



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

**SOLUÇÃO COLABORATIVA E GAMIFICADA PARA DISTRIBUIÇÃO DE
CARGAS DE MEDICAMENTOS: ESTUDO DE CASO UTILIZANDO DRONES.**

SAULO FERNANDO GUEDES DA SILVA JUNIOR

São Luís - MA
2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

SAULO FERNANDO GUEDES DA SILVA JUNIOR

**SOLUÇÃO COLABORATIVA E GAMIFICADA PARA DISTRIBUIÇÃO DE
CARGAS DE MEDICAMENTOS: ESTUDO DE CASO UTILIZANDO DRONES.**

Monografia apresentada ao curso de Bacharelado em Engenharia de Computação na Universidade Estadual do Maranhão como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel, sob orientação do Prof. Ms. Antonio Fernando Lavareda Jacob Jr.

São Luís - MA

2016

Silva Junior, Saulo Fernando Guedes da

Solução colaborativa e gamificada para distribuição de cargas de medicamentos: estudo de caso utilizando drones / Saulo Fernando Guedes da Silva Junior – São Luís, 2016.

68f

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia de Computação, Universidade Estadual do Maranhão, 2016.

Orientador: Prof.Me Antonio Fernando Lavareda Jacob Junior

1.Solução colaborativa. 2.Cargas de medicamentos.3. Drones. I.Título.

CDU:004.78/.932:615.3

SAULO FERNANDO GUEDES DA SILVA JUNIOR

**SOLUÇÃO PARA DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS DE MEDICAMENTOS
UTILIZANDO DRONES**

Monografia apresentada ao curso de Bacharelado em Engenharia de Computação na Universidade Estadual do Maranhão como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel.

Aprovada em ___/___/_____

MSc. Antonio Fernando Lavareda Jacob Junior

Orientador

Dr. Fernando Jorge Cutrim Demétrio

Primeiro membro da banca

Dr. Reinaldo de Jesus da Silva

Segundo membro da banca

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pela paciência, compreensão e disponibilidade, por ter me dado a oportunidade de focar somente nos estudos, me ajudando de forma que nunca conseguirei retribuir.

Ao Orientador pela paciência e esforço empregados neste trabalho, e todos os professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta monografia.

Aos amigos e colegas pelo incentivo e ajuda no desenvolvimento desta monografia.

*“Fracasso é uma possibilidade por aqui.
Se as coisas não estão fracassando,
você não está inovando o suficiente.”*
(Elon Musk)

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Balões usados para reconhecimento de território..... | 16 |
| Figura 2 – Drone da empresa DHL... .. | 20 |
| Figura 3 – Distância mínima de segurança a pessoas não anuentes..... | 23 |
| Figura 4 – Satélites em orbita..... | 28 |
| Figura 5 – Localização do receptor, a partir da triangulação de satélite... .. | 29 |
| Figura 6 – Bebop drone... .. | 33 |
| Figura 7 – Laço de Eventos do Node.js..... | 36 |
| Figura 8 – Exemplo de comunicação entre servidores e navegadores utilizando Socket.IO... .. | 39 |
| Figura 9 – Arquitetura geral do sistema. | 43 |
| Figura 10 – Tela de solicitações do sistema. | 47 |
| Figura 11 – Output JSON com informações do trajeto | 48 |
| Figura 12 – Visualização do trajeto retornado | 49 |
| Figura 13 – Output final das coordenadas geográficas..... | 50 |
| Figura 14 – Visualização das coordenadas a serem seguido pelo drone. | 51 |
| Figura 15 – Exemplo de arquivo Mavlink..... | 51 |
| Figura 16 – Código carregamento mavlink no drone. | 52 |
| Figura 17 – Código reposta de status do drone. | 52 |
| Figura 18 – Dashboard gerenciamento dos drones..... | 53 |
| Figura 19 – Representação gráfica do primeiro teste de voo | 55 |
| Figura 20 – Representação gráfica do segundo teste de voo..... | 55 |
| Figura 21 – Representação gráfica do terceiro teste de voo | 56 |
| Figura 22 – Representação gráfica do quarto teste de voo | 57 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Resumo de termos oficiais e não-oficiais sobre drones | 18 |
| Tabela 2 - Resumo das exigências de cada classe | 23 |
| Tabela 3 - Características do Bebop Drone | 33 |
| Tabela 4 - Características do drone e caminhão | 45 |
| Tabela 5 - Relação de postos de saúde e suas respectivas localizações geográficas | 46 |
| Tabela 6 - Condições do voo do primeiro teste | 55 |
| Tabela 7 - Condições do voo do segundo teste | 56 |
| Tabela 8 - Condições do voo do terceiro teste | 56 |
| Tabela 9 - Condições do voo do quarto teste | 57 |
| Tabela 10 - Resultados dos testes aplicados | 57 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|--|
| ANAC | Agência Nacional de Aviação Civil |
| API | <i>Application Programming Interface</i> |
| ARP | Aeronave Remotamente Pilotada |
| CIA | <i>Central Intelligence Agency</i> |
| CMA | Certificado Médico Aeronáutico |
| EASA | <i>European Aviation Safety Agency</i> |
| FAA | <i>Federal Aviation Administration</i> |
| FAB | Força Aérea Brasileira |
| GPS | <i>Global Positioning System</i> |
| HTTP | <i>Hypertext Transfer Protocol</i> |
| ICA | Instrução do Comando da Aeronáutica |
| JSON | <i>Javascript Object Notation</i> |
| RAB | Registro Aeronáutico Brasileiro |
| REST | <i>Representational State Transfer</i> |
| SDK | <i>Software Development Kit</i> |
| USPS | <i>United States Postal Service</i> |
| VANT | Veículo Autônomo Não Tripulado |

RESUMO

Os veículos aéreos não tripulados, também denominados de Drones, devido ao avanço da tecnologia, têm se popularizado e vêm sendo bastante utilizados na sociedade atual. Por não serem tripulados, os drones têm desempenhado um importante papel para a sociedade em atividades que envolvem riscos aos seres humanos, tanto quanto otimizando diversos serviços, como sendo utilizados em eventos sociais, na segurança, no setor agrícola, logística e nos transportes. Com base nessas premissas, verificamos a relevância da utilização de drones na área da saúde, no que tange a distribuição de medicamentos, que atualmente apresenta um sistema altamente ineficaz. Diante deste cenário, o objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de uma solução colaborativa e com elementos de gamificação, em especial com base na legislação vigente, é proposta as entregas via drones utilizando um sistema de navegação baseado em coordenadas geográficas, auxiliando e otimizando o processo de distribuição e remanejamento dos de medicamentos entres postos de saúde. Como resultado, através de testes em campo, foi possível obter resultados satisfatórios mostrando ser possível a utilização de drones como mecanismo de distribuição de cargas medicinais.

Palavras-chave: Drones. Inovação. Distribuição. Saúde. Otimização.

ABSTRACT

Unmanned aerial vehicles, also known as drones, have become popular and are being widely used. Because they are not manned, drones have played an important role in society in activities involving risks to humans. Moreover, drones have also been used to optimize several services, such as covering social events, safety, agricultural activities, logistics and transport, among others. Based on these premises, it was verified the relevance of the use of drones in health, especially in the distribution of medicines, which currently presents a highly ineffective system. Against this background, the present work aims to develop a collaborative and gamified solution using drones as a delivery system that uses geographical coordinates as a navigation system, in order to assist and optimize the distribution of medications among health centers. As a result, through field tests, it was possible to obtain satisfactory results showing that is possible to use drones as mechanism of distribution of medications.

Keywords: Drones. Innovation. Delivery. Health. Optimization.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 1.1. Objetivos | 14 |
| 1.1.1. Objetivo geral | 14 |
| 1.1.2. Objetivos específicos | 14 |
| 1.2. Metodologia | 15 |
| 1.3. Estrutura do Documento | 15 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 16 |
| 2.1. Drones | 16 |
| 2.1.1. Origem dos drones | 16 |
| 2.1.2. Nomenclatura sobre drones | 17 |
| 2.1.3. Evolução e aplicações atuais | 18 |
| 2.1.4. Estudo de drones no transporte de cargas..... | 19 |
| 2.1.5. Legislação Brasileira | 21 |
| 2.1.6. Legislação Americana | 24 |
| 2.1.7. Legislação Europeia | 25 |
| 2.2. Sistemas de Navegação | 27 |
| 2.2.1. Sistemas de posicionamento global (GPS)..... | 27 |
| 2.2.2. Como funciona o GPS | 28 |
| 2.3. Google Maps | 30 |
| 2.4. FERRAMENTAS DE DESENVOLVIMENTO..... | 32 |
| 2.4.1. Bebop Drone..... | 32 |
| 2.4.2. Javascript e Node.js | 34 |
| 3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO | 40 |
| 3.1. Formulação do Problema | 40 |
| 3.2. Proposta de Solução | 42 |
| 3.3. Arquitetura Geral | 43 |
| 3.4. Apresentação Geral do Modelo Proposto | 44 |
| 3.5. Descrição do Processo de Desenvolvimento..... | 46 |
| 4. TESTES E ANÁLISE DOS RESULTADOS..... | 54 |
| 4.1. Ambiente de Testes | 54 |
| 4.2. Metodologia de Avaliação de Resultados..... | 54 |
| 5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS | 59 |

| | |
|---|-----------|
| REFERÊNCIAS | 60 |
| Apêndice A - ROTEIRO DE ENTREVISTA | 68 |

1. INTRODUÇÃO

Os avanços em alguns dos setores da saúde pública no Brasil foram significativos, principalmente os progressos tecnológicos da indústria farmacêutica, proporcionando medicamentos cada vez mais eficazes e seguros. A utilização de medicamentos tornou-se prática indispensável na contribuição para o aumento da qualidade e da expectativa de vida da população. (PORTELA et al., 2010).

