a construção da solução, além de abrir uma porta para integração de outras tecnologias, possibilitando a implementação de Sistemas de Transportes Inteligentes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Segue o capítulo de revisão, onde estão contextualizados os principais assuntos necessários para compreensão das tecnologias utilizadas para este trabalho, com base no conhecimento de autores e pesquisas presentes nos últimos anos. O primeiro item deste capítulo corresponde a contextualização das Políticas de Assistência Estudantil, onde será contextualizado o auxílio ao transporte de discentes, seguido do uso de Sistemas de Transportes Inteligentes, e por fim uma breve revisão sobre origem e uso da Internet das coisas.

2.1 IMPORTÂNCIA DAS POLÍTICAS DE ASSISTÊNCIA ESTUDANTIL

A importância da atuação das políticas públicas no âmbito de Assistência Estudantil (AE) nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) é confirmada por Lima e Ferreira (2016), enfatizando que discentes durante o desenvolvimento de suas atividades acadêmicas se encontram situações de vulnerabilidade social, tais que dificultam sua permanência nas instituições de ensino, causando desistência ou trancamento do curso. Com a aplicação das ações e programas promovidos pelas políticas de assistência estudantil, os autores afirmam que é dado uma maior viabilidade de permanência dos estudantes durante os cursos.

A Pesquisa Nacional de Perfis Socioeconômico e Cultural dos Graduandos das Instituições Federais de Ensino Superior realizada pelo Fórum Nacional dos Pró-Reitores de Assuntos Estudantis (FONAPRACE) junto a Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições de Ensino Superior (ANDIFES) foi uma iniciativa de levantamento de dados de graduandos afim de criar programas de AE a serem implantados nas IFES, direcionados principalmente à vulnerabilidade e ou perfil socioeconômico dos graduandos.

Os dados levantados nas pesquisas realizadas em 1996, 2003 e 2010 foram essenciais para a criação do Programa Nacional de Assistência Estudantil (PNAES). Tal criação partiu da elaboração do Plano Nacional de Assistência Estudantil (PNAE) pelo FONAPRACE em parceria com a ANDIFES no ano 2001, a qual foi apresentado ao Ministério da Educação (MEC). O que representou uma conquista para o ensino superior público [FONAPRACE/ANDIFES, 2018].

O PNAES é um dos programas criados pela União para prestar melhores condições de permanência de jovens nas IFES, dado assim como alguns de seus principais objetivos: "democratizar as condições de permanência dos jovens na educação superior pública federal; minimizar os efeitos das desigualdades sociais e regionais na permanência e conclusão da educação superior; reduzir as taxas de retenção e evasão; contribuir para a promoção da inclusão social pela educação"[BRASIL, 2010].

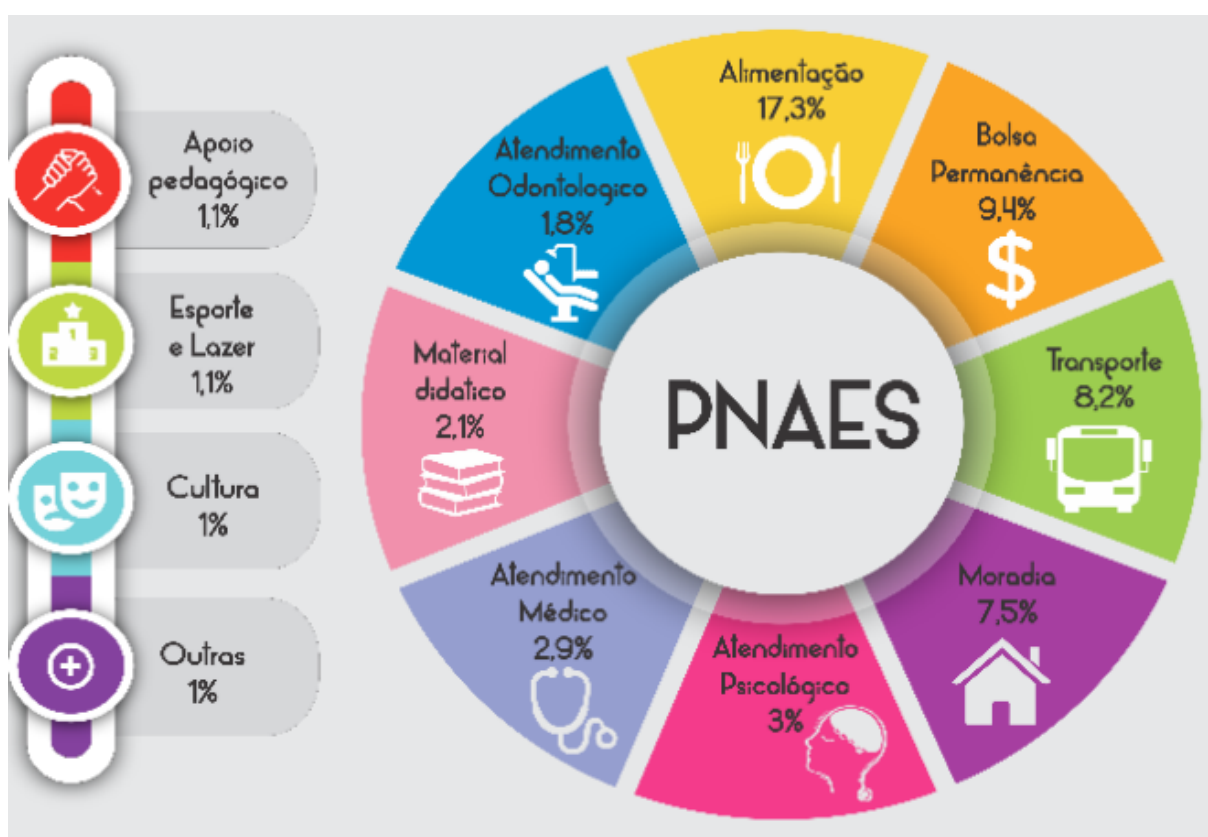
Entre as ações de desenvolvimento do PNAES, dispostos no Decreto nº 7.234, de julho de 2010, BRASIL (2010) inclui ações na área de moradia estudantil, alimentação, transporte,

saúde e outras, dado que seus critérios e metodologias para seleção dos discentes que irão participar dos programas são definidos pelas IFES, abrangendo também os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia.

Nas pesquisas realizadas pelo FONAPRACE/ANDIFES posteriormente ao PNAES (em 2014 e 2018) o levantamento de dados seguiram com novos critérios de classificações de resultados, diferentes das edições anteriores, devido a implantação de novas políticas públicas [FONAPRACE/ANDIFES, 2018]. Além do PNAES, foram criados programas como o Sistema de Seleção Unificado (SISU), o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI), a Lei de Cotas (Lei nº 12711/2012), ambos com objetivo em diminuir as desigualdades sociais, ampliar cursos e vagas nas IFES, diminuir evasão escolar, democratizar acesso à universidades privadas e da permanência dos estudante [MEC, 2014].

Segundo a FONAPRACE/ANDIFES (2018) um total de 30% dos 424.128 estudantes validados na pesquisa (cerca de 35,34% dos estudantes matriculados nas IFES) participam de algum tipo de Programa de Assistência Estudantil (PAE), conforme os dados levantado na V Pesquisa Nacional de Perfis Socioeconômicos e Cultural dos Graduandos das IFES, ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Estudantes que participam de programa de assistência estudantil



Fonte: V Pesquisa Nacional de Perfis Socioeconômico e Cultural dos graduandos das IFES (2018)

Dado a educação como uma prioridade para melhores condições de desenvolvimento no

Estado, Santos (2018) entende que a efetivação destas políticas são essenciais para aprimorar o acesso à educação, entre tantos fatores que implicam nesse objetivo, o autor explora a implantação de serviço de transporte escolar como promotor da acessibilidade à escola, bem como da educação continuada. Desta forma segue no próximo item uma reflexão da atuação deste auxílio como AE.

2.1.1 Transporte de Discentes

Como visto até então, a implantação de PAE são iniciativas do poder público no intuito de oferecer acesso à educação escolar a todos. Igualmente necessário, como outras áreas de ações e programas para acesso e permanência de estudantes nas instituições, programas de oferta de transporte escolar é uma necessidade para atingir tais objetivos.

No âmbito da educação básica, conforme esclarece os Art. 10 e 11 da Lei Nº 10.709 de 31 de julho de 2003 (acréscimo da Lei Nº 9.394/96), é de competência do Estado e do município a oferta de transporte escolar aos alunos da rede pública das respectivas redes de ensino [BRASIL, 2003]. Neste sentido o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), juntamente ao MEC são responsáveis pela normatização e assistência financeira de programas e ações para auxílio de transporte escolar.

Tal disposição do poder público instituiu o Programa Nacional de Apoio ao Transporte Escolar (PNATE) na Lei Nº 10.880, de 9 junho de 2004, com o objetivo de oferecer transporte escolar aos alunos da educação básica pública, residentes em área rural, por meio de assistência financeira, em caráter suplementar, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios [BRASIL, 2004]. Segundo Sistema Integrado de Monitoramento Execução e Controle (SIMEC), em 2015 o programa beneficiou cerca de 4.307.533 alunos.

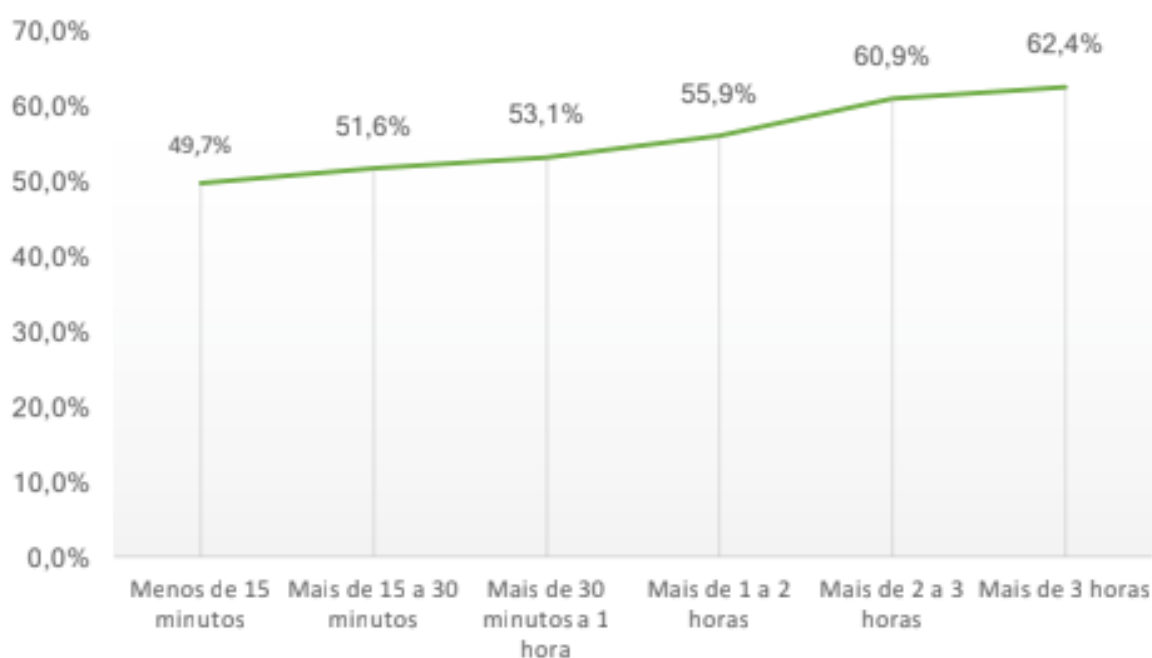
Para complementar a execução do PNATE foi criado em 2007 o programa Caminho da Escola disciplinado no Decreto nº 6.768, de 10 de fevereiro de 2009, coordenado pelo MEC, este programa objetiva no âmbito das redes municipal e estadual de educação básica na zona rural: renovar a frota de veículos escolares; garantir a qualidade e segurança do transporte, por meio da padronização e inspeção dos veículos disponibilizados pelo Programa; garantir o acesso e a permanência dos estudantes; reduzir a evasão escolar, em observância às metas do Plano Nacional de Educação; reduzir o preço de aquisição dos veículos necessários ao transporte escolar [BRASIL, 2009]. Na última atualização do SIMEC consta que foram adquiridos um total de 39.929 ônibus em 2015, 931 embarcações e 176.409 bicicletas em 2014 pelo o programa.