A aquisição de medicamentos no setor público contribui para o sucesso e a credibilidade dos serviços farmacêuticos. Medicamentos definidos dentro de rigorosos critérios, armazenado em boas condições e administrados por profissionais capacitados, não atenderão às necessidades da rede de serviços se houver descontinuidade no suprimento de medicamentos. (MARIN et al., 2003).

A falta de medicamentos em unidades de saúde, por sua vez, é decorrente de problemas estruturais, organizacionais ou individuais, que permeiam as várias atividades dentro da vida útil dos mesmos. (MARIN et al., 2003)

Atualmente, a distribuição de medicamentos dentro dos postos de saúde na cidade de São Luís – MA possui algumas deficiências. Os medicamentos não são distribuídos conforme a demanda dos medicamentos, mas, sim, do número de atendimentos da região. Os postos não podem interagir para realizar trocas de medicamentos, ou até mesmo efetuar uma redistribuição. Enquanto em alguns postos, medicamentos sobram e até são desperdiçados por passarem do prazo de validade, em outros há carência dos mesmos.

A implementação de um sistema colaborativo para os postos de saúde, com a distribuição desses medicamentos via drones, uniria inovações tecnológicas com eficiência, que apesar do investimento inicial, reduziria perdas de recursos financeiras.

Apesar que em suas origens, os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) tinham o objetivo de auxiliar em atividades militares e operações que ofereciam risco a vida humana, com o avanço tecnológico, principalmente dos setores de microeletrônica e processamento de dados, proporcionou a miniaturização desses VANTs.

Este fato tornou os VANTs, também denominados de drones, muito mais populares gerando oportunidades nas áreas de pesquisas científicas e no mundo dos negócios, realizando atividades com vantagens tecnológicas e econômicas nos diferentes ramos de atuação, como vigilância, segurança, eventos sociais, atividades agrícolas, logística, transportes, entre outras.

Por outro lado, com o crescente desenvolvimento populacional, as cidades têm necessitado cada vez mais de uma infraestrutura que comporte esse crescimento. Porém, principalmente em países em desenvolvimento (como o Brasil), este fato não vem acontecendo, o que acarreta uma série de complicações, principalmente nos setores de transporte e de distribuição de mercadorias, que têm um maior impacto em problemas logísticos.

Nesse novo cenário, veículos tradicionais de entrega, como caminhões, não são mais considerados eficientes, pois, apesar de possuir alta capacidade de carga, são lentos, consomem bastante combustível e, portanto, aumentam o custo logístico. Um novo veículo com menor capacidade, menor custo e tempo de deslocamento pode fazer com que o custo de transporte seja reduzido. Os drones atendem essas novas exigências, justificando os investimentos crescentes nessa área.

Os drones têm se tornado cada vez mais presente nas grandes empresas internacionais que buscam melhorar seu desempenho logístico através da diminuição do tempo de entrega da mercadoria e da diminuição do custo. Diversas empresas seguiram essa tendência, desde entregas de pizzas ou cartas até compras em supermercados. Estes exemplos mostraram a viabilidade, na prática, do emprego de drones na distribuição de cargas.

Com base nesses fatos, a proposta deste trabalho é apresentar a solução para o problema de remanejamento de medicamentos em unidades de saúde a partir do desenvolvimento de um sistema colaborativo e distribuição de medicamentos via drones.

1.1. Objetivos

Nesse tópico, serão apresentados os objetivos gerais e os objetivos específicos deste trabalho.

1.1.1. Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo geral apresentar uma possível solução para o problema de distribuição e trocas de medicamentos entre postos de saúde, utilizando Drones como meio de transporte.

1.1.2. Objetivos específicos

- Exibir as legislações pertinentes aos drones no transporte de carga tanto no Brasil, como nos EUA e na Europa;
- Aplicação de conceitos e testes a fim de testar a viabilidade da proposta.

1.2. Metodologia

A metodologia está dividida em 4 fases:

1. Corresponde ao processo do entendimento do conceito sobre os drones, sua história e evolução contínua, fatos que o tornaram um equipamento de grande valia e capaz de atuar em diversas áreas. Além disso, foram analisados alguns estudos de caso, os quais já implementaram ou estudam a aplicação de drones nos serviços de entregas de mercadorias.
2. Nesta fase, concentrou-se na busca por abordagens de como desenvolver um sistema para o controle do drone remotamente e gerenciando suas rotas. Estes passos foram realizados com o intuito de apurar as tendências e tecnologias utilizadas para tornar os veículos aéreos não tripulados em um serviço.
3. A fase 3 teve por objetivo o desenvolvimento do sistema para controle dos drones e gerenciamento das rotas, através de utilização de tecnologias inovadoras, entendendo suas particularidades com foco nos frameworks de desenvolvimento, que dão apoio para alcançar o objetivo do trabalho.
4. A última fase teve como foco a execução de testes como abordagem experimental da solução, a fim de a fim de viabilizar a utilização do drone como meio de transporte e avaliar os resultados obtidos.

1.3. Estrutura do Documento

Neste trabalho a fundamentação teórica será apresentada no capítulo 2, na qual serão abordados conceitos e temas relevantes para a utilização dos drone no transporte de carga, como abordagens e métodos pertinentes para implementação da solução aqui proposta. Será ainda exibido o cenário legislativo no Brasil, EUA e Europa que regulamenta o uso dos drones. No capítulo 3 é detalhado o processo de desenvolvimento do sistema que possibilita o uso do drone para execução de trajetos e entrega de medicamentos. No capítulo 4 serão apresentados os testes realizados e resultados obtidos. No capítulo 5 é exposta a conclusão e trabalhos futuros.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Drones

2.1.1. Origem dos drones

Apesar dos drones ganharem fama e serem considerados uma tecnologia recente, suas origens se dão no século XIX, por volta de agosto de 1849 quando a Austrália lançou balões sem pilotos e equipados com bombas para atacar a cidade de Veneza.

Na guerra civil americana, tanto a confederação quanto a união usaram balões para recolher informações geográficas do inimigo e bombardeá-los (Figura 1). No final do século XIX, na guerra entre Espanha e EUA, mais precisamente em 1898, o exército americano acoplou uma câmera a uma pipa com fins de reconhecimento, produzindo desta forma as primeiras fotos de reconhecimento aéreas (FRANKE, 2015).

Figura 1 - Balões usados para reconhecimento de território.



Fonte: SHAW (2014)

Devido a forma como se deu a origem dos drones e como sua principal área de atuação no último século é de cunho militar, é comum que as pessoas associem o uso de drones a operações militares de vigilância ou ataque. Notícias vinculadas em jornais de mortes causadas pelo ataque e do uso de drones pela *Central Intelligence Agency* (CIA) em países como Paquistão, Iemen e Somália tem contribuído para criar essa imagem negativa a respeito dos drones (SHAW, 2014).

A partir do século XXI, os drones começaram a ser utilizados com mais frequências em atividades não militares. Isso ocorre pelo fato que estes se tornaram mais acessíveis, contribuindo desta forma para que diversos tipos de empresas utilizassem drones em variadas aplicações. Pode-se citar como utilização de drones: inspeção de linhas de transmissão; levantamento aéreo de terrenos; cartografia; geografia; topografia; serviços de filmagem para engenharia; mineração; indústria cinematográfica; entre outros (SILVA, 2014).

2.1.2. Nomenclatura sobre drones

Nesta seção será apresentado a nomenclatura oficial utilizada pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), uma vez que é muito importante distinguir os nomes usados de maneira informal daqueles usados de maneira oficial pelos órgãos regulatórios.

O nome Drone, bastante utilizado no Brasil e em vários países, é apenas um nome genérico. Em tradução direta e simples, o nome drone significa zangão, que é o nome dado à abelha macho de diversas espécies. Este nome é utilizado devido ao fato de o barulho produzido pelo zangão ser muitas vezes parecido com o barulho dos drones em voo. Precipitadamente, tem sido difundido o termo drone para caracterizar qualquer aeronave não tripulada, de qualquer origem, característica ou propósito. Portanto, drone é um termo genérico, sem amparo técnico ou legalmente definido (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2015).