No contexto das IFES o apoio ao transporte de universitários é executado por meio do PNAES. A representação dos resultados da pesquisa com relação a participação dos estudantes no PNAES (Figura 1), exhibe o uso do auxílio de transporte como o terceiro mais utilizado do programa, marcando 8,2% dos participantes, ficando atrás somente do auxílio de alimentação (17,3%) e bolsa permanência (9,4%) [FONAPRACE/ANDIFES, 2018].

Outros apontamentos observados na pesquisa da FONAPRACE/ANDIFES (2018) foi

sobre o meio de transporte utilizado pelos discentes para a ida à instituição, cerca de 51,4% utilizam transporte coletivo e 49,9% levam mais de 30 minutos para chegar à instituição. No relatório da pesquisa os fatores são atrelados à ineficiência dos transportes públicos, afirmando que tais considerações implicam diretamente na quantidade de alunos que pensam em desistir do curso, uma vez que o levantamento constou que de acordo com o tempo de deslocamento do aluno cresce o percentual de alunos com o pensamento de desistência conforme mostra o gráfico Figura 2.

Figura 2 – Estudantes que já pensaram em abandonar o curso, segundo o tempo de deslocamento até a universidade (em %) - 2018



Fonte: V Pesquisa Nacional de Perfis Socioeconômico e Cultural dos graduandos das IFES (2018)

Neste âmbito é ressaltado o serviço de transporte de alunos pelas IFES e Institutos Federais que oferecem o serviço de transporte internamente como alternativa de garantir a mobilidade dos alunos e permanência nos cursos.

2.2 SISTEMAS DE TRANSPORTES INTELIGENTES

Segundo Silva (2000) os Sistemas de Transportes Inteligentes, do inglês *Intelligent Transportation Systems* (ITS), fazem integração de recursos tecnológicos, tais como processamento de dados de informação e comunicação, sensoriamento e outros para melhorar o gerenciamento de sistemas de transporte, trazendo eficiência em suas operações. Estes aprimoramentos implicam em melhores condições de mobilidade, reduções de custos e impactos ambientais.

Para Nascimento e Lima (2017) o emprego de ITS para melhores condições de mobilidade tornou-se indispensável no atual cenário vivido, de grande quantidade de transportes,

eventualmente causado pelo crescimento populacional e dos centros urbanos, o que repercutiu em um aumento de investimentos por parte de empresas de transporte em serviços e soluções tecnológicas.

Os ITS são compostos de subsistemas, caracterizados de acordo com seu emprego e contextos de aplicação (setores). Um desses subsistemas é definido como Sistemas Avançados de Transportes Públicos (APTS), utilizado para aperfeiçoamento em segurança, eficiência e efetividade dos serviços de transportes públicos. Por sua vez os APTS são categorizados em outros subsistemas do qual será evidenciado os Sistemas de Informação ao Usuário (SIU) [SILVA, 2000].

No âmbito de usuários de transportes coletivos os SIUs são um conjunto de recursos tecnológicos para prover informação sobre o transporte, com intuito de auxiliar a passageiros a terem uma melhor acessibilidade de informação quanto ao uso do serviço de transporte, tais como acesso à programação de horários de paradas, localização e imprevistos do ônibus [SCHEIN, 2003].

O uso destes sistemas para aprimoramento dos serviços de transportes coletivos implicam em atração de usuário para a escolha do mesmo. De acordo com Nascimento e Lima (2017) um serviço quando bem executado, dispondo de informações de forma precisa e organizada atrai o usuário para a utilizá-lo, tornando sua experiência agradável por usufruir do serviço como almejado.

É relevante ressaltar que tais necessidades já existiam na virada para o século XXI, onde Schein (2003) enfatizava que a precariedade destes serviços causavam insatisfação, dificuldades e consequentemente o desestímulo para a utilização do mesmo. O autor destaca que para melhorar a experiência do usuário de transportes públicos é necessário prover informações tais como o horários de funcionamento, de linhas e pontos de paradas.

Mediante a prevalência de tais necessidade que são presenciadas em dias atuais, a mobilidade urbana tem se ampliado a novos contextos, aderindo a novas tecnologias que popularizaram-se nas últimas décadas, implantando soluções e sistemas mais eficientes. E novas práticas de rastreo e monitoramento de geolocalização de transporte se popularizaram nas indústria e cidades. Atualmente a maioria das técnicas existentes, utilizam tecnologias como RFID, GPS, NFC, RTLS (*Real Time Location System*) adotando ao paradigma de Internet das Coisas [M'HANDA et al., 2019].

2.3 INTERNET OF THINGS

O termo Internet das Coisas do inglês *Internet of Things* (IoT), refere-se de uma forma bem generalista a objetos, dispositivos, “coisas” conectados à internet, o que leva a designação de coisas inteligentes. Também pode ser entendida como uma extensão da Internet, na qual proporciona as coisas capacidade computacional e de comunicação, conexão à Internet para

prover serviços à sociedade, indústrias, cidades [SANTOS et al., 2016].

As primeiras implantações de IoT vem desde a Segunda Guerra Mundial (1940), quando a tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*) foi usada pela primeira vez associando-a como uma aplicação deste conceito. A mesma tecnologia ainda é utilizada fortemente nos dias atuais para diversos serviços, principalmente na área de rastreamento e identificação de produtos, cargas e transportes [OLIVEIRA, 2017].

Costa (2019) destaca que o IoT, de forma frequente, é aplicado nas atividades cotidianas, tais como tantas outras tecnologias, o uso de IoT tornou-se algo ubíquo. Sua aplicação pode ser notada nos serviços de sistemas inteligentes em residências, cidades, indústrias, estacionamentos, rodovias, monitoramento de transportes e cargas, dispositivos e objetos inteligentes (celulares, relógios, óculos, TVs, roupas e outros) para aplicação na saúde, atividades esportivas, sistemas de segurança, entre outras aplicações.

Atzori, Iera e Morabito (2010) intervêm que este cenário do IoT se popularizou mediante aos avanços dos campos de conhecimentos em informática, telecomunicações, eletrônica, ciências sociais, e entre outros campos correlacionados à conexão com redes. Tal modelo de integração de várias tecnologias e soluções de comunicação, trouxe inúmeras contribuições para bem estar, segurança, saúde e automação dos ambientes organizacionais.

Embora tenha surgido desde a década de 1940, o IoT ganhou enfoque a partir da popularização da Internet. E até então novas formas de capturar dados e conectar dispositivos e objetos foram sendo explorados. Atualmente este campo é composto por tecnologia de RSSF (Redes de sensores sem fio), RFID, NFC (*Near Field Communication*) QR code (*Quick Response Code*), *Bluetooth*, GPS (*Global Positioning System*), GSM (*Global System for Mobile Communications*) e outras tecnologias que tornam serviços e produtos mais eficientes cotidianamente [Santos et al., 2016; SINGER, 2012].

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo refere-se a pesquisa de trabalhos que possui relação com este trabalho, fazendo um comparativo entre metodologias, campo de estudos e relevância das soluções propostas. A principal motivação desta comparação é identificar pontos positivos e diferenciais do BusWay com as demais soluções existentes no estado da arte.

3.1 APLICAÇÃO *BACKEND* PARA CONSULTAS DE DADOS DE GEOPOSICIONAMENTO DE ÔNIBUS E PREVISÃO DE CHEGADA

O trabalho de Silva et al. (2017) teve como objetivo geral o desenvolvimento de uma API para provimento de informações de predição de tempo de chegada de transportes coletivos, além de informações de localização do transporte, com o intuito de prover dados para serem consumidos por aplicações clientes.

Em sua proposta Silva et al. (2017), consome os dados provindos da API de um sistema de monitoramento de ônibus na cidade do estudo de campo, controlado pela empresa responsável pelo gerenciamento de transporte público da região juntamente com a empresa que fornece o *hardware*, instalados nos transportes, utilizados para o desenvolvimento do *backend* proposto pelo o autor.

O autor também selecionou uma metodologia de desenvolvimento de algoritmo de predição de tempo estimada dentro da literatura, para o cálculo do tempo aproximado para a chegada do transporte na parada. Ao fim foi constituída uma aplicação *backend* dispondo de informações da rota, identificação do transporte, localização e tempo estimado para a chegada na parada.

3.2 CSF: UM APLICATIVO PARA O TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO

A proposta de Canedo, Lemos e Silva (2018) é o desenvolvimento de um aplicativo para a plataforma *Android* para compartilhamento de informações referentes ao transporte público nos municípios da região centro-sul fluminense.

O autor utiliza o ambiente AppInventor2, que segundo o mesmo possibilita a criação de aplicativos por meio do uso de componentes gráficos, sem muito conhecimento necessário para programação.

Foi observado que no trabalho de Canedo, Lemos e Silva (2018) não é especificado outras tecnologias utilizadas para o desenvolvimento da proposta, nem mesmo como é acessado a informação de localização disponibilizada pelo aplicativo. Ao fim são apresentados os resultados de seu trabalho, interfaces de funcionalidades que permitem a visualização da rota do transporte

da origem ao destino do usuário, de forma que este informa ao aplicativo e ele retorna informações de empresas e horários disponíveis para o percurso informado.

3.3 SENSINGBUS: UM SISTEMA DE SENSORIAMENTO BASEADO EM ÔNIBUS URBANOS

Cruz et al. (2017) apresentam uma proposta de um sistema para cidades inteligentes. Utilizando os conceitos de IoT, computação em nuvem para a coleta e publicação de dados ambientais. A proposta dispõe de um sistema completo, desde a captura, processamento e disponibilização dos dados para uma API a ser consumida por uma aplicação cliente.

A solução é baseada em três camadas, definidas pelo autor como coleta, recepção e publicação. A camada de coleta é constituída de um banco de sensores (umidade, temperatura, intensidade luminosa e intensidade de chuva) e um receptor GNSS (Global Navigation Satellite System) todos controlados por uma placa de arduino UNO R3. Esta camada é responsável pela coleta de dados que ficará instalada no ônibus.

A camada de recepção é uma computação em névoa, constituída de um controlador Raspberry Pi e um dispositivo de WiFi TL-WN722N, que farão a recepção dos dados por meio de uma rede sem fio, para realizar o pré-processamento e tratamentos de seguranças dos dados. Estes são disponibilizados ao usuário por meio da camada de publicação, constituindo uma API consumida por uma interface web desenvolvida com o *framework* Django.

3.4 COMPARATIVO ENTRE OS TRABALHOS RELACIONADOS

A aplicação *backend* de Silva et al. (2017) se mostrou bem similar a proposta do Busway, divergindo em relação ao público alvo e o fornecimento de algumas funcionalidades a mais, que podem ser implementadas posteriormente no Busway. Alguns aspectos a serem destacados é que em sua proposta o autor utiliza dados de sistemas existentes, o que pode ser visto como uma vantagem em relação a não ser necessário a implementação de um módulo de captura de dados e dispensando a criação de um módulo específico para cadastros gerencias, uma vez que todas as rotas e regras de negócios são manipuladas pelo sistema provedor de dados, no entanto o mesmo aspecto torna uma aplicação dependente do sistema de terceiros, gerando limitações para a proposta, o que é compensado pela alternativa de criar o próprio módulo de captura de dados no Busway, possibilitando que novas atribuições sejam dadas a este sistema coletor, agregando novas funcionalidades e informações aos usuários.

Diferente da comparação anterior, o aplicativo CSF possui uma série de divergências com relação a metodologia empregada para o desenvolvimento da proposta. A utilização do AppInventor2, impossibilita a autonomia da aplicação, em observação as telas de resultados é notório que muitas técnicas de IHC não foram exploradas, devido a limitação de componentes pela metodologia empregada, o que torna a experiência do usuário desagradável, pois não é

possibilitado o emprego de componentes que façam essas adaptações. No mais o trabalho não especifica maiores detalhes de quais recursos foram utilizados para obtenção dos dados tornando a proposta do Busway bastante vantajosa devido a esta utilizar bastante dos recursos atuais fornecidos por *frameworks* e linguagens dinâmicas.

Com relação ao Sensingbus, proposto por Cruz et al. (2017), os objetivos são diferentes e o público alvo também, no entanto possui uma semelhança com materiais e métodos utilizados, fazendo da solução uma alternativa de complemento para o Busway no sentido de integrar as funcionalidades propostas pelo Sensingbus ao Busway, o que traria maior relevância para a proposta do Busway. No mais a proposta do autor se mostra uma grande contribuição para as tecnologias empregadas.

4 BUSWAY

A ferramenta proposta neste trabalho, nomeada Busway, trata-se de uma aplicação informativa para alunos e gerenciadores do Serviço de Transporte Escolar (STE) do Instituto Federal do Piauí (IFPI), *campus* Teresina Zona Sul, onde é ofertado o serviço aos estudantes desta instituição de ensino.

Para o desenvolvimento do projeto, baseou-se em Pressman e Maxim (2016), seguindo o Modelo de Desenvolvimento Espiral como metodologia de Engenharia de Software, onde foram realizadas as etapas de levantamento de requisitos, planejamento, desenvolvimento e implantação do software. O levantamento de requisitos para o desenvolvimento do sistema proposto foi efetivado por meio da realização de entrevistas semiestruturadas com a Fiscal Gestora do STE do IFPI de Teresina-PI Zona Sul e com o responsável pelo Departamento de Logística e Manutenção na Reitoria de Ensino do IFPI. Assim na etapa seguinte foi validada a solução, que seguiu com o teste de implantação do Busway e aplicação de um questionário de avaliação do Busway pelos gerenciadores do serviço na instituição.

Optou-se pela criação da própria aplicação de provimento de dados, com intuito de não depender dos sistemas existentes, que muitas vezes não correspondem as necessidades reais para a automação requerida, a burocratização do fornecimento dos dados, além da infraestrutura dos transportes que nem sempre atende aos requisitos. A solução foi baseada no paradigma de IoT, onde utilizou-se de tecnologias e dispositivos para troca de informações através de uma rede *WiFi*.

A execução do projeto foi dada em etapas de desenvolvimento que estão apresentadas nas sessões seguintes, tais como as especificações de requisitos, modelagem e arquitetura da solução, implementação, resultados e discussão. Segue a descrição das etapas de desenvolvimento e tecnologias utilizados para a execução do projeto.

4.1 REQUISITOS

Os requisitos utilizados para a implementação do Busway foram elaborados baseando-se nas respostas à entrevista semiestruturada respondida pelos servidores responsáveis pelo serviço. As perguntas instigavam sobre funcionalidades e demandas que pudessem ser melhoradas ou criados com uso das tecnologias sugeridas.

A intenção era de aperfeiçoar os requisitos iniciais definidos pela equipe do projeto, proporcionando melhoras necessários para que a aplicação atenda ao máximo de necessidades possíveis dentro do escopo e prazo do projeto.

A entrevista demonstrou-se bem produtiva, sendo possível a elaboração da lista de

Requisitos Funcionais (RF) e Requisitos Não Funcionais (RNF) a partir das respostas dos entrevistados. Segue abaixo o Quadro 1 e 2, com os RFs e RNFs do Busway, respectivamente:

Quadro 1: Requisitos Funcionais previstos para aplicação Busway

CÓD.	DESCRIÇÃO
RF-01	Os usuários do sistema devem ser gerenciados por tipo de perfil, para controle de permissões;
RF-02	O controle de acesso ao sistema deve ser feito por meio de autenticação de usuários;
RF-03	Os usuários administradores do sistema devem poder criar, atualizar, excluir e visualizar rotas de percurso do ônibus ;
RF-04	Os usuários administradores do sistema devem poder criar, atualizar, excluir e visualizar veículos da instituição;
RF-05	Os usuários administradores do sistema devem poder criar, atualizar, excluir e visualizar avisos e notas de imprevistos;
RF-06	O sistema deverá possuir um perfil para os motoristas e fiscais dos veículos da instituição;
RF-07	Os usuários administradores, motoristas e fiscais do sistema devem poder criar, atualizar e visualizar formulários de revisão das rotas e veículos;
RF-08	Os usuários administradores do sistema devem poder visualizar relatórios dos formulário emitidos;
RF-09	Todos os perfis de usuários do sistema devem poder visualizar a localização do ônibus;
RF-10	Os usuários alunos do sistema devem poder visualizar os avisos e notas de imprevistos;
RF-11	Os usuários alunos do sistemas devem poder consultar as rotas e especificações de horários e paradas do ônibus;
RF-12	Os usuários do sistema do tipo motorista e fiscais devem ser cadastrados e gerenciados pelo usuário do tipo administrador;
RF-13	Os usuários alunos do sistema devem poder fazer seu cadastro de forma autônoma no sistema.

Fonte: Autor (2019)

Quadro 2: Requisitos Não Funcionais previstos para aplicação Busway

CÓD.	DESCRIÇÃO
RFN-01	O acesso ao sistema deve ser disponibilizado por meio de navegadores de internet afim de não ser necessário a instalação nativa da aplicação;
RFN-02	A interface do usuário deve ser implementado com linguagens declarativas seguindo padrões de responsividade para ser acessado pelos diversos tamanhos de dispositivos móveis.

Fonte: Autor (2019)

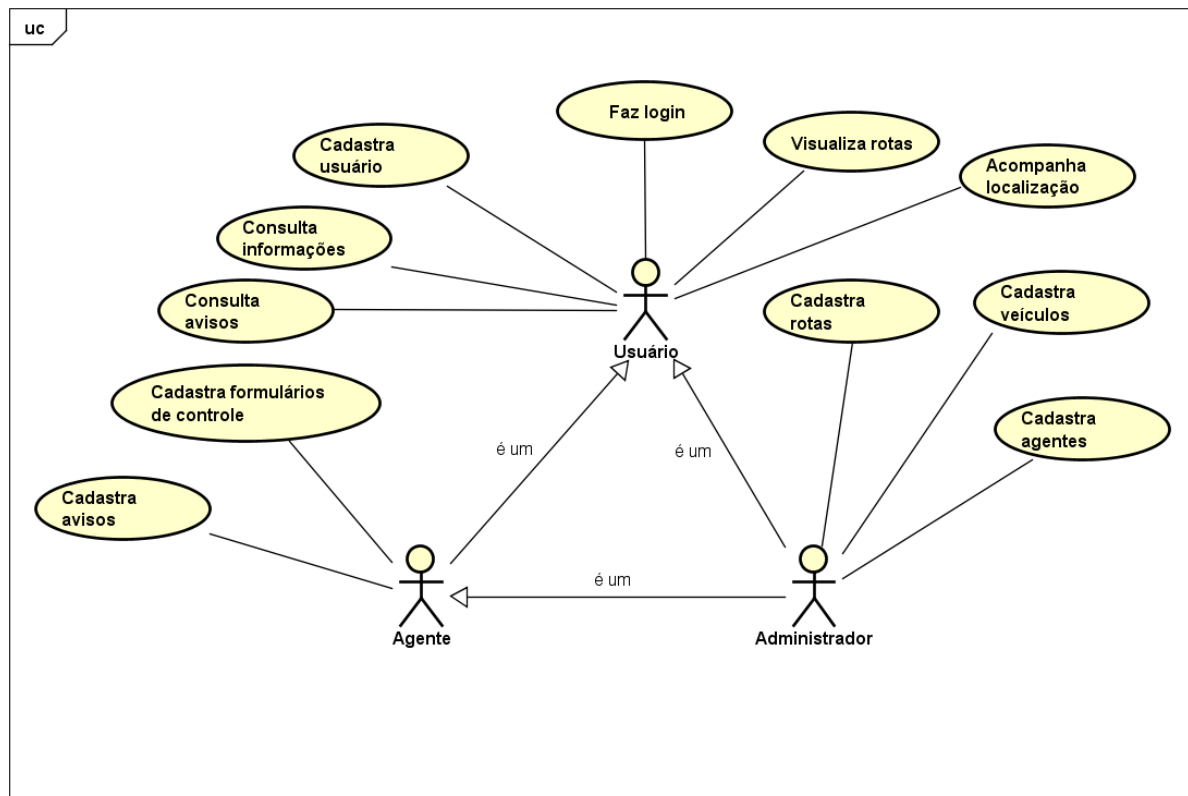
4.2 MODELAGEM

De acordo com Pressman e Maxim (2016) a modelagem inicial de um software representa uma série de componentes para compreensão de funcionalidades e modelos que serão utilizados para a criação do código fonte da aplicação. Esta demonstração foi realizada com o uso de Diagramas da UML (*Unified Modeling Language*), por meio da plataforma gratuita Astah Community. Nesta sessão serão apresentados especificamente os dois mais comuns utilizados na engenharia de software, o diagrama de caso de uso e o diagrama de classe, segue nas subseções seguintes.

4.2.1 Diagrama de Casos de Uso

O entendimento das funcionalidades que o software irá dispor, é fundamental para perceber quais as interações e quem são os autores envolvidos no sistema (aplicação). O Diagrama de Caso de Uso (UC do inglês *Use Case*) é projetado com essa finalidade e para tanto o mesmo se baseia nos RFs do sistema, listados na subseção anterior, o mesmo segue exposto na Figura 3 representando as interações dos autores com as funcionalidade da aplicação Busway.

Figura 3 – Diagrama de casos de uso do modelo Busway



powered by Astah

Fonte: Autor (2019)

No diagrama (Figura 3) é observado três atores: o usuário comum, é o ator de perfil com maior limitação de acesso, pois este é destinado para uso do sistema pelo aluno, não fazendo necessário acesso as outras funcionalidades; o ator agente, é destinado ao perfil motorista e fiscal que são usuários comuns também, podendo fazer uso das funcionalidades de ambos atores; e o ator administrador que tem acesso a todas as funcionalidades do sistema, fazendo desse o perfil a ser utilizado pelo gerenciador do serviço da instituição.

Os balões representam funcionalidades da aplicação onde cada ator tem suas interações respectivas e por meio do controle de acesso, de acordo com seu perfil dentro do sistema. Todas as funcionalidades, com exceção do cadastro de usuário, exigem a autenticação no sistema (*login*).

No Quadro 3 é descrito de forma resumida a funcionalidade, o pré requisito e a restrição de usuário de cada um dos Caso de Uso (UC) do sistema:

Quadro 3: Casos de Uso da aplicação Busway

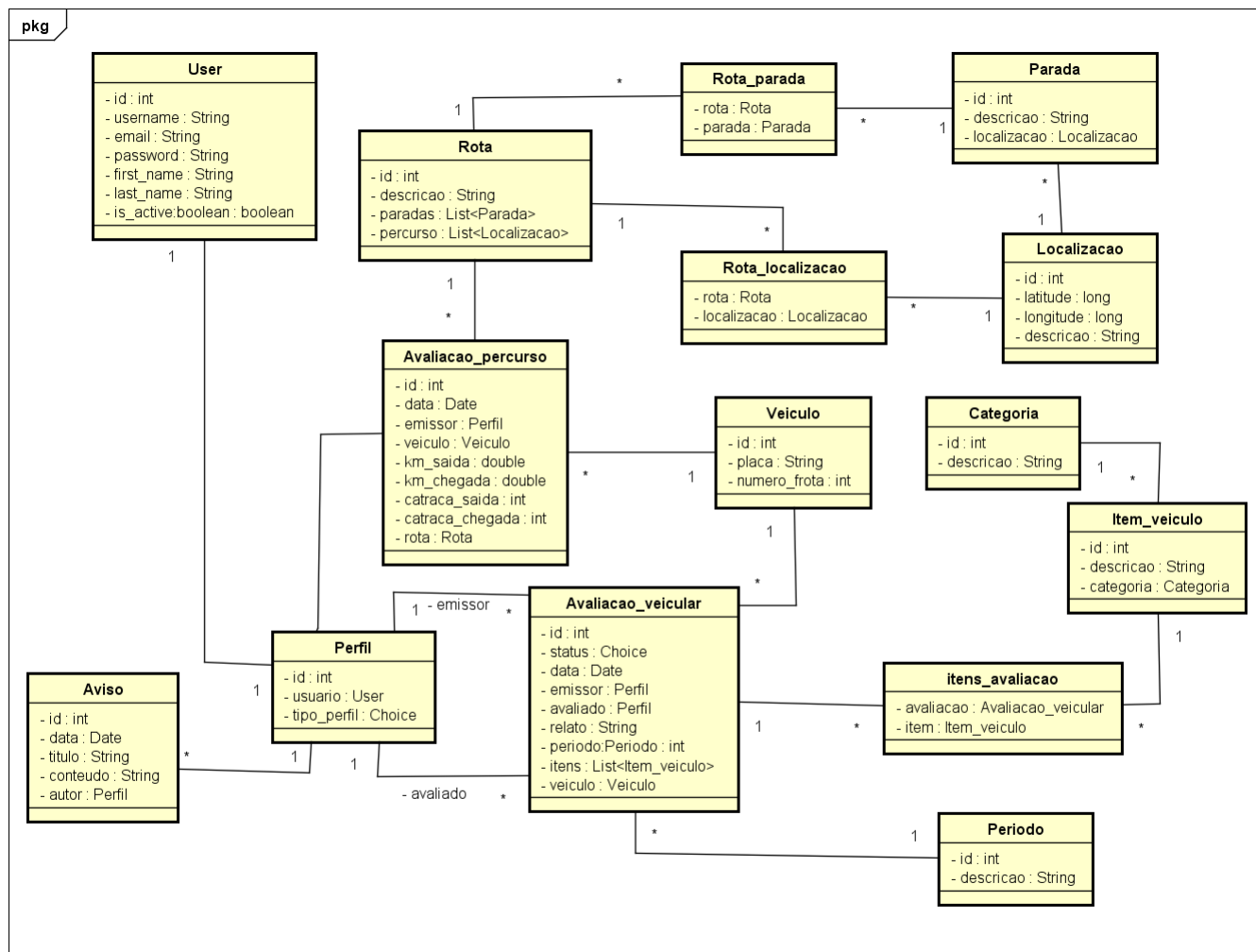
CÓD.	CASO DE USO	DESCRIÇÃO
UC-01	Faz <i>login</i>	Tem como pré requisito um cadastro prévio na aplicação, esta funcionalidade é destinada a autenticar o usuário nas sessões, é permitido a todos os usuários;
UC-02	Cadastra usuário	Sem pré requisitos, é destinado a criar uma conta de usuário para acessar o sistema, permitido a todos os usuários;
UC-03	Visualiza rotas	Tem como pré requisito o UC-01, destinada a uma visualização da listagem de todas as rotas cadastradas e ativas no sistema, permitido a todos os usuários;
UC-04	Consulta rota	Tem como pré requisito o UC-01, é um forma de filtrar e buscar uma rota desejada, permitido a todos os usuários;
UC-05	Consulta informações	Tem como pré requisito o UC-01, é uma tela estática de informações sobre o serviço, permitido a todos os usuários;
UC-06	Consulta avisos	Tem como pré requisito o UC-01, é um <i>feed</i> de notícias com a listagem de avisos informados pelos agentes do sistema, a ocorrência de imprevistos que aconteceram em uma rota, permitido a todos os usuários;
UC-07	Cadastra rotas	Tem como pré requisito o UC-01, é destinada ao registro das rotas do ônibus, permitido somente a usuários administradores;
UC-08	Cadastra veículos	Tem como pré requisito o UC-01, é destinada ao registro dos veículos da instituição, permitido somente a usuários administradores;
UC-09	Cadastra agentes	Tem como pré requisito o UC-01, destinada ao registro de usuários como um agente do perfil motorista ou fiscal das rotas, permitido somente a usuários administradores;
UC-10	Cadastra avisos	Tem como pré requisito o UC-01, destinado para criar uma nota de aviso aos usuários, permitido somente aos usuários com perfil motorista, fiscal ou administrador;
UC-11	Cadastra formulário de controle	Tem como pré requisito o UC-1, destinado ao controle do estado do veículo, controle de gastos e avarias, permitido somente aos usuários com perfil motorista, fiscal ou administrador;
UC-12	Acompanha localização	Tem como pré requisito o UC-1, destinado ao acompanhamento da localização do ônibus em tempo real, permitido a todos os usuários do sistema;