O termo VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado, do Inglês UAV - *Unmanned aerial vehicle*) é designado a todo e qualquer tipo de aeronave onde não há necessidade de tripulação para ser guiada. Este tipo de aeronave é geralmente controlada à distância por meios eletrônicos e computacionais, sob a supervisão de humanos, ou até mesmo sem a sua intervenção, por meio de Controladores Lógicos Programáveis (CLP). Geralmente possui fins não recreativos, sendo bastante difundido para fins de pesquisa, experimentos ou comércio, e sendo possível ainda acoplamento uma carga útil não necessária para voar, como por exemplo uma câmera de vídeo, termômetro, cartas, e outras mercadorias (ANAC, 2015c).

O termo ARP, do inglês RPA (*Remotely Piloted Aircraft*), que significa Aeronave Remotamente Pilotada, começou a ser usado recentemente pelos órgãos regulatórios para especificar uma categoria de VANT onde existe um piloto remoto responsável pela operação segura da aeronave. Nesta categoria, não há um piloto a bordo da aeronave, o piloto controla a aeronave remotamente através de uma interface como um computador, controle remoto, simulador, etc. Assim, o termo ARP é a terminologia correta para se referir a aeronaves

remotamente pilotadas de caráter não-recreativo - um drone que deve se submeter à legislação vigente. Há ainda a categoria SARP, ou Sistema de ARP, que é conjunto composto pelo RPA e demais equipamentos necessários para sua operação, como estação de pilotagem remota, equipamentos de lançamentos e recuperação (ANAC, 2015a).

Os modelos usados de maneira recreativa são chamados de aeromodelos e seguem legislação própria. Os aeromodelos são divididos em três categorias:

- VCC ou U/Control: Trata-se de voo circular controlado. O aeromodelo e aeromodelista ficam ligados através de cabos de 15 a 18 metros;
- Radio controlado: Aeromodelo é controlado por meio de um transmissor de radiofrequência;
- Voo livre: Depois de lançado, o aeromodelo não sofre mais nenhuma interferência do aeromodelista.

Podemos ver na seguinte tabela um resumo dos termos que foram descritos acima.

Tabela 1 - Resumo de termos oficiais e não-oficiais.

| | |
|------------|--|
| Drone | Nome genérico dado a qualquer aeronave não tripulada |
| VANT | Aeronaves sem necessidades de pilotos embarcados |
| ARP | Aeronaves controladas remotamente |
| Aeromodelo | Aeronaves de menor porte usado para praticas recreativas |

Fonte: AUTOR, 2016

2.1.3. Evolução e aplicações atuais

Apesar de não serem uma criação recente, drones já são utilizados para determinadas necessidades modernas como em monitoramentos na agricultura, em tomadas de imagens para filmes e programas de TV, limpeza, segurança e em várias outras condições em que há dificuldades para o acesso. Sem falar do ramo militar, nas guerras com suas atividades de espionagem e até de ataques planejados.

Uma parte importante da prospera iniciativa do uso de drones é o lado da ajuda humanitária para populações isoladas, vítimas de desastres naturais ou em caso de guerras. Nessas e outras situações, o acesso é complicado e a segurança é algo que tem que ser levado em consideração. Segundo Aurélio:

“O transporte de mantimentos e medicamentos é muito complicado e envolve muitos perigos para uma tripulação no atendimento convencional. Onde antes exigia um sobrevoo tripulado, agora são os drones que alcançam os objetivos a um custo baixíssimo, oferecendo mais segurança com mais precisão” (AURÉLIO, 2014).

Os drones também têm se destacado na resolução de problemas modernos, como o problema de transporte e logística. Em virtude de um deficiente sistema de transportes, principalmente no quesito de infraestrutura que é carente de modernizações, a expectativa proveniente da utilização de drones como uma nova forma de transporte de cargas é alta, pois figura como uma solução a muitos problemas logísticos (LOGÍSTICA E DRONES, 2015).

Dentre as principais dificuldades encontradas no transporte pode-se citar: infraestrutura, tempo, custos, acesso a regiões com pouca segurança. Dificuldades essas, que podem ser solucionadas através do uso de drones, considerando que o transporte aéreo é mais rápido, podendo sobrevoar áreas remotas, não requer grandes infraestruturas, possui custos menores, e o riscos significativamente menores de acidentes (LOGÍSTICA E DRONES, 2015).

2.1.4. Estudo de drones no transporte de cargas

Em dezembro de 2013, o diretor executivo da empresa Amazon, Jeff Bezos, anunciou um vídeo demonstrativo em um programa de TV nos EUA mostrando o Amazon Prime Air, um método de entrega de mercadorias que utilizam drones (VEJA, 2013). Essa nova abordagem de entregas tornaria possível que os usuários recebessem seus produtos comprados pela internet em até 30 minutos, atraindo bastante a atenção dos consumidores (VEJA, 2013). Segundo Bamburry (2015) em seu estudo sobre a *Amazon Prime Air*, “o baixo limite de capacidade de carga do drone não é preocupante, uma vez que 86% das compras realizadas pelos consumidores e que devem ser entregues pesam menos de 2,2kg”. Entretanto, deve-se ser analisado se de fato é viável o uso de drones na entrega de mercadorias, principalmente economicamente.

Segundo D'andrea (2014), a utilização de drones no transporte de carga é viável. Em seus estudos, D'andrea relatou que o custo operacional associado diretamente ao drone é de 10 centavos de dólar para 2 kg de carga e 20 km de alcance (10 km para ir e 10 km para voltar). De acordo com Ryan Calo, professor de direito especialista em robótica e drones, “se a empresa quiser competir no ramo da logística e entrega de mercadorias, os drones devem fazer parte das discussões das futuras tendências mundiais”. Empresas como a Amazon, Google, Alibaba e USPS estão estudando e fazendo testes práticos para entregas com drones (POPPER, 2013).

Existem exemplos de drones que já estão sendo utilizados no transporte de carga. Hern comenta em seu artigo no The Guardian sobre a DHL, empresa alemã considerada a maior empresa de logística do mundo, que em 2014 começou a realizar um serviço de entrega de medicamentos (Figura 2) em Juist, uma cidade em uma ilha pertencente a Alemanha, cerca de 12 km de distância da costa alemã (HERN, 2014). Apesar da DHL utilizar drones autônomos, por motivos de segurança, e principalmente restrições da legislação alemã vigente, o drone é monitorado por uma base que observa todo o trajeto realizado (HERN, 2014).

Figura 2 - Drone da empresa DHL.



Fonte: KIM (2015)

Para todas as empresas que estudam utilizar ou já utilizam drone em algum serviço, a principal barreira encontrada é a regulamentação. A própria DHL apenas obteve licença para operar seu drone de transporte de carga pois a rota realizada se dá em uma área não habitada. Em locais urbanos ainda há muitos obstáculos e restrições para uso de drones, sendo este, portanto, o principal desafio a ser superado (HERN, 2014).

Com o crescente avanço das tecnologias, principalmente na área de sensores e visão computacional, especialistas aeronáuticos acreditam no aperfeiçoamento dos drones na

percepção de obstáculos e tecnologias de desvio de rota, fazendo desta forma que os drones estejam prontos para voar de forma segura e totalmente autônoma em ambientes urbanos nos próximos anos, conforme afirma Nicas e Bensinger:

“Essas novas tecnologias irão trazer mais confiabilidade aos drones, fazendo com que as agências regulamentadoras diminuam gradualmente a restrição ao uso do drone, impulsionando ainda mais o seu uso” (NICAS; BENSINGER, 2015).

No Brasil, ainda é bem tímida a iniciativa do uso de drones no transporte de cargas. Em 2014, uma pizzaria em Santo André (SP) realizou uma ação promocional em que usou um drone para entregar uma pizza em um edifício da cidade. Entretanto, a ANAC barrou a operação e emitiu um alerta à empresa por pilotar o drone sem autorização. Outra iniciativa é a da empresa de transporte urbano por aplicativo 99. No ano de 2016, a empresa se pronunciou que já estuda uma forma de iniciar serviço de entrega de encomendas por drones na cidade de São Paulo (G1, 2016). Segundo Freitas, presidente da empresa:

"Tem boas chances de rodar (o projeto de drones). Há uma chance de 50 por cento de estar rodando em dois anos", disse Freitas, citando desafios regulatórios que precisam ser superados. "Entrega de pizza é uma aplicação bem óbvia. Mas servirá para entregar coisas que hoje vão por motoboys e vans, como documentos, não faz sentido ter uma máquina de duas toneladas entregando um pedido de 2 quilos" (Freitas apud G1, 2016).

Atualmente, aplicações como esta de entrega de pizzas já estão funcionando em fase de testes de Austrália e Nova Zelândia. Nos Estados Unidos, drones poderão fazer entregas a partir do agosto de 2016. Entretanto, a limitação de autonomia dos drones e as restrições legislatórias são dois empecilhos a serem superados para que os drones possam ser usados de maneira mais ampla.

2.1.5. Legislação Brasileira

No Brasil os drones são classificados e regulamentados de acordo com sua finalidade de uso. Se for para finalidades recreativas como lazer, esporte, hobby ou competição, a aeronave é vista como um aeromodelo, podendo ser de diversos tamanhos, desde de um mini-

helicóptero, ou uma réplica de qualquer aeronave, ou os mais comuns, que são os quadratores, mini-helicópteros de várias hélices - os mais comuns são os quadricópteros (ANAC, 2015).