Fonte: Autor (2019)

4.2.2 Diagrama de Classes

O diagrama de classes (Figura 4) representa a abstração dos modelos de objetos a serem implementados no Busway. Foram definidos 15 (quinze) classes, onde cada classe é um modelo de objeto, composto por atributos (características) e métodos (comportamentos).

Figura 4 – Diagrama de classes modelo do Busway



powered by Astah

Fonte: Autor (2019)

A modelagem das classes permitem visualizar o escopo de um objeto (a instância de uma classe) no sistema e quais suas interações com os outros objetos. No diagrama não foram exposto os métodos que serão implementados, devido a abstração destes serem mais complexas dentro da aplicação proposta. A modelagem do Perfil de um usuário foi definida baseando-se no modelo do *framework* escolhido para o desenvolvimento desta solução (detalhado na próxima sessão), onde possui um objeto do tipo User (modelo padrão criado pelo *framework*), ambas classes possuem um relacionamento do tipo *One to One*, ou seja, um usuário pode ter apenas um perfil e o perfil possui apenas um único usuário associado.

O Perfil é definido por um tipo_perfil que deverá ser cadastrado (aluno, motorista, fiscal ou administrador). Um perfil de administrador poderá criar objetos do tipo veículo, rotas, categorias, itens veicular, e período. Para as rotas são recebidos instâncias de objetos do tipo paradas que por sua vez recebe instância de um objeto localização, um conjunto de paradas constitui as paradas de uma rota e um conjunto de localizações associados a uma rota corresponde ao percurso da rota. Logo Parada e Localização possuem relacionamento *Many to Many* com Rota. Os agentes do sistema podem criar uma nota de aviso informando alguma ocorrência, que possui um emissor. As avaliações possuem relacionamento *One to Many* com perfil e veículo e *Many to Many* com itens de veículos.

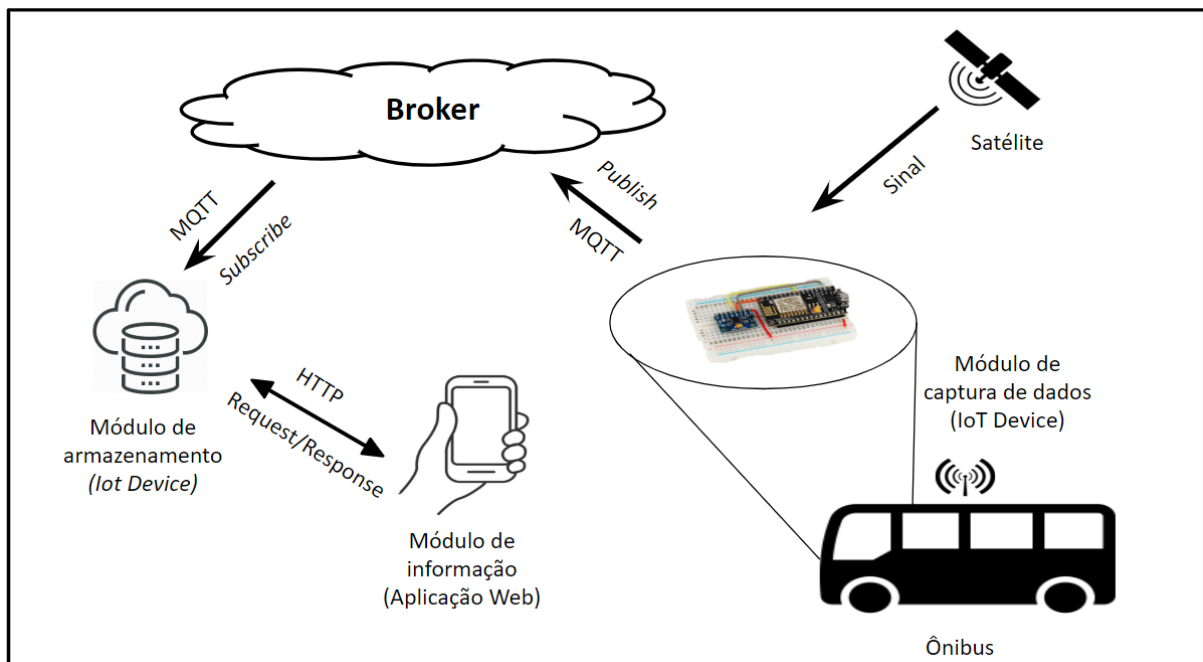
4.3 IMPLEMENTAÇÃO

O Busway é uma solução arquitetada com uso de 3 módulos (representada na Figura 5): o módulo de captura de dados, implementado com componentes físicos (*hardware*) composto por um microcontrolador ESP8266 e um GPS NEO-6M com antena para enviar os dados da localização do ônibus ao servidor; o módulo de armazenamento, responsável por armazenar os dados enviados pelo módulo de captura; e o módulo de informação, uma aplicação web desenvolvida para prover as informações objetivadas por meio de uma interface para os usuários.

O módulo de captura de dados do sistema será responsável pelo provimento dos dados a serem consumidos pelo módulo de informação, tal conexão será intermediada por um servidor MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), o Broker, que fará a transição de dados entre os dois módulos clientes (*IoT Devices*), esta comunicação é realizada pelo padrão *Publish/Subscribe*.

É ressaltado que o Broker permite que um mesmo dispositivo cliente possa publicar (*publish*) informações em um tópico quanto também possa se inscrever (*subscribe*), mas no Busway o módulo de captura de dados será exclusivo para realizar *publish* e o módulo de armazenamento apenas *subscribe*. Para tanto pretende-se utilizar o transporte como o local da instalação do módulo físico de captura de dados. Na Figura 5 está esquematizado como ocorre toda essa comunicação entre os módulos.

Figura 5 – Esquema de comunicação Servidor Broker e Clientes do Busway



Fonte: Autor (2019)

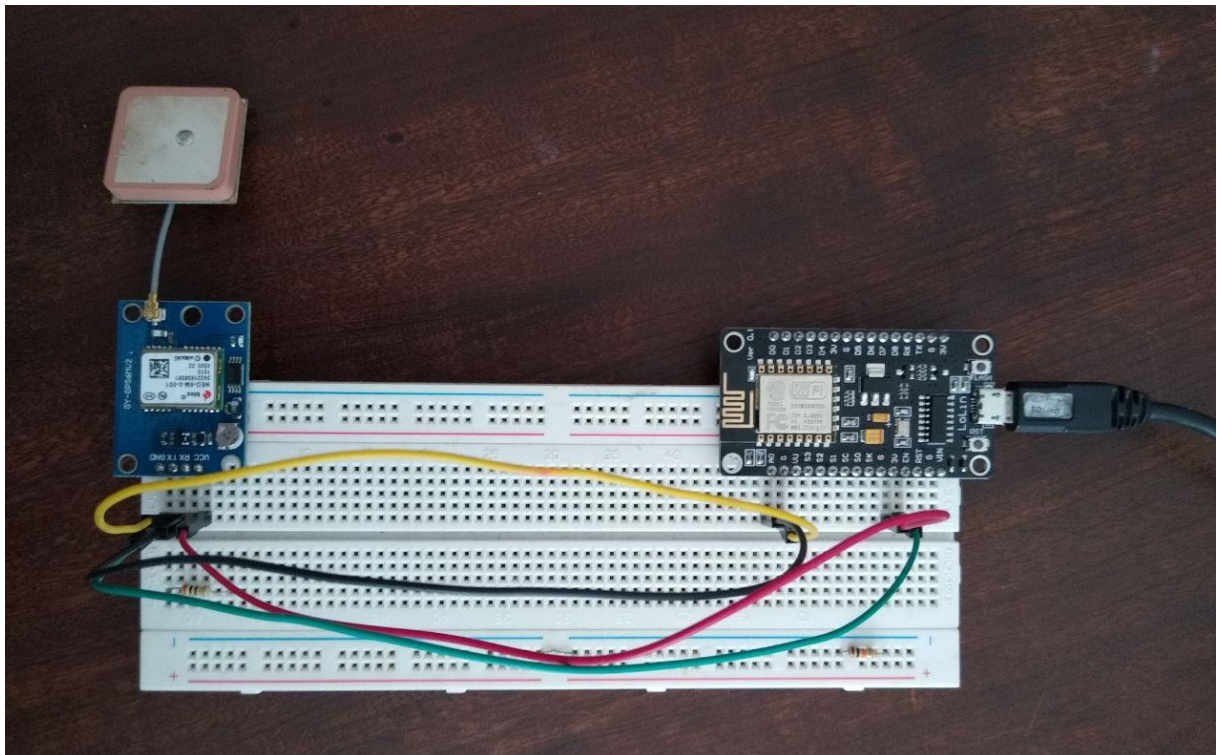
Nas seções seguintes é descrito como foram desenvolvidos cada um dos módulos do Busway, com as especificações dos dispositivos e tecnologias.

4.3.1 Módulo de captura de dados

O módulo de captura de dados, de forma bem intuitiva como o nome já o descreve, é responsável pela recepção e envio dos dados de localização para o servidor, fazendo-o assim como uma base importante do Busway, por meio deste módulo é que se torna possível acompanhar a localização do ônibus em tempo real.

O sinal é captado por meio de um módulo de GPS (*Global Positioning System*) NEO-6M com antena, recebidos e manipulados pelo NodeMCU (*Node MicroController Unit*) microcontrolador ESP8266-12 por meio do padrão de comunicação Serial RS-232, esta conexão é feita por meio de *jumpers* ligando as portas RX (*receiver*) e TX (*transceiver*) do GPS com as portas do NodeMCU D1 (GPI 05) e D2 (GPI 04), respectivamente. A alimentação de energia é feita em 5V por um cabo USB conectado a placa do microcontrolador, é importante ressaltar que existe uma conversão realizada pelo node para 3V, que é o suportado pelo GPS. A Figura 6 ilustra o os componentes conectados entre si em uma *proto board*, formando o sistema embarcado para a este módulo.