Se a aeronave for utilizada para outras finalidades, como por exemplo pesquisa, experimentos, comércio ou serviços, a aeronave passa a ser categorizada como um veículo aéreo não tripulado (VANT), possuindo ou não alguma carga útil embarcada (câmera, correspondências, pacotes, medicamentos, etc...) não necessária para voo (ANAC, 2015).

A legislação brasileira foi recentemente reformulada, a ICA 100-40 substituiu em 19 de novembro de 2015 a antiga Circular de Informações Aeronáuticas N° 21, em vigor desde 2010 (FAB, 2015). Segundo a ANAC, foram seguidas algumas premissas para a nova regulamentação, como viabilizar a utilização de aeronaves desde que a segurança às pessoas não seja comprometida, minimizar encargos administrativos/burocracia e consentir o desenvolvimento do setor (ANAC, 2015b).

A nova ICA 100-40, encontrada no site da ANAC, divide todas as aeronaves remotamente pilotadas (RPA) em três classes:

- Classe 1 (peso maior que 150 kg) – Os equipamentos deste porte devem ser submetidos ao processo de certificação similar ao existente para aeronaves tripuladas. Aeronaves deverão ser certificadas pela ANAC, serão registradas no Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB) e pilotos devem possuir Certificado Médico Aeronáutico (CMA), licença, habilitação e serem maiores de 18 anos. Todos os voos deverão ser registrados.
- Classe 2 (peso menor ou igual a 150 kg e maior que 25 kg) - Aeronaves não precisarão ser certificadas, porém os fabricantes deverão observar os requisitos técnicos exigidos e ter o projeto aprovado pela Agência. Os equipamentos também deverão ser registrados no RAB e pilotos deverão possuir CMA, licença, habilitação e deverão ser maiores de 18 anos. Assim como a classe 1, todos os voos também deverão ser registrados.
- Classe 3 (peso menor ou igual a 25 kg) – Assim como as outras classes, os pilotos devem ser maiores de 18 anos, entretanto, não é requerido CMA, licença, habilitação e também não será necessário registro dos voos. Licença e habilitação somente são requeridas para voos acima de 400 pés (aproximadamente 120 metros). As operações de RPA até 25 kg podem ocorrer apenas a uma distância mínima de 30 metros de uma pessoa não anuente, ou seja, pessoa que não concorda expressamente com a operação (Figura 3). A distância pode ser menor no caso de pessoas anuentes.

Essas informações sumarizadas podem ser observadas na tabela 2 a seguir.

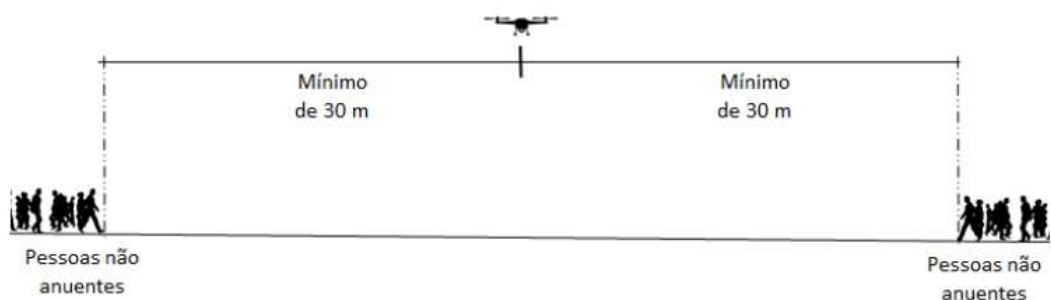
Tabela 2 - Resumo das exigências de cada classe.

| | RPA Classe 1 | RPA Classe 2 | RPA Classe 3 | Aeromodelo |
|--|--------------|--------------|----------------------|--------------------------|
| Será requerido cadastro? | Sim | Não | Sim | Não |
| Será requerido registro? | Não | Sim | Não | Não |
| Será requerido aprovação de projeto? | Sim | Sim | Simplificado | Não |
| Será requerido processo de certificação? | Sim | Não | Não | Não |
| Será requerida idade mínima de 18 anos? | Sim | Sim | Sim | Não |
| Será requerido Certificado Médico? | Sim | Sim | Não | Não |
| Serão requeridas licença e habilitação? | Sim | Sim | Apenas acima de 120m | Não, mas limitado a 120m |
| Será requerido registro dos voos? | Sim | Sim | Não | Não |

Fonte: Adaptado de ANAC (2015a)

Com exceção de operações de segurança pública e/ou defesa civil, não são permitidas operações com RPA perto de pessoas que não deram consentimento (Figura 3).

Figura 3 - Distância mínima de segurança a pessoas não anuentes.



Fonte: ANAC (2015b)

2.1.6. Legislação Americana

Nos Estados Unidos, o órgão responsável pela regulação (*Federal Aviation Administration -FAA*), devido a demanda da utilização de drones, identificou a necessidade de estabelecer uma regulamentação do uso comercial destes, dando enfoque na confecção das leis que irão atuar sobre este meio de transporte de carga (FAA, 2016).

Apesar de certa prioridade dada a elaboração de leis regulamentares, esse processo ainda não acompanha a velocidade de desenvolvimento de aplicações e serviços com drones nos Estados Unidos. Como exemplo, podemos citar a liberação concedida a Amazon pela FAA para realização testes em território americano dos protótipos que seriam usados no serviço de entrega *Amazon Prime Air* (FAA, 2015a). Na data da concessão da liberação, o protótipo da Amazon já estava obsoleto e aposentado (LAVARS, 2015). Para contornar a situação, enquanto aguardava a liberação da FAA, a Amazon realizou os testes dos protótipos em outros países, como Canadá, Reino Unido e Holanda (VANIAN, 2016a).

A legislação estabelecida pela FAA é bem completa e restrita, até mesmo o uso de drones para fins recreativos, segundo a FAA, devem registrar e pagar uma taxa de cinco dólares para que o equipamento esteja de acordo com a lei (FAA, 2015b). O sistema de registro foi lançado em dezembro de 2015, e recebeu 181.000 pedidos de registros em apenas 16 dias (VANIAN, 2016b). O processo de registro para drones recreativos é relativamente rápido, porém para o uso comercial, o processo de liberação é um pouco mais lento, pois fica a cargo da Secretaria de Transporte analisar se o drone pode ser usado para fins comerciais, sendo os casos avaliados individualmente, gerando lentidão no processo (VANIAN, 2016b).

Em junho de 2016, a FAA lançou uma nova resolução na qual especifica o uso de drones, tanto para uso comercial ou recreativo, entretanto devem seguir algumas regras básicas, mesmo após a liberação. A seguir, temos as principais limitações de operação estabelecidas pela FAA:

- Aeronaves não tripuladas devem pesar menos de 25 kg;
- Aeronaves devem ser operadas por pilotos certificados ou estar sobre a supervisão de um piloto certificado de acordo com categoria;
- Devem sempre permanecer no campo de visão do piloto, que por sua vez não deve estar em algum veículo em movimento;
- Aeronaves não tripuladas não devem operar perto de pessoas que não estejam participando diretamente da operação;

- Devem operar sobre condições de alta luminosidade, com margem de 30 minutos antes do nascer ou pôr do sol, considerando hora local e se a aeronave possuir iluminação anti-colisão;
- Aeronaves de menor porte devem ceder direito de passagem para aeronaves de maior porte;
- Não devem ultrapassar velocidade de solo de 160km/h e não ultrapassar 400 pés de altitude;
- Nenhum piloto deve operar mais de uma aeronave ao mesmo tempo;
- Não deve ser realizada manobras imprudentes, nem transportar matérias de caráter perigosos;
- Se alguma carga for acoplada a aeronave para transporte, o peso máximo não deve exceder os 25 kg da regulamentação;
- Os voos não devem ultrapassar os limites de um Estado, e em hipótese algumas transportar mercadorias para fora do espaço aéreo dos Estados Unidos.

Para se qualificar como piloto certificado, a pessoa deve demonstrar conhecimentos aeronáuticos por meio de um teste de conhecimentos aeronáuticos em um centro da FAA, ou possuir um dos estágios do certificado 61 de piloto concluído, e que tenha concluído uma avaliação de voo dentro de 24 meses anteriores, e complementar com um pequeno curso de formação online fornecido pela FAA. E por último, ser maior de 16 anos.

Pilotos podem obter uma licença temporária para voo, após a entrada de pedido do pedido de certificado permanente, após a realização dos testes iniciais. A FAA antecipa que pode demorar até 10 dias úteis para a emissão da licença temporária.

2.1.7. Legislação Europeia

Assim como em vários países, na Europa tem se discutido muito sobre o uso e a regulamentação dos drones. A *European Aviation Safety Agency (EASA)*, em português Agência Europeia de Segurança na Aviação, tem trabalhado para criar regras concisas, de forma coerente, pois já existe regulamentação sobre drones para que seu uso seja efetuado de forma segura, porém as regulamentações diferem dentro da União Europeia. Por exemplo, a definição do termo aeronave remotamente controlada (RPA), que inclui grandes aeronaves com alto grau de complexidade de operação, também é usada para categorizar pequenas aeronaves utilizadas para recreação (EASA, 2016).