Figura 6 – Módulo físico de captura de dados do Busway: NodeMCU conectado ao GPS



Fonte: Autor (2019)

Foi escolhido o microcontrolador ESP8266-12 com placa de desenvolvimento NodeMCU devido a este possuir a integração da conectividade WiFi, tecnologia necessária para o envio dos dados para o servidor nesta solução e maior capacidade de processamento que placas de arduino, sendo inferior apenas na quantidade de GPIOs, o que não interfere neste projeto, que também é compensado em custo.

Para fazer com que os componentes físicos realizem a captura e envio dos dados é necessário uma programação do node. Neste projeto o desenvolvimento do código fonte do módulo foi implementado e compilado em uma IDE (*Integrated Development Environment*), utilizando a linguagem C++, a outra opção seria o uso da linguagem LUA com uma IDE específica, no entanto optou-se por usar o C++, linguagem padrão do Arduino IDE, escolhidos devido possuírem uma maior quantidade de documentação e exemplos para programação necessária no módulo, pois a mesma linguagem é utilizada na programação de placas de arduino, além de ter suporte para desenvolvimento com ESP8266 na IDE.

O programa implementado pelo node utiliza a biblioteca *TinyGPS.h* para extrair as informações de latitude e longitude do sinal recebido pelo GPS. O código possui métodos que são executados desde a criação de conexão à internet ao envio dos pacotes. A Figura 7 mostra um fragmento do código fonte que faz a implementação do módulo de captura e envio de dados.

Figura 7 – Fragmento de código do módulo de captura e envio de dados

```
//cabecalhos das funcoes:
void manterConexoes();
void conectaWiFi();
void conectaMQTT();
void enviaPacote();

void setup() {

    Serial.begin(GPS_Serial_Baud);
    gpsSerial.begin(GPS_Serial_Baud);

    conectaWiFi();
    MQTT.setServer(BROKER_MQTT, BROKER_PORT);
}

void loop() {
    manterConexoes();
    enviaValores();
    MQTT.loop();
}
```

Fonte: Autor (2019)

No código é ilustrado o método *setup()* que faz a inicialização das portas seriais que recebem os dados do GPS, chama o método *conectaWiFi()* que faz conexão com uma rede de internet, inicia um cliente MQTT no servidor por meio dos parâmetros de *host* e porta do servidor MQTT, para este trabalho foi escolhido o broker HiveMQ. No método *loop()* é feita a chamada ao *manterConexoes()* responsável pela verificação da conexão com a internet, caso caia a conexão este método faz uma chamada ao *conectaWiFi()*, o *enviaValores()* enquanto os dados do GPS estão acessíveis ele é recuperado e extraído pelo objeto *TinyGPS* e concatenado em uma *string* em formato de dicionário, com os valores da latitude e longitude, esta informação é enviada como um *payload* pelo método *publish* do cliente MQTT para um tópico do Broker.

4.3.2 Módulo de armazenamento

Neste módulo é feito recebimento e armazenamento do *payload* enviado pelo módulo de captura de dados. Este processo é realizado por meio de um *script* implementado com a linguagem Python para fazer a conexão com o servidor MQTT.

No *script* é instanciado um cliente MQTT com uso da biblioteca Paho para conectar ao HiveMQ na porta 1883, destinada ao protocolo MQTT. O cliente mqtt se inscreve (*subscribe*) no tópico definido para o envio do pacote e fica escutando em *loop*. Para o armazenamento é utilizado o serviço de banco de dados em nuvem do Firebase, o Firestore.

É utilizado a biblioteca *firestore-admin*, para criar um cliente e fazer conexão com o

banco da aplicação por meio de credenciais de configurações do servidor do banco de dados. Assim que a mensagem payload é recebida, faz-se uma conversão desta para o tipo Dict do Python e atualiza um novo documento *Object Json* na coleção do banco de dados cadastrados no cliente firestore.

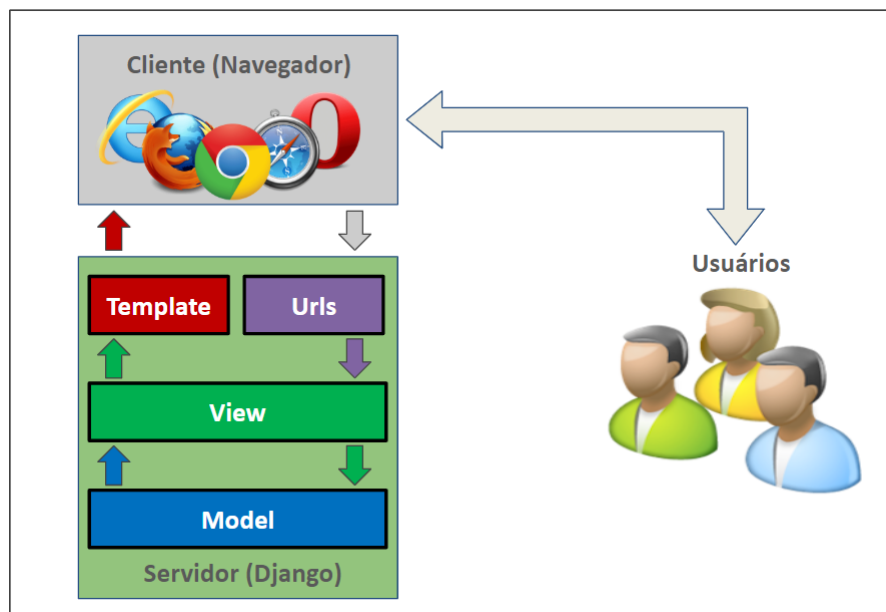
4.3.3 Módulo de informação

A aplicação é baseada no modelo cliente/servidor, onde foi desenvolvido um *web service* com o *framework* Django (Servidor) para renderizar templates em um navegador da web (Cliente). O uso de *framework* é ressaltada por Oliveira et al. (2018), uma vez que o mesmo enfatiza que essas implementações agilizam o desenvolvimento pois contém funcionalidades prontas para serem utilizadas, sem que os programadores as tenham de implementar para cada aplicação, que pode incluir desde elementos pedagógicos até artefatos e geração de código.

O Django segue o modelo de arquitetura MTV (*Model, Template e View*), estas camadas farão comunicação entre si para realizar as operações de CRUD (*Create, Read, Update, Delete*) no banco de dados da aplicação e renderizar as informações para os usuários, que tem acesso à aplicação por meio de navegadores de internet nos seus dispositivos.

Na Figura 8 está esquematizado as interações da camada MTV, exemplificando a comunicação da aplicação com os usuários.

Figura 8 – Esquema de arquitetura Cliente/Servidor do Busway

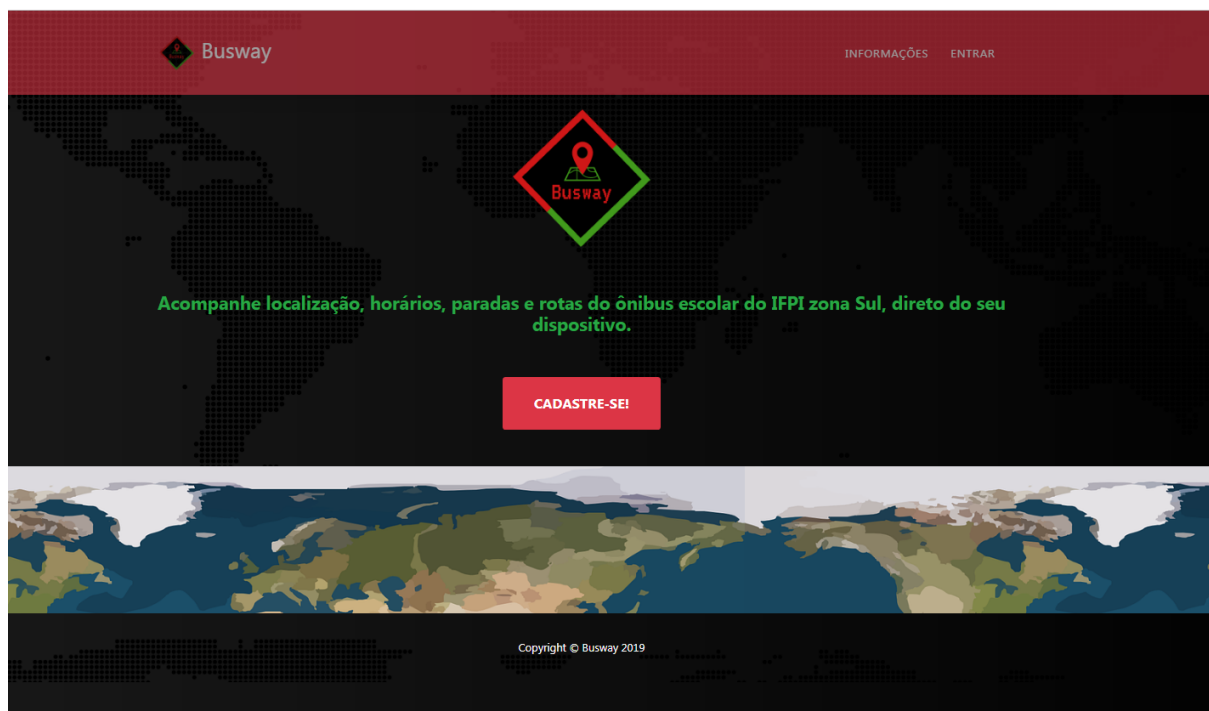


Fonte: Autor (2019)

No esquema é observado a camada de modelo, local de implementação das classes conforme foi exemplificado no diagrama de classes ilustrado na Figura 4, onde é feita a interação com o banco de dados. A visualização (View) é como a camada de controle do modelo MVC

(*Model, View, Controller*), ela retorna aos templates a requisição solicitada pelas *Urls* que são responsáveis por receber as solicitações do navegador. Os templates do Django são arquivos HTML (*Hypertext Markup Language*) que podem ser integrado a *frameworks* que fornecem componentes de estilo para as páginas, nesse sentido foi usado o Bootstrap versão 4 e alguns recursos de Java Script (JS) para dar estilo as páginas. O template da página inicial do Busway pode ser visualizado na Figura 9.

Figura 9 – Tela inicial da aplicação Busway



Fonte: Autor (2019)

O Bootstrap implementa o princípio de *Mobile First*, técnica que prioriza os dispositivos com resolução de telas menores, auxiliando na implementação da responsividade para que o Busway possa ser acessado pelos mais variados dispositivos que possuam acesso a navegadores de internet.

Para acessar o sistema, é necessário que o usuário crie uma conta e realize uma autenticação, para isso é fornecido um componente na tela para renderizar o formulário de registro e logo após o usuário é encaminhado para a tela de *login*. Na Figura 10 é apresentado o formulário para registro, login e de alteração de senha, é observado também a implementação da responsividade do Busway para um dispositivo móvel.

Figura 10 – Formulários de registro, login e alterar senha da aplicação Busway para *smarthphone*

The figure displays three screenshots of the Busway mobile application interface, arranged side-by-side. Each screen features a red header with the 'Busway' logo and a 'MENU' button. The background of the screens is a dark map of the world.

- Left Screen (Login):** Titled 'LOGIN', it prompts the user to 'Preencha os campos abaixo para ter acesso ao sistema.' It contains two input fields: 'Nome de Usuário' and 'Senha', followed by a red 'ENTRAR' button.
- Middle Screen (Alterar Senha):** Titled 'Alterar Senha', it prompts the user to change their password. It contains three input fields: 'Senha Antiga', 'Nova Senha', and 'Confirmar Senha', each with a lock icon. A blue 'Alterar' button is at the bottom.
- Right Screen (Cadastro de Usuário):** Titled 'CADASTRO DE USUÁRIO', it prompts the user to 'Preencha os campos abaixo para ter acesso ao sistema.' It contains three input fields: 'Nome de Usuário', 'Senha', and 'Confirmar Senha', followed by a red 'ENVIAR' button.

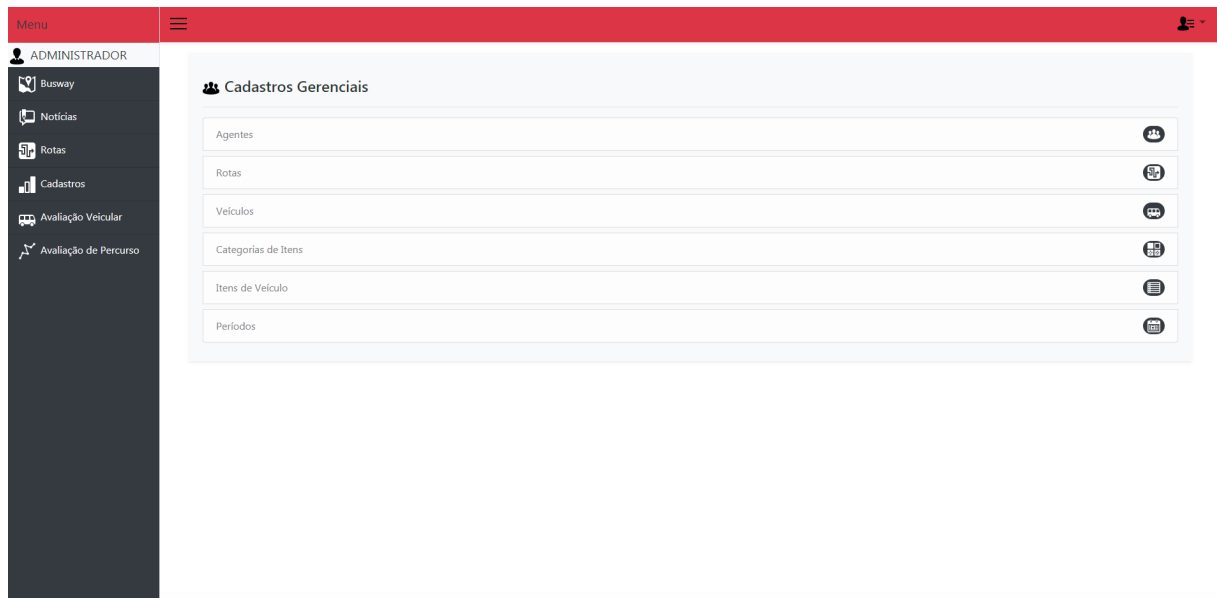
Each screen has a footer with the text 'Copyright © Busway 2019'.

Fonte: Autor (2019)

O Busway precisa de um usuário administrador que possa fazer o gerenciamento do sistema, este acesso é dado por meio do tipo de perfil Administrador, por padrão os usuários que criam conta pelo formulário de registro do Busway recebem permissões para o tipo de perfil Aluno. Desta forma, o primeiro administrador do sistema é um super usuário cadastrado previamente no banco de dados do sistema para que este tenha acesso às funcionalidades destinadas a este perfil.

O acesso a funcionalidades é dado de acordo com o perfil de cada usuário e pode ser controlados pelos gerenciadores do serviço, por tanto não fazendo necessário o uso do módulo admin do Django. O usuário administrador (gestores) tem acesso a mesma aplicação do usuário aluno, entretanto com permissões a mais. Na Figura 11 é listado um menu de opções de cadastros administrativos para o gestor do serviço.

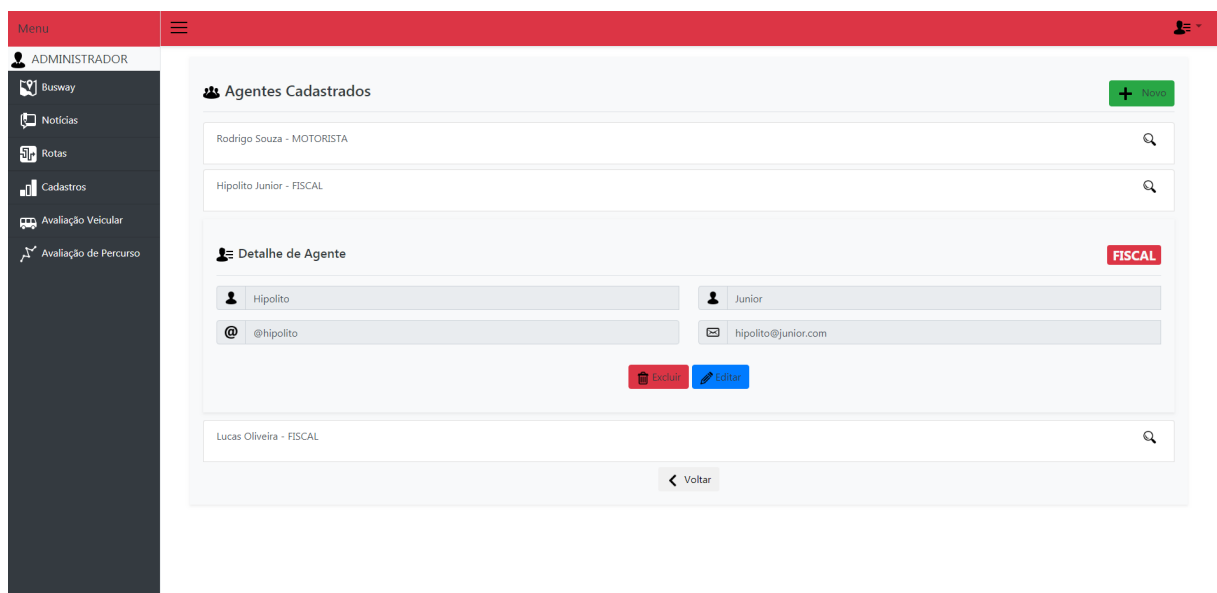
Figura 11 – Menu de cadastros gerenciais da aplicação Busway



Fonte: Autor (2019)

Todos os usuários com perfil administrador, fiscal e motorista são identificados no sistema como agentes, estes podem ser gerenciados pelo administrador por meio da opção agentes no menu de cadastros gerenciais, conforme a Figura 12.

Figura 12 – Tela de listagem de agentes da aplicação Busway



Fonte: Autor (2019)

Na listagem de agentes é exibido de forma resumida todos os agentes cadastrados com nome e perfil, a lupa à direita oferece a opção do administrador exibir com mais detalhes, excluir ou editar o perfil de um agente.

Para dar acesso a usuários com perfil diferente do aluno, um gerenciador do serviço com perfil administrador deve inserir um novo agente por meio do preenchimento do formulário de cadastro de agente, acessado por meio do botão novo na tela de listagem de agentes. O formulário de cadastro de agente é exibido na Figura 13.

Figura 13 – Formulário de cadastro de agentes da aplicação Busway

A imagem mostra a interface de usuário da aplicação Busway. No topo, há uma barra vermelha com o menu e o perfil do usuário. À esquerda, há um menu lateral com opções como Busway, Notícias, Rotas, Cadastros, Avaliação Veicular e Avaliação de Percurso. O formulário principal, intitulado 'Cadastro de Agentes', contém os seguintes campos:

- Usuário:** Um campo de texto com o valor '@vinicius' e um botão verde de adicionar.
- Tipo de Agente:** Um campo de texto com o valor 'Administrador'.
- Nome:** Um campo de texto com o valor 'Nome'.
- Sobrenome:** Um campo de texto com o valor 'Sobrenome'.
- Email:** Um campo de texto com o valor 'Email'.

Na base do formulário, há dois botões: 'Cancelar' (vermelho) e 'Salvar' (azul).

Fonte: Autor (2019)

No cadastro de agentes é permitido selecionar um usuário existente com o perfil aluno ou criar um novo usuário clicando no botão de adicionar, o administrador informa o tipo de perfil de acordo com suas permissões e preenche os dados pessoais do novo agente.

Os administradores podem cadastrar os veículos da instituição para serem referenciados nos relatórios, formulários de avaliação e nas rotas. A Figura 14 exhibe um formulário para inserir um novo veículo e logo abaixo são listados os veículos cadastrados.

Figura 14 – Tela de cadastro e listagem de veículos da aplicação Busway

Menu

ADMINISTRADOR

Busway

Notícias

Rotas

Cadastros

Avaliação Veicular

Avaliação de Percurso

Veículos

Nome Placa

Salvar

Ônibus coletivo Marcopolo - KWN-2814	
Ônibus passeio Marcopolo - KIU2580	

[Voltar](#)

Fonte: Autor (2019)

Até então as funcionalidades apresentadas utilizam apenas os métodos de CRUD disponibilizadas pelo próprio Django, não fugindo do padrão das aplicações web. No entanto Busway é um sistema implementado para exibir a localização do ônibus escolar do IFPI, para tanto foi necessário a integração da API do Google Maps, onde foram utilizados os recursos de Javascript para renderizar mapas e fazer exibição de linhas e marcadores.

O usuário administrador pode criar uma rota por meio da página apresentada na Figura 15, onde é renderizado um mapa centralizado em coordenadas da localização do IFPI Zona Sul. Para simplificar o cadastro, o usuário pode simplesmente clicar nos pontos das ruas onde o ônibus vai trafegar, a cada *click* é desenhado uma linha ligando os pontos que são exibidos por meio de Markers e Polyline do Google Maps. O mapa é dinâmico permite a interação do usuário, podendo aproximar ou distanciar a visualização das ruas.

Figura 15 – Tela de cadastro de rota da aplicação Busway

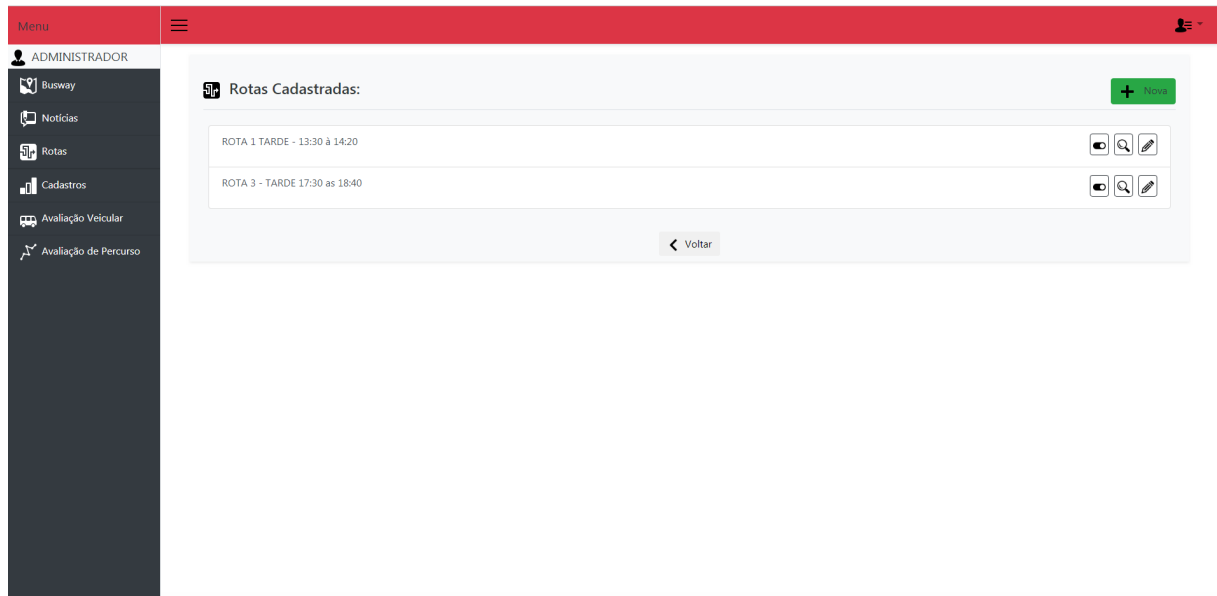
Fonte: Autor (2019)

O formulário possui um *select* onde são exibidos a descrição da localização de cada um dos marcadores inseridos no mapa, este recurso é possível por meio do Geocoder reverse do Google Maps, que recebe pontos de latitude e longitude e revertem para uma descrição para que usuários possam entender de forma mais intuitiva. O administrador preenche os outros campos do formulário e salva a rota.

Quando salva uma rota o usuário é direcionado para inserir as paradas, onde é renderizado um *template* de cadastro de paradas, com o desenho da rota fornecida anteriormente, seguindo o mesmo padrão de marcação, para inserir uma parada, basta o usuário indicar no mapa a localidade da mesma por meio de um *click*, que por sua vez é ilustrada no mapa com um marcador personalizado com um ícone de ônibus.