Em março de 2015, A EASA apresentou as novas regras para o uso de aeronaves, tanto de forma recreativa quanto comercial. Estas regras, segundo a EASA, cobrem conceitos sobre segurança, privacidade, e proteção de dados. Essas mudanças realizadas pela EASA, foram impulsionadas pelo crescente uso de drones por empresas, e têm por objetivo permitir que a indústria europeia se torne líder global no mercado de drones, garantindo todos os requisitos necessários para que as aeronaves possam ser operadas de forma segura (EASA, 2016).

Assim como no Brasil, a EASA criou três categorias para a operação de drones: Categoria aberta; Categoria de operação específica; e Categoria certificada. As categorias estão especificadas a seguir (EASA, 2015):

- Categoria aberta: engloba operações com drones de baixo risco, não necessitando qualquer permissão especial de autoridades da aviação. Os operadores também não precisam ter licenças ou cursos específicos de capacitação. Nesta categoria, a aeronave deve ser operada respeitando as seguintes regras: Contato visual direto com o drone, altitude não deve superar 150 metros acima do solo ou da água; fora de áreas reservadas como aeroportos e instalações militares. Voos acima de aglomerados de pessoas são proibidos, entretanto voos sobre pessoas não relacionadas à operação em cidades é permitido;
- Categoria de operação específica: as operações que oferecem maiores riscos às pessoas que serão sobrevoadas pelo drone ou que compartilham o espaço aéreo com outras aeronaves devem ser inseridas na categoria de operação específica. Nesta categoria cada risco será analisado e cada ação de resposta a este risco deverá ser proposta pelas autoridades antes da operação se iniciar. Operações que requeiram maiores capacidades do equipamento utilizado e dos operadores também devem ser inseridos nesta categoria;
- Categoria certificada: esta categoria é tratada como aviação clássica de transporte de passageiros, sendo necessário todos os documentos, licenças e permissões para sua operação. As definições dos limites que separam a categoria de operação específica e categoria certificada ainda não está bem definida, mas podem ser baseadas nas energias cinéticas envolvidas na operação do drone, tipo de operação, complexidade dos equipamentos envolvidos e autonomia do drone.

2.2. Sistemas de Navegação

Um sistema de navegação é um sistema composto por um ou mais dispositivos usados para controlar a navegação de um navio, aeronave, míssil, foguete, satélite ou qualquer outro veículo. O termo em si refere a sistemas que vão auxiliar ou conduzir a navegação de um veículo com ou sem a interação humana direta.

Um dos primeiros testes de um sistema de navegação real foi o do sistema usado na bomba voadora V-1, durante a Segunda Guerra Mundial. O sistema consistia de um giroscópio para manter a direção, um sensor de velocidade do ar para estimar o tempo de voo, um altímetro para manter a altitude, além de outros sistemas para a bomba em si (FERREIRA, 2012).

2.2.1. Sistemas de posicionamento global (GPS)

O Sistema de Posicionamento Global, mais conhecido como GPS é um sistema de navegação baseado no uso de satélites, desenvolvido e operado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (GPS, 2016).

O projeto do GPS foi iniciado em 1973 pelo departamento de defesa dos Estados Unidos com o objetivo de fazer com que as aeronaves e os navios militares pudessem determinar em qualquer tempo e lugar a sua posição exata. O desenvolvimento desse sistema custou cerca de 10 bilhões de dólares. Além das necessidades militares mencionadas acima, foi também levado em consideração como motivações para a realização de tal projeto, a sua utilização em operações militares, como recurso tecnológico para o lançamento de mísseis e também para a localização de tropas terrestres em movimento (Friedmann, 2003).

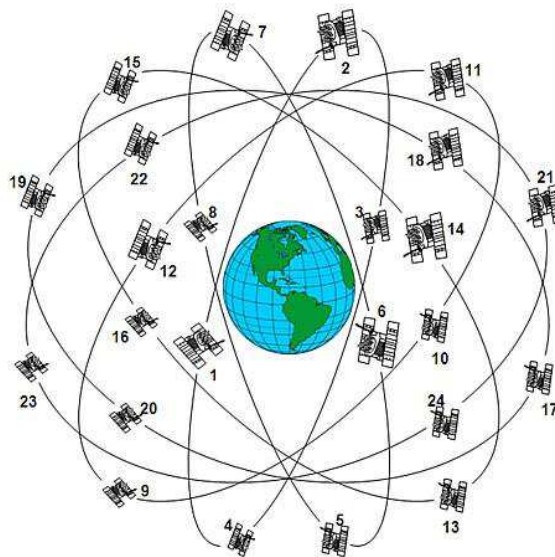
Durante o projeto, também foi planejado um GPS para uso civil, porém com menor precisão que para o uso em operações militares. Com o final da guerra fria, o sistema GPS passou a ter uma precisão muito maior para o usuário civil, disponibilizando a ele a mesma precisão que os militares tinham. Atualmente, com vários avanços, a precisão é tão alta que com o auxílio do piloto automático e do GPS, aeronaves são capazes de percorrer distâncias transatlânticas e pousar sem a interferência do piloto, com erro de apenas alguns centímetros em relação ao eixo da pista (Friedmann, 2003).

2.2.2. Como funciona o GPS

O modo de funcionamento do sistema de GPS é relativamente simples, porém com alta tecnologia envolvida, proporcionando uma excelente precisão com um custo relativamente baixo. O GPS é formado por uma constelação de vinte e quatro satélites (Figura 4), orbitando em volta da terra a uma altura aproximada de 20.200 km acima do nível do mar (GPS, 2016). Os satélites que compõem este sistema percorrem uma órbita completa a cada 12 horas e cada satélite tem 28° de visualização sobre a Terra, possuindo seus planos orbitais inclinados 55° em relação ao Equador e o período orbital é de aproximadamente 12 horas siderais (GPS, 2016). Dessa forma, a posição dos satélites se repete, a cada dia, 4 minutos antes que a do dia anterior, como afirma Rocha:

“Isso assegura que todo ponto da superfície terrestre, em qualquer instante esteja visualizado pelo menos por quatro satélites, mas existem várias áreas da Terra que são, por alguns momentos, visualizadas simultaneamente por até dez satélites” (ROCHA, 2004).

Figura 4 - Satélites em órbita.



Fonte: GPS (2016)

Apesar de existirem vários modelos de receptores GPS criados por diferentes empresas, possuindo diferentes layouts de apresentações e disposições físicas de botões, o princípio básico de funcionamento serão sempre os mesmos para qualquer equipamento. Os satélites que compõem o sistema de GPS, transmitem sinais de radiofrequência contendo

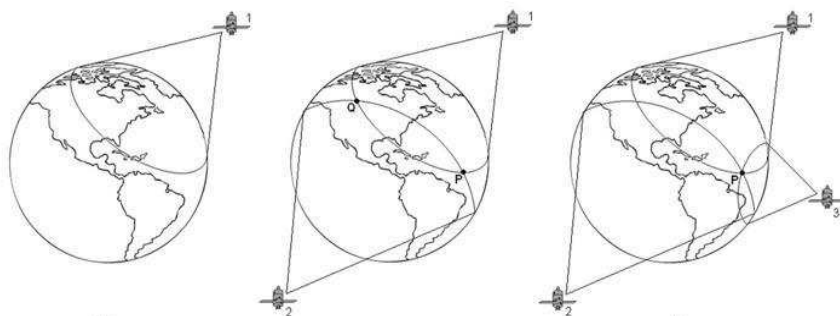
informações para que o receptor calcule sua posição e velocidade (GPS, 2016). É necessário que o receptor capte o sinal de pelo menos três satélites para que possa ser utilizada a técnica da triangulação para o cálculo da latitude, longitude e altitude. A qualidade da informação reproduzida pelo receptor do GPS é diretamente relacionada com o número de satélites que o receptor consegue captar o sinal, variando esse número de 0 a 12 (SANTOS, 2009).

Os satélites enviam informações a respeito de sua posição ao redor da terra e do tempo de emissão do sinal de rádio por meio de uma sequência de bits pseudoaleatória. Os sinais de rádio são ondas eletromagnéticas, trafegando, portanto, na velocidade da luz (c_0). A partir do tempo em que o sinal foi transmitido (t_T), tempo em que o sinal foi recebido (t_R) e a velocidade da luz (c_0), pode-se calcular a distância entre o receptor e o satélite por meio da equação (SANTOS, 2009):

$$d = c_0 (t_R - t_T) \quad (1)$$

Idealmente, a partir do conhecimento das distâncias de pelo menos três satélites seria possível determinar a posição exata de um receptor, através da triangulação desses satélites (Figura 5). Entretanto, devido aos ruídos existentes na transmissão das ondas de rádio do sistema, nem sempre a intersecção ocorrerá em um ponto, ocasionando erros no posicionamento do receptor. De acordo com (SANTOS, 2009), dentre as diversas fontes de ruídos que podem originar erros, pode-se citar: multicaminho, atrasos na ionosfera e troposfera, atenuação do sinal, erro no relógio do satélite e erro no relógio do receptor (SANTOS, 2009).