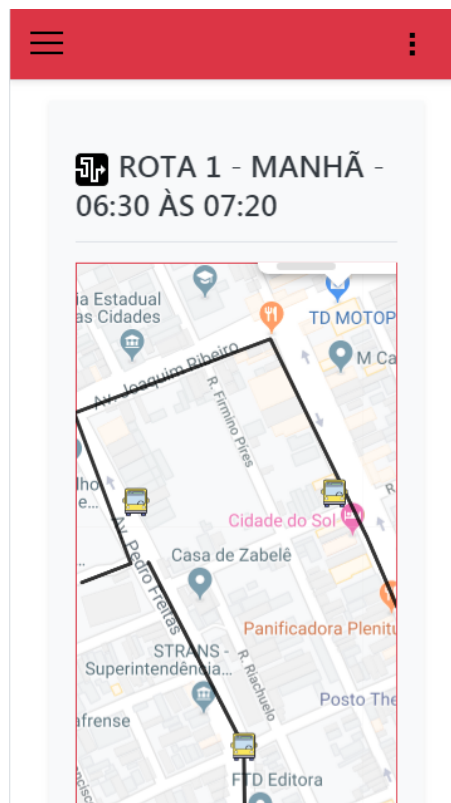
Com o cadastro da rota concluída e suas paradas definidas, a rota pode ser consultada na listagem de rotas do administrador onde o mesmo pode fazer a disponibilização desta para o aluno, ao clicar para ativar a rota, ou o inverso, desativando a rota. Estas opções estão disponíveis apenas para o administrador conforme na imagem ilustrada na Figura 16.

Figura 16 – Tela de exibição de rotas cadastradas para administradores da aplicação Busway



Fonte: Autor (2019)

O usuário aluno pode ver uma rota apenas se o status dela for ativo, todas as rotas ativas são listadas para ele, que pode selecionar uma e ver detalhes de percurso e paradas. Na Figura 17 é possível ver como são exibidas as rotas para um aluno usando um dispositivo *smartphone*.

Figura 17 – Tela de exibição de uma rota da aplicação Busway para *smartphones*

Fonte: Autor (2019)

Administradores devem fornecer ao sistema itens de veículo, categorias dos itens e períodos das atividades, tais cadastros e listagem são acessados por meio do menu de cadastros gerencias, um formulário simples com uma campo para descrição e no caso de itens, é requerido uma categoria. Quando salvo, é listado logo abaixo do formulário. Estes serão necessários para automatizar o formulário de avaliação de veículo e de percurso, modelos de formulários de avaliação fornecidos pela Fiscal Gestora do serviço.

No cadastro de avaliação veicular, que podem ser criados por usuários fiscais, administradores e motoristas, o usuário informa o veículo que será feito um *check list*, o agente avaliado (um fiscal ou um motorista), o período da atividade (início ou fim), o item avaliado do veículo e o seu estado (bom, regular, danificado ou ausente) do item do veículo, que por sua vez são categorizados para ajudar na filtragem e um relato do fato. O usuário adiciona a uma lista no formulário um item e o estado, por padrão, os itens que não são adicionados receberão o estado bom quando for salvo a avaliação. Na Figura 18 é mostrado o formulário de inclusão de avaliação veicular.

Figura 18 – Formulário de avaliação veicular da aplicação Busway

Menu

ADMINISTRADOR

Busway

Notícias

Rotas

Cadastros

Avaliação Veicular

Avaliação de Percurso

Avaliação Veicular

Veículo: KWN-2814 - Ônibus coletivo Marcopolo

Período: SAÍDA 1 - INÍCIO DE ATIVIDADE

Item do Veículo: Limpadores de pára-brisa

Estado: AUSENTE

Adicionar

#	Descrição	Estado	Ações
1	Lâmpadas dos faróis principais	REGULAR	Excluir
2	Luz de frio	DANIFICADO	Excluir
3	Extintor de Incêndio	BOM	Excluir
4	Buzina/Sirenes internas	BOM	Excluir
5	Limpadores de pára-brisa	AUSENTE	Excluir

Relato:

Nada a declarar.

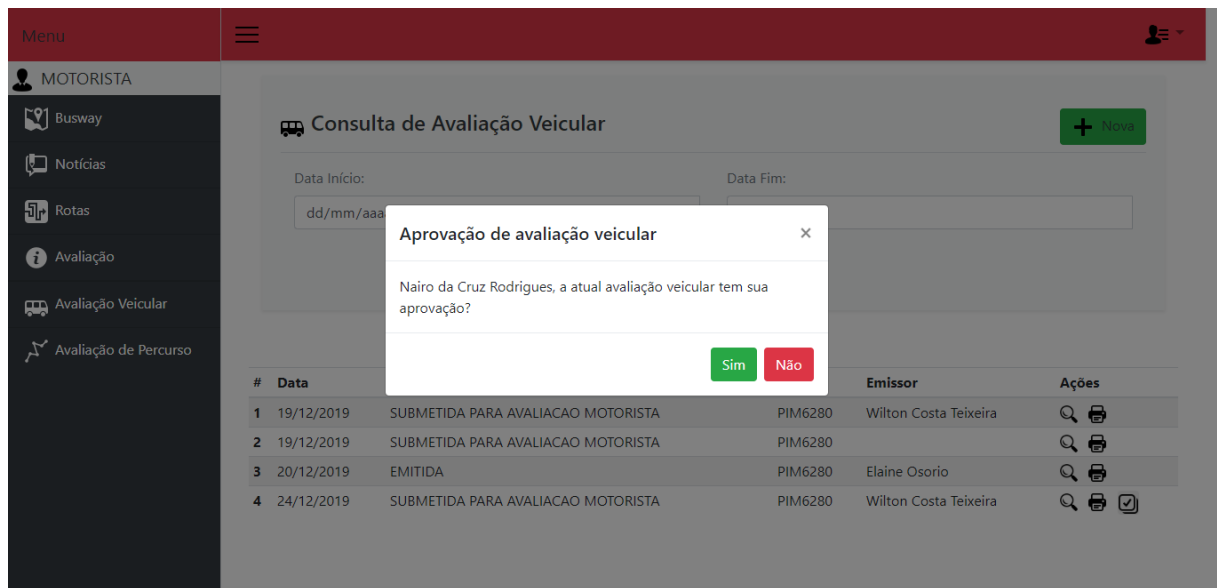
Cancelar Salvar

Fonte: Autor (2019)

Para cada avaliação veicular é criado um status, que são alterados de acordo com as interações dos envolvidos. Um fiscal pode fazer a avaliação veicular de um motorista, assim como o inverso. Quando um fiscal avalia o veículo entregue pelo motorista, é chegada para o agente motorista avaliado um registro com o status "Submetido Para Avaliação do Motorista", logo após a visualização, o motorista pode julgar a avaliação, o que fará o status mudar para "Emitida" caso aceite ou "Recusada por motorista" caso não seja consentida. Este controle serve para ajudar no zelo e responsabilização dos patrimônios da instituição, sobretudo o ônibus escolar.

O agente terá acesso a lista de avaliações, as que estão emitidas em seu nome incluirá um elemento na coluna de ações para adicionar o seu julgamento. Esta interação de um agente avaliado pode ser observada na Figura 19, onde é exibido uma caixa de diálogo para o usuário, perguntando se a avaliação tem a sua aprovação.

Figura 19 – Caixa de diálogo requisitando a confirmação de uma avaliação veicular da aplicação Busway



Fonte: Autor (2019)

O agente pode filtrar avaliações por períodos na tela de listagem de avaliações, pode visualizar uma determinada avaliação cadastrada clicando na lupa na coluna de ações, também pode excluir se este for o emissor ou administrador do sistema e pode gerar relatório clicando no ícone impressora. Ao gerar um relatórios o usuário se depara com a seguinte ilustração da Figura 20

Figura 20 – Relatório de avaliação veicular da aplicação Busway

Nº	Descrição	Estado
3	Extintor de Incêndio	REGULAR
2	Trincas e rachaduras do pára-brisa	REGULAR
1	Limpador de pára-brisa	BOM
2	Trincas e rachaduras do pára-brisa	BOM
3	Extintor de Incêndio	BOM
4	Buzina/Sirenes internas	BOM
5	Portas / elevador	BOM
6	Macaco, triângulo e jogo de rodas	BOM
7	Pneu estepe calibrado	BOM

Fonte: Autor (2019)

Um usuário administrador, motorista ou fiscal (agentes) podem criar avisos ou notas informativas, esta funcionalidade se deve ao acontecimento de imprevistos e o usuário do ônibus se manter informado dos ocorridos. A Figura 21 apresenta o *feed* para um usuário agente permitindo a criação de um aviso.

Figura 21 – Tela de cadastro e listagem de avisos da aplicação Busway

Fonte: Autor (2019)

Na Figura 22 o *feed* é exibido por um dispositivo *mobile* para um perfil do tipo aluno, onde são listados apenas as notícias e os mesmos não tem permissão para fazer postagens.

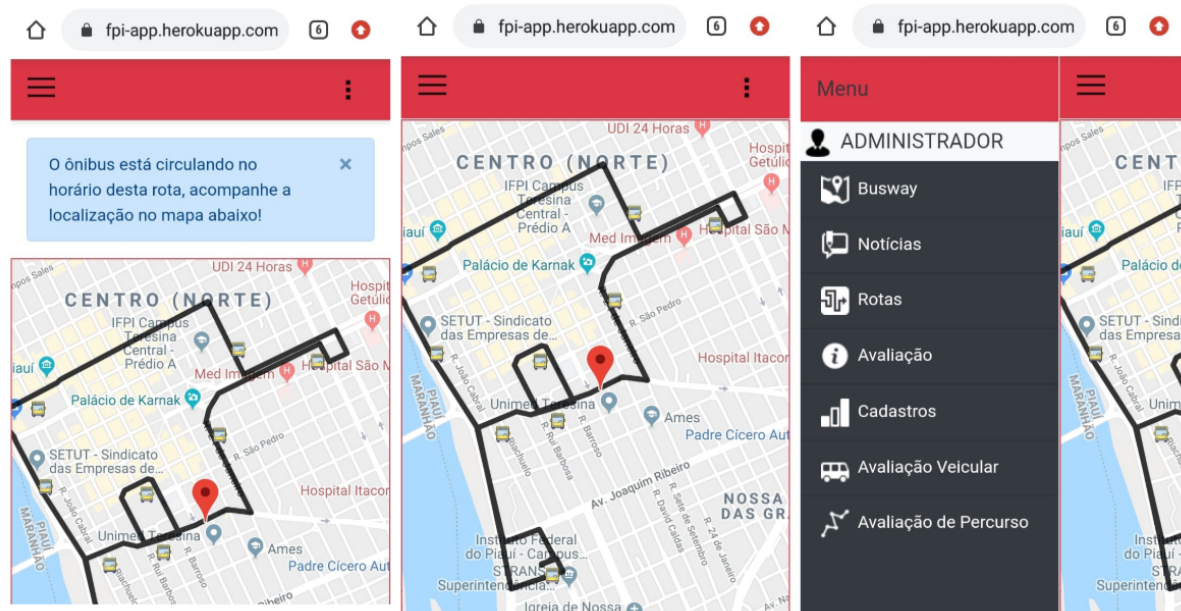
Figura 22 – Tela de *Feed* de Notícias da aplicação Busway para *Smartphones* e usuário logado com perfil aluno



Fonte: Autor (2019)

Os alunos e demais usuários do sistema podem visualizar o monitoramento do ônibus acessando por meio do item Busway do menu lateral (ocultado para dispositivos *smartphone*). Onde será exibido a localização atual do ônibus se a rota selecionada estiver em funcionamento conforme observado dos *prints* obtidos durante o teste de uma das rotas, ilustrado na Figura 23.

Figura 23 – Tela de monitoramento do ônibus da aplicação Busway em um dispositivo móvel



Fonte: Autor (2019)

Como observado na Figura 23 o acesso foi realizado por meio de um dispositivo móvel no navegador com o endereço `busway-ifpi.herokuapp.com`, disponibilizado pelo Heroku, servidor utilizado para fazer o deploy da aplicação teste. Na imagem é exibido um *alert* de sucesso informando que a rota atual está em execução, quando a rota não está ativa no horário de acesso, é exibido uma alerta de aviso.

É importante ressaltar que para todas as operações de CRUD, foram implementado regras de negócios para mensagens de erro, aviso ou sucesso, com o uso do *framework* de mensagens do Django. Também é possível notar na Figura ?? a responsividade do menu de opções da aplicação, quando acessado por dispositivos com telas menores o menu é ocultado e quando clicado no ícone, o mesmo é exibido deslizando para a direita, todas estas interações foram implementadas com uso de JS e o *framework* Bootstrap 4.

Também foi implementado para os usuários as opções de visualização e edição do seu perfil, e alteração de senha podendo ser acessadas pelo menu *dropdown*, localizado no canto superior direito da tela, que possuem *links* para as funcionalidades relacionadas ao usuário, conforme é mostrado na Figura 24.