Figura 5 - Localização do receptor, a partir da triangulação de satélite.



Fonte: GPS (2016)

2.3. Google Maps

O Google é famoso por seu mecanismo de busca, mas também é reconhecido pelo êxito do Google Maps, um serviço de pesquisa e visualização de mapas e imagens de satélite, gratuito na web. E como de costume, a Google disponibiliza APIs gratuitas para desenvolvedores, em várias linguagens, incluindo JavaScript. A *Google Maps JavaScript API V3* é um serviço gratuito, disponível para qualquer site que o público possa usar gratuitamente (Google, 2016).

O Google Maps é formado por várias APIs que permitem ao desenvolvedor incorporar as funcionalidades do Google Maps a praticamente qualquer tipo de aplicação, e ainda adicione dados customizados sobre os mapas. Desenvolvedores que desejam utilizar o Google Maps nas suas aplicações, precisam obter uma chave para utilizar esse serviço. A documentação referente à obtenção da chave para utilização do Google Maps API, está disponível na seção de desenvolvedores do Google (Google, 2016).

A *API JavaScript Google Maps*, permite que sejam utilizados os mapas fornecidos pela empresa Google para qualquer tipo de aplicação, e poderão assim, ser incorporados e manipulados através desta biblioteca dentro de qualquer aplicação. Atualmente, está API do Google se encontra na sua terceira versão, possuindo uma nova implementação que proporciona maior estabilidade, velocidade, e compatibilidade com dispositivos móveis e com os principais navegadores web disponíveis no mercado. Além disso, a API também fornece várias ferramentas para que os mapas disponíveis que serão utilizados em uma aplicação, possam ser manipulados de maneira simples, através de funções JavaScript (Google, 2016).

Dentro das APIs disponibilizadas pelo Google Maps, temos uma das mais utilizadas no mundo, que é importante para o nosso projeto, que é a *Google Maps Directions API*, que é um serviço que calcula rotas entre locais usando uma solicitação HTTP. Nessa API, pode-se procurar rotas para diversos modos de transporte, incluindo transporte público, condução, caminhada ou bicicleta. As rotas podem especificar origens, destinos e pontos de referência como strings de texto (exemplo: "Chicago, IL" ou "Darwin, NT, Austrália") ou como coordenadas de latitude/longitude. A Directions API pode retornar rotas em várias partes usando uma série de pontos de referência (Google, 2016a).

Uma solicitação da Google Maps Directions API tem o seguinte formato:

https://maps.googleapis.com/maps/api/directions/output?parameters

Onde *output* pode ser um dos seguintes valores: json indica a saída em *JavaScript Object Notation (JSON)*, ou XML. Como parâmetros obrigatórios temos:

- *Origin* (origem) — o endereço, valor textual de latitude/longitude ou ID de local que deseja usar como ponto de partida para calcular rotas;
- *Destination* (destino) — o endereço, valor textual de latitude/longitude ou ID de local que deseja usar como ponto de chegada para calcular rotas;
- *Key* — a chave de API do aplicativo, necessária para o uso em qualquer aplicação da Google;

Como parâmetros opcionais temos:

- *Mode* (o padrão é driving) — especifica o modo de transporte a ser usado ao calcular a rota;
- *Waypoints* — especifica uma série de pontos de referência que devem ser inclusos na rota;
- *Alternatives* — se esse parâmetro é definido como true, ele especifica que o serviço da *Directions API* poderá fornecer mais de uma alternativa de rota em resposta;
- *Units* — especifica o sistema de unidades a ser usado ao exibir os resultados, como quilômetros ou milhas, por exemplo;

Outra API bastante utilizada do Google, a *Google Maps Roads API*. Esta permite que se mapeie coordenadas de GPS ao longo da geometria da estrada e determine o limite de velocidade nesses segmentos de estrada. A API é disponibilizada em uma interface HTTPS simples e fornece um serviço importante para quem lida com rotas baseando-se em GPS, que é a função '*Snap to Roads*'. Esse serviço retorna a geometria de estrada que mais se ajusta a um conjunto de coordenadas de GPS fornecido. Esse serviço comporta até 100 pontos de GPS coletados ao longo de uma rota e retorna um conjunto de dados semelhantes com os pontos direcionados para as estradas mais prováveis usadas pelo veículo. Opcionalmente, pode-se solicitar que os pontos sejam interpolados, resultando em um caminho que segue a geometria da estrada de maneira uniforme (Google, 2016b).

Uma solicitação do método *snapToRoads* da *Google Maps Roads API* tem o seguinte formato:

https://roads.googleapis.com/v1/snapToRoads?parameters&key=API_KEY

Com o output de JSON por padrão, os parâmetros obrigatórios e opcionais são:

- *Path* — o caminho a ser direcionado. O parâmetro *path* aceita uma lista de pares de latitude/longitude.
- *Key* — a chave de API do aplicativo.
- *Interpolate* (opcional) — se um caminho deve ser interpolado para incluir todos os pontos formando a geometria completa da estrada.

2.4. FERRAMENTAS DE DESENVOLVIMENTO

2.4.1. Bebop Drone

Devido ao seu baixo custo, o Bebop drone – Figura 6 - que foi lançado em 2014, sendo a terceira geração de drones fabricado pela empresa francesa Parrot, tornou-se um dos mais populares quadcopteros comerciais. Nessa nova versão, em relação ao seu antecessor, o Ar.Drone 2.0, obteve um aprimoramento no hardware e nos sensores, aumentando o seu poder computacional, suas especificações podem ser vistas na Tabela 3 (PARROT, 2014).

Tabela 3 - Características do Bebop Drone.

| Característica | Bebop Drone |
|------------------------|---|
| Câmera lentes | Lentes Fisheye 180° 1/2,2" — 6 lentes ópticas |
| Câmera sensor | 14 megapixels |
| Definição de vídeo | 1920x1080 pixels (30 fps) |
| Definição de foto | 4096x3072 pixels |
| Encodamento de vídeo | H264 |
| Formato de foto | JPEG, RAW e DNG |
| Memória interna | Flash 8 GB |
| Extensão de memória | Micro USB |
| Velocidade | 13 metros por segundo |
| Bateria e tempo de voo | 1.200 mAh (22 minutos) |
| Processador | Parrot P7 dual-core Cortex 9/ Quad core GPU |
| Memoria | 8 GB |
| Sistema operacional | Linux (kernel 3.4.11 #3 SMP PREEMPT) |
| Conexão | Wifi b g n |
| Acelerômetro | 3 eixos |
| Giroscópio | 3 eixos |
| Magnetômetro | 3 eixos |
| Ultrassom | Sim |
| Sensor de Pressão | Sim |
| Peso | 410 gramas |

Fonte: Parrot (2016).

Figura 6 - Bebop drone.

Fonte: PARROT (2016)

O Bebop realiza a comunicação com um computador ou dispositivo por uma conexão sem fio 802.11b em modo ad hoc para enviar e receber string ASCII com a finalidade de

comunicar-se com o dispositivo. Para realizar a conexão, o Bebop deve estar ligado (PARROT, 2016a).

Conectado à rede WiFi criada pelo drone com ESSID (*Extended Service Set Identification*) de nome bebopxxx. O drone possui um servidor DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) gerando um IP (Internet Protocol) válido para o dispositivo que se conecta ao drone e o servidor DHCP do drone permite apenas que um único dispositivo seja associado ao IP (PARROT, 2016a).

Com a conexão realizada, o dispositivo pode se comunicar com o drone através do envio de requisições podendo obter o status da bateria, logs dos sensores, dados da câmera, além de enviar comandos para decolagem, pouso, movimento para frente ou para trás, movimento para o lado esquerdo ou direito, para cima ou para baixo e sobre o eixo Z (PARROT, 2016a).

Tendo em vista todas essas informações e características, o desenvolvedor pode criar diversas aplicações, tendo em vista que a Parrot disponibiliza os seguintes componentes (PARROT, 2016):

- O código fonte do Bebop drone;
- O SDK (*Software Development Kit*) em mais de 10 idiomas, incluindo português;
- A documentação do SDK adequada a cada versão.

A única desvantagem encontrada para um desenvolvimento mais aprofundado no dispositivo, é que não há documentação da parte elétrica do hardware e firmware do equipamento, o que na maioria das vezes, leva a um trabalho de tentativas, acertos e erros.

2.4.2. Javascript e Node.js

Escolher uma plataforma de desenvolvimento atualmente virou uma tarefa difícil diante de tantas novas tecnologias e linguagens disponíveis. O JavaScript é uma linguagem de programação consideravelmente nova, porém muito poderosa. Douglas Crockford introduz o JavaScript como:

“Linguagem de programação interpretada originalmente implementada como parte dos navegadores web para que scripts pudessem ser executados do lado do cliente e interagissem com o usuário sem a necessidade deste script passar pelo servidor, controlando o navegador, realizando comunicação assíncrona e alterando o conteúdo do documento exibido. ” (CROCK FORD, 2008)

Porém, quando foi criada por Brendan Eich em 1995, com o nome de LiveScript, mal sabia ele que a linguagem iria se desenvolver e tomar de conta à comunidade de desenvolvimento pelo mundo (FLANAGAN, 2011).

Atualmente, o JavaScript está em primeiro lugar em número de acessos de repositórios no GitHub, que é o maior repositório open source do mundo (GitHub, 2016). Além disso, JavaScript ocupa também o primeiro lugar de acessos de Full-Stack developers no Stack Overflow, que é o maior fórum open-source de desenvolvimento do mundo (StackOverflow, 2016).

Com todo esse impacto na comunidade de desenvolvimento, o JavaScript se expandiu para o lado dos servidores, mais precisamente quando Ryan Dahl se inspirou para criar Node.js depois de ver barra de progresso de upload de arquivos no Flickr, ele percebeu que o navegador não sabia o quanto do arquivo foi carregado e tinha que consultar o servidor web, e assim, em 2009 surgiu o Node.js (RIBEIRO, 2015).

O Node.js é uma plataforma desenvolvida a partir da engine JavaScript V8 da Google. Esta plataforma permite a construção de aplicações em rede escaláveis de forma simples e produtiva. Para alcançar tal objetivo, o Node.js oferece um modelo orientado a eventos assíncronos com um esquema de recursos não-bloqueantes (non-blocking), que dessa forma o faz uma solução simples e eficiente para aplicações em tempo real que demandam o uso intenso de dados.

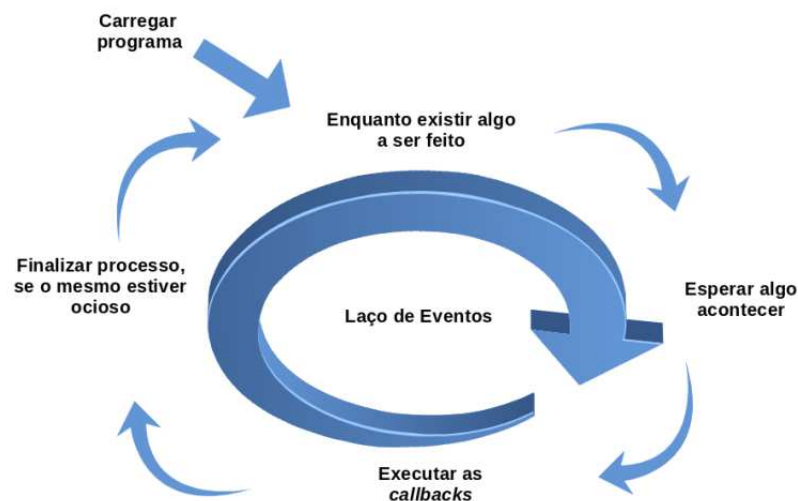
Como pontos positivos, ao contrário de algumas plataformas open-source, o Node.js é de fácil de inicialização e não requer recursos de hardware em excesso, como memória ou espaço de disco (NODE, 2016).

Atualmente, existem várias tecnologias do front-end e back-end que já estão bem difundidas e consolidadas. Nesse contexto, o Node.js tem o papel de ser o elo consistente ente estes dois lados do desenvolvimento (RIBEIRO, 2015). Como já citado anteriormente, o Node.js trabalha sobre de um laço de eventos. Ribeiro descreve o funcionamento desse laço da seguinte forma:

- (i) Carrega e executa o programa;
- (ii) Inicializa o laço de eventos;
- (iii) Espera algum evento ser disparado;
- (iv) Executa os manipuladores de eventos;
- (v) Finaliza o processo, se o mesmo estiver ocioso.

Sempre que um evento ocorrer, o Node.js irá executar funções, chamadas call-backs, que estão de prontidão, sempre “escutando” aquele evento. Podemos observar na Figura 7, uma simples representação do laço de eventos do Node.js (RIBEIRO, 2015).

Figura 7 - Laço de Eventos do Node.js.



Fonte: Adaptação de (WILSON, 2013).

Atualmente, as plataformas tradicionais que oferecem serviços web funcionam da mesma forma. Elas exigem que para cada requisição no lado servidor, uma nova thread seja criada, e cada thread que é criada, ira consumir uma quantidade específica de memória RAM.

Desta forma, uma aplicação que contém um alto fluxo de requisições, irá necessitar de uma grande infraestrutura consistente para funcionar adequadamente. Já o Node.js, não sofre desse problema:

“O Node.js funciona de uma forma diferente das plataformas tradicionais, ele opera em uma única thread utilizando chamadas de entrada e saída não bloqueantes. Assim, permitindo milhares de requisições concorrentes e poupando, consideravelmente, o consumo dos recursos computacionais” (RIBEIRO, 2015).

O Node.js possui várias ferramentas embutidas que facilitam o desenvolvimento de uma aplicação em tempo real, e por isso, o Node.js é bastante utilizado para conexões HTTP *long-polling* ou streaming. Com o advento do protocolo WebSockets, o Node.js percebeu que podia aprimorar ainda mais a forma como funcionava, e que precisava de uma ferramenta mais eficiente de lidar com serviços que funcionam em tempo real, com isso surgiu o Socket.IO (Socket.IO, 2013 a).

RESTful API

O Node.js é realmente uma ferramenta muito poderosa, que nos permite desenvolver praticamente qualquer tipo de aplicação. Atualmente, quando se fala de desenvolvimento para Web, utilizando webservices, se fala muito de RESTful API. REST, do inglês *Representational State Transfer*, em português significa Transferência de Estado Representacional, que é uma abstração da arquitetura da *World Wide Web* (WWW) que usa protocolo HTTP. REST foi introduzido na área de desenvolvimento pela primeira vez em 2000, por Roy Fielding (RIBEIRO, 2016).

REST gira em torno de recursos. Cada componente dentro do sistema é um recurso, e esses recursos são acessados por uma interface comum usando métodos padrões do protocolo HTTP (RIBEIRO, 2016). Um servidor REST simplesmente fornece acesso a esses recursos e um cliente os acessa e modifica conforme sua necessidade. Nessa arquitetura, cada recurso é identificado individualmente por URIs / IDs globais, e cada recurso pode ser representado de diferentes formas, as mais comuns são desde plain text (texto puro), XML, e a mais utilizada, JSON (RIBEIRO, 2016).

A arquitetura REST está presente em webservices. Webservices é um conjunto de padrões e protocolos abertos e usados para trocar dados entre aplicativos e/ou sistemas diferentes (RIBEIRO, 2016). Aplicações escritas em linguagens diferentes, que são executadas em plataformas diferentes podem se comunicar e trocar dados através de webservices, de forma bem simples, semelhante à comunicação de processos em um único computador. Essa comunicação de forma transparente entre sistemas é chamada dentro da Engenharia de Software de interoperabilidade (SOMMERVILLE, 2016).

API Socket.IO

Aplicações de Node.js oferecem suporte a vários cenários de comunicação em tempo real através do Socket.IO. O Socket.IO é uma biblioteca escrita em JavaScript para aplicações web em tempo real. Ele permite a comunicação bidirecional em tempo real entre os clientes da Web e os servidores. Ele tem duas partes: um módulo do lado do cliente que executa no browser e outro do lado do servidor para o node.js (Socket.IO, 2016).

O protocolo WebSocket é bem difundido e possui até uma API própria, na qual pode ser utilizada por outras linguagens como PHP, mas ela não lida com problemas que podem ocorrer durante uma conexão cliente-servidor. No caso do WebSocket:

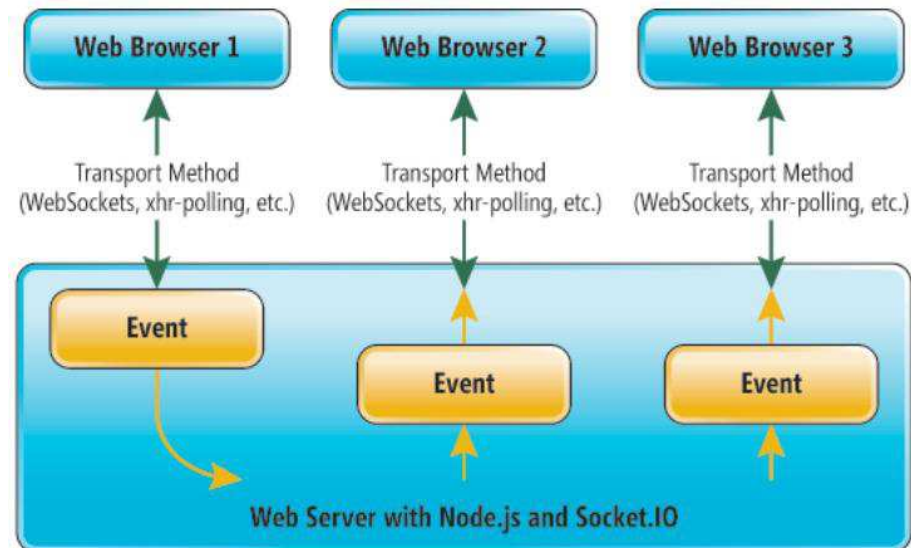
“É a compatibilidade com os servidores proxy que fazem a mediação das conexões HTTP na maioria das redes corporativas, utilizando o sistema de upgrade HTTP para fazer atualização de uma conexão HTTP para uma conexão WebSocket. Assim, alguns servidores proxy reconhecerão isto como um ataque nocivo e abandonarão a conexão” (RAI, 2013).