Figura 24 – Tela detalhe de perfil da aplicação Busway

Menu

ADMINISTRADOR

Busway

Notícias

Rotas

Cadastros

Avaliação Veicular

Avaliação de Percurso

Detalhe de Usuário

[Editar](#)

Tipo de perfil

ADMINISTRADOR

Nome

Mayelle

Sobrenome

Carvalho

Usuário

mayelle

Email

mayelle@gmail.com

Fonte: Autor (2019)

Esta foi apresentação das principais funcionalidades implementadas no Busway do módulo de informação, que deu integridade aos outros módulos e completude ao mesmo para ser submetido ao teste como um protótipo, que serão discutidos no próximo capítulo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O protótipo do sistema implementado foi apresentado para a fiscal gestora do Serviço de Transporte Escolar (STE), o coordenador e o motorista do setor Logística e Manutenção do IFPI Zona Sul.

Para validar a solução apresentada neste trabalho, foram realizados testes com os módulos da aplicação tanto em ambiente de servidor local, quanto em um servidor de teste de aplicação, o Heroku, por meio do endereço `busway-ifpi-app.herokuapp.com`.

Os testes na fase de implementação do Busway apresentaram bons desempenhos das atividades realizadas pelos módulos de informação e armazenamento. Algumas observações foram feitas a respeito do módulo de captura de dados, que obteve algumas falhas de conexão com o broker, para tanto foi aumentado para 12 segundos o intervalo de envio dos pacotes de dados (*payload*), o que gerou uma menor frequência na queda de conexão, sobretudo os dados chegaram ao broker e posteriormente foram recepcionados pelo módulo de armazenamento e exibidos no módulo de informação como o esperado.

Igualmente ao trabalho de VICENZI (2015) na fase de teste de implantação da aplicação, o ESP8266 com o módulo GPS foram alocados dentro do ônibus, conectados a uma fonte de energia por meio de um cabo USB e a uma rede WiFi roteada por um *smartphone* durante a execução de uma das rotas, no entanto não foi obtido o sinal do GPS necessário para realizar o monitoramento do ônibus, o que impossibilitou o teste com os usuários alunos da aplicação. Tamanha falha foi atribuída as interferências de sinais de GPS na localidade, provocadas por diversos fatores que não foram especificados, devido a estes fugir do cronograma deste estudo e demandar uma maior investigação.

Durante os testes com a aplicação web, foram utilizados um computador de mesa (*desktop*) e um dispositivo *smartphone*, ambos com acesso à internet, onde foram realizadas operações de CRUD (*Create, Read, Update e Delete*) com os agentes, avisos, veículos, períodos, itens de veículos, categorias, rotas, avaliações do veículo e do percurso, emissão de relatórios e disponibilização das rotas usando dados condizentes com a demanda real do serviço no campus. Todas essas interações atuaram conforme o fluxo esperado, seguindo o mesmo desempenho obtido nos testes de implementação, realizados em ambiente de servidor local.

Foi observado que a tela de exibição do monitoramento do ônibus e as demais que fazem renderização de mapas demoram mais a serem carregadas pelo navegador, devido estas fazerem requisições a API do Google Maps, mas não impedem o funcionamento de tais funcionalidades.

Como avaliação piloto foi analisado o grau de satisfação de 3 usuários, servidores da instituição atuantes no setor responsável pelo funcionamento do STE, que atualmente é composto por 2 administradores, 2 motoristas e 8 vigilantes, considerando a maior interação no sistema

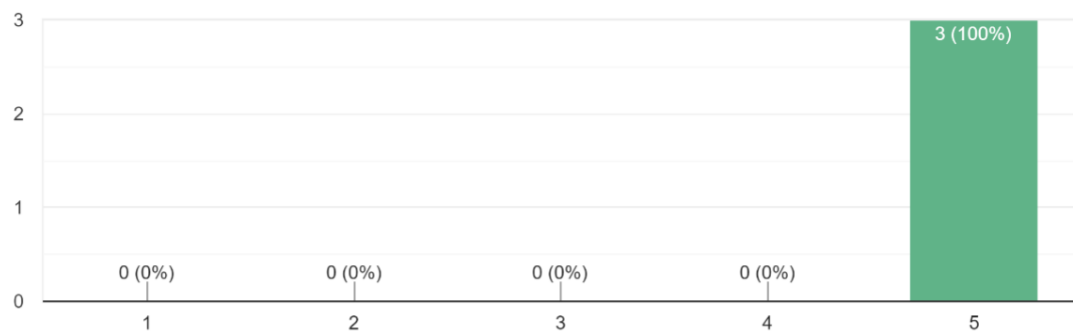
pelos administradores e motoristas, a apresentação do protótipo foi destinada a princípio a estes perfis, convidados assim a participação no teste de avaliação.

Os usuários demonstraram-se bastantes satisfeitos com os resultados da primeira iteração do Busway, estas afirmações foram constadas no questionário de avaliação que lhes foram apresentados, no questionário foram perguntados sobre a satisfação das funcionalidades apresentadas, bem como a interface de usuário, automação das atividades e da aplicação com um todo. Considerando as notas de 1 (insatisfeito) a 5 (muito satisfeito), com relação a satisfação da aplicação de modo geral, 100% dos participantes julgaram a aplicação com nota 5, conforme o gráfico na Figura 25.

Figura 25 – Gráfico de avaliação de satisfação com a aplicação Busway

Nível de satisfação de modo geral com a aplicação:

3 respostas



Fonte: Autor (2019)

6 CONCLUSÃO

O trabalho descrito foi concluído com a entrega de um protótipo como a primeira iteração de software, seguindo a metodologia de desenvolvimento espiral da Engenharia de Software, representando um conjunto de conhecimentos técnicos para serem aproveitados, com intuito de dar continuidade ao projeto e auxiliar em novas soluções em áreas afins.

Apesar do teste do protótipo não ser validado com os alunos, devido a interferência de sinal de GPS na localidade de funcionamento da rota, no ambiente de teste de implementação as ferramentas e tecnologias utilizadas para o desenvolvimento deste protótipo atendeu aos requisitos definidos, fazendo dos materiais e métodos utilizados neste trabalho uma opção para atuar na implementação de sistemas com tais demandas.

O projeto Busway optou pelo desenvolvimento de um hardware específico e próprio para a captura dos dados, não dependendo de dados de terceiros, o que representa uma vantagem em relação a possibilidade de extensões de funcionalidades e também de não depender da infraestrutura do veículo, no entanto tal escolha também resulta em limitações e dificuldades para manipulação das tecnologias utilizadas.

No mais o trabalho descrito apresentou resultados satisfatórios, atendendo aos objetivos definidos e outras demandas do setor, consistindo em uma solução implementada para um problema existente no IFPI *campus* Zona Sul, sendo validada por usuários do próprio setor e que demonstraram interesse na implantação do Busway na instituição.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

Durante a implementação do Busway e testes com os gerenciadores do serviço foram especificados algumas adaptações para aperfeiçoamento da solução desenvolvida.

A primeira sugestão é de possibilitar ao aluno maiores interações com o sistema, permitindo que este emita avisos também durante a rota, esta necessidade surgiu da análise que o motorista não poderia emitir tais comunicados com o veículo em trânsito, fazendo do aluno uma outra alternativa para a emissão, outra sugestão é o aluno fazer avaliação do serviço prestado, permitindo que os gerenciadores possam ter um *feedback* dos seus serviços.

O banco de dados do Busway pode ser utilizado para análise e emissão de relatórios com base nas informações geradas pelo sistema, dados como o número de alunos que utilizam o serviço diariamente, a quilometragem percorrida pelo veículo, as paradas onde os alunos entram ou saem e entre outros podem ser utilizados para justificar a importância do serviço, gastos, definição de rotas e outras requisições do setor.

O NodeMCU permite a integração com outros módulos e sensores, que podem ser inclu-

so a fim de expandir as funcionalidades do Busway para permitir também o monitoramento de velocidade, identificação dos alunos por meio de leitores de RFID e entre outras funcionalidades.

Por fim é sugerido que seja feita uma integração com um módulo GSM (*Global System for Mobile*), para que o dispositivo do módulo de captura de dados tenha acesso à internet direto de uma rede de telefonia móvel, não ficando dependente de roteadores de *smartphone*, alternativa utilizada para fins de testes dessa iteração.

REFERÊNCIAS

- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The internet of things: A survey. *Computer networks*, Elsevier, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010. Citado na página 20.
- BRASIL, R. F. d. Lei nº 10.709 de 31 de julho de 2003. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil., 2003. Citado na página 17.
- BRASIL, R. F. d. Lei nº 10.880 de 9 junho de 2004 instituição do pnate. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil., 2004. Citado na página 17.
- BRASIL, R. F. d. Decreto nº 6.768 de 10 de fevereiro de 2009 disciplinação do caminho da escola. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil., 2009. Citado na página 17.
- BRASIL, R. F. d. Decreto lei nº 7.234, de 19 de julho de 2010 que institui o pnaes. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil., 2010. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 15.
- CANEDO, F. d. S.; LEMOS, B. M.; SILVA, M. A. V. D. Csf: um aplicativo para o transporte público coletivo. *Revista dos Transportes Públicos*, ANTP, v. 148, n. 1, p. 73–87, 2018. Citado na página 21.
- COSTA, M. d. F. N. Internet das coisas: a proteção da privacidade em um mundo conectado. Escola Nacional de Administração Pública (Enap), 2019. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 20.
- CRUZ, P. et al. Sensingbus: um sistema de sensoriamento baseado em^onibus urbanos. XXXV *Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*, v. 14, n. 1, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.
- FONAPRACE/ANDIFES, A. V *Pesquisa do Perfil Socioeconômico e Cultural dos Estudantes de Graduação das IFES*. [S.l.]: ANDIFES, 2018. Citado 4 vezes nas páginas 13, 15, 16 e 17.
- LIMA, W. A. S.; FERREIRA, L. C. Mapeamento e avaliação das políticas públicas de assistência estudantil nas universidades federais brasileiras. *Meta: Avaliação*, v. 8, n. 22, p. 116–148, 2016. Citado na página 15.
- MEC, M. d. E. *Principais Ações e Programas de responsabilidade do Ministério da Educação no PPA 2012-2015*. Ministério da Educação, 2014. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12498&Itemid=820>. Citado na página 16.
- M'HANDA, M. A. et al. A scalable real-time tracking and monitoring architecture for logistics and transport in roro terminals. *Procedia Computer Science*, Elsevier, v. 151, p. 218–225, 2019. Citado na página 19.
- NASCIMENTO, C. A. do; LIMA, J. P. O papel dos sistemas de informação como ferramenta para buscar melhorias na gestão dos serviços prestados ao usuário do transporte coletivo. *Revista Ciências Exatas*, v. 23, n. 1, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.
- OLIVEIRA, R. N. R. de et al. Frameworks para desenvolvimento de jogos educacionais: uma revisão e comparação de pesquisas recentes. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2018. v. 29, n. 1, p. 854. Citado na página 35.

- OLIVEIRA, S. de. *Internet das coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry PI*. [S.l.]: Novatec Editora, 2017. Citado na página 20.
- PRESSMAN, R.; MAXIM, B. *Engenharia de Software-8ª Edição*. [S.l.]: McGraw Hill Brasil, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 26.
- ROZA, R. H. Revolução informacional e os avanços tecnológicos da informática e das telecomunicações. *Ciência da Informação em Revista*, v. 4, n. 3, p. 3–11, 2017. Citado na página 12.
- SANTOS, B. P. et al. Internet das coisas: da teoria à prática. *Anais do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC)*, 2016. Citado na página 20.
- SANTOS, J. R. d. Reflexos da lei orgânica n 779/2017, que dispõe sobre o transporte escolar para universitários, no município de castro alves/ba. Faculdade Maria Milza, 2018. Citado na página 17.
- SCHEIN, A. L. Sistema de informação ao usuário como estratégia de fidelização e atração. 2003. Citado na página 19.
- SILVA, D. M. d. Sistemas inteligentes no transporte público coletivo por ônibus. 2000. Citado 3 vezes nas páginas 12, 18 e 19.
- SILVA, G. H. G. et al. Aplicação backend para consulta de dados de geoposicionamento de ônibus e previsão de chegada. Universidade Federal de Uberlândia, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 22.
- SINGER, T. Tudo conectado: conceitos e representações da internet das coisas. *Simpósio em tecnologias digitais e sociabilidade*, v. 2, p. 1–15, 2012. Citado na página 20.
- SOARES, R. C.; MEDEIROS, W. M. d. et al. Sistema para o transporte público urbano baseado no conceito de smart city. 2017. Citado na página 12.
- VICENZI, A. Bustracker: Sistema de rastreamento para transporte coletivo. *Monografia de Centro de Ciências Exatas e Naturais-Curso de Ciência da Computação–Bacharelado. OBRIGADO*, 2015. Citado na página 49.