Assim, mesmo que um determinado cliente faça uma requisição utilizando o protocolo WebSocket, não haverá garantia de que a conexão seja estabelecida. Fatores como esse, podem comprometer de forma crítica várias situações de uso em uma aplicação (Socket.IO, 2016).

A API Socket.IO vem com uma proposta de solucionar problemas de *fallbacks* (mau funcionamento ou falha do dispositivo primário). Dentro dessa proposta, o Socket.IO proporciona a unificação de API's tanto do lado do cliente como do servidor, com base na

utilização do paradigma de programação de orientação a eventos, descrito em FERG (2013) e exemplificado na Figura 8.

Figura 8 - Exemplo de comunicação entre servidores e navegadores utilizando Socket.IO.



Fonte: CENARIOS NODE.JS (2016)

A Figura 8 exemplifica de forma simples como o Socket.IO funciona utilizando orientação a eventos que faz parte do Node.js. Tanto do lado cliente como do lado servidor, existem funções específicas que ficam “escutando” e irão tratar possíveis eventos que podem ocorrer. Também é possível ver no exemplo como a API se comporta de forma semelhante nos dois lados da aplicação, demonstrando seu funcionamento por uma conexão *full-duplex* (transmissão de dados simultaneamente) (Socket.IO, 2016).

Node-Bebop (Node.js API)

Devido à popularidade do Bebop drone e o SDK disponibilizado pela Parrot, várias aplicações surgiram em meio acadêmico, e a Parrot incentiva cada vez mais essa conduta. Uma das mais usadas bibliotecas do Bebop drone, o Node-bebop, desenvolvido pelo *The Hybrid Group*, sobre a licença MIT, é uma biblioteca para o Bebop drone desenvolvida em JavaScript sobre a plataforma Node.js. A biblioteca fornece meios de se comunicar com o drone via Sockets, tendo assim uma conexão em tempo real, permitindo o controle dos movimentos do drone, receber dados do controle de navegação, GPS, sensores, streaming de vídeo, gerar planos de voo e qualquer outra funcionalidade disponibilizada pelo SDK da Parrot (NODE-BEBOP, 2016).

3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo, apresenta-se o processo metodológico elaborado para concretizar os objetivos definidos neste trabalho. Para isto, um processo de desenvolvimento para a solução aqui proposta é definido.

No decorrer deste capítulo são expostas as etapas do desenvolvimento até se chegar ao produto final deste projeto.

3.1. Formulação do Problema

A saúde da população não depende apenas do serviço de saúde pública e da distribuição de medicamentos, mas estes são extremamente importantes para obtenção de resultados que proporcionem a minimização, controle e redução de efeitos causados por doenças.

A disponibilidade de medicamentos em setores públicos é determinante para a resolubilidade da atenção e dos serviços em saúde envolvendo muitos recursos públicos e, atualmente, é um dos setores de maior impacto financeiro, sendo a tendência por demanda de medicamentos cada vez maior. A ausência de um gerenciamento eficiente pode acarretar vários problemas e grandes desperdícios. (BRASIL, 2004).

A aquisição de medicamentos no setor público é uma das peças que contribuem para a credibilidade dos serviços farmacêuticos. A organização do processo de aquisição e distribuição possui diversas partes que compõem o sistema, e a ausência de uma delas, ou execução inadequada, impede o correto funcionamento de todo o ciclo. Este fato pode comprometer o objetivo do programa, que é selecionar, programar, adquirir, armazenar, distribuir e dispensar medicamentos com qualidade e segurança à população. (MARIN et al., 2003).

Conforme Brito e Bastos (2015), a evolução dos gastos com medicamentos no Brasil tem aumentado em um índice superior à inflação e ao crescimento do Produto Interno Bruto – PIB. Este é um dado alarmante tendo em vista que, se essa tendência continuar e o nível do cuidado de saúde for mantido, os governos terão que adotar algumas medidas para sustentar o financiamento de medicamentos tais como, aumentar impostos e cortar os gastos em outras áreas. Porém, pode-se perceber, que caminhos alternativos podem ser repensados, uma vez que adquiridos os medicamentos, os processos de armazenamento e gestão, devem ser sempre reavaliados a fim de que o controle entre a aquisição e a dispensação ocorram da forma mais viável possível.

Os governos federal, estadual e municipal desperdiçam por ano, cerca de um bilhão de medicamentos. Em estudos realizados pelo Conselho Federal de Farmácia (CRF), em média, 20% dos medicamentos comprados no varejo pelo poder público e pelos hospitais privados são desperdiçados anualmente por falhas no processo de seleção, aquisição e no armazenamento dos medicamentos e ainda mais, por problemas na gestão realizada por profissionais não capacitados, ou até mesmo a falta deste nas unidades básicas de saúde. (BENEVIDES; GALDO, 2010).

Pode-se citar como fatores relevantes nesse processo de desperdício, a ineficiência da gestão farmacêutica e o uso irracional de medicamentos. O problema levou o Conselho Federal de Farmácia (CFF) a encaminhar uma proposta ao Ministério da Saúde para que o governo realize a implantação de farmácias públicas em todos os municípios ou postos de medicamentos emergenciais para cidades com menos de 15 mil habitantes. Nesses municípios, os farmacêuticos fariam a gerência dos medicamentos de como selecionar adequadamente e evitar descarte desnecessário, evitando com que os medicamentos expirem os prazos de validades ou estraguem nas prateleiras por não terem gestão e acompanhamento sobre os mesmos. (BENEVIDES; GALDO, 2010).

Para se ter uma visão do investimento que os medicamentos representam para os cofres públicos, enquanto os gastos totais com saúde aumentaram em 9,6%, os gastos com medicamentos tiveram incremento de 123,9% no período de 2002 a 2006. Esse dado mostra como o gerenciamento desses medicamentos precisa ser monitorado para identificar fatores que podem ter contribuído para essa discrepância.

Como pode-se concluir, esse percentual vem crescendo cada vez mais em diversos Estados e Municípios brasileiros, que ainda não possuem estruturas, e profissionais preparados de forma satisfatória tanto para controlar bem esses gastos, como atenderem a população nas suas necessidades. (VIEIRA; MENDES, 2007).

No estado do Maranhão, foi realizado pesquisas de avaliação para o diagnóstico de implementação do programa de Assistência Farmacêutica. Neste, foi identificado problemas com aquisição de medicamentos constatando que 27% das farmácias dos municípios do estado geram um grande desperdício de medicamentos, estando os mesmos com prazo de validade vencido. Este fato demonstra a inobservância da falta do profissional farmacêutico para atuar frente a programas similares, ocasionando falhas no processo e aumento de gasto do setor público, devido ao não comprometimento e cumprimento de normas já estabelecidas. (JANNUZZI, 2011).

3.2. Proposta de Solução

Atualmente, a distribuição de medicamentos por parte do governo para os postos de saúde possui várias deficiências, dentre elas, podemos citar que os medicamentos são distribuídos sem demanda específica para o tipo de medicamento, mas, sim, pela quantidade de atendimentos que aquele posto recebe, e até em certos casos, dependendo da região, os postos de saúde recebem medicamentos de forma igualitária.

Desta forma, é comum certos postos que possuem maior demanda de atendimentos por atenderem uma maior região, acabarem esgotando seus medicamentos em um curto período de tempo. Por outro lado, em postos de saúde com menor demanda de atendimento, sobram medicamentos, sem nenhuma possibilidade de serem usados em outros postos, ocasionando os gastos descritos anteriormente.

O problema descrito acima pode ver validado conforme questionário (Apêndice A) realização na UPA da cidade Operaria. Foi possível constatar que o processo de redistribuição desses medicamentos existe, mas ainda é ineficaz. Nenhum posto, apesar de ter um estoque considerável, consegue ou pode suprir a necessidade de outros postos de saúde, pois cada posto tem uma cota de medicamentos que pode consumir e pedir.

A secretaria apenas libera a troca de medicamentos em casos extremos, e todo o processo é feito por telefone ou ofício, o que demanda tempo, além de que a distribuição fica à mercê da disponibilidade de um transporte da secretaria de saúde estar disponível. Como resultado, existe a demora no processo e no transporte dos remédios, e conseqüentemente ainda há perdas. Desta forma, remédios e compostos químicos passam da validade e não podem ser administrados em pacientes e exames, e acabam sendo desperdiçados.

A falta de interação entre os postos de saúde e a redistribuição dos medicamentos é o fator chave desse problema, e foco deste projeto.

A proposta envolve duas partes: 1) o desenvolvimento do sistema web e aplicativo móvel colaborativo e gamificado; 2) a solução para a distribuição de cargas de medicamentos utilizando drones.

Este trabalho irá contemplar a segunda parte da proposta, que é a apresentação de uma solução de distribuição de medicamentos entre postos de saúde utilizando drones, auxiliando na diminuição de gastos e redução de desperdícios que ocorrem no ato de dispensa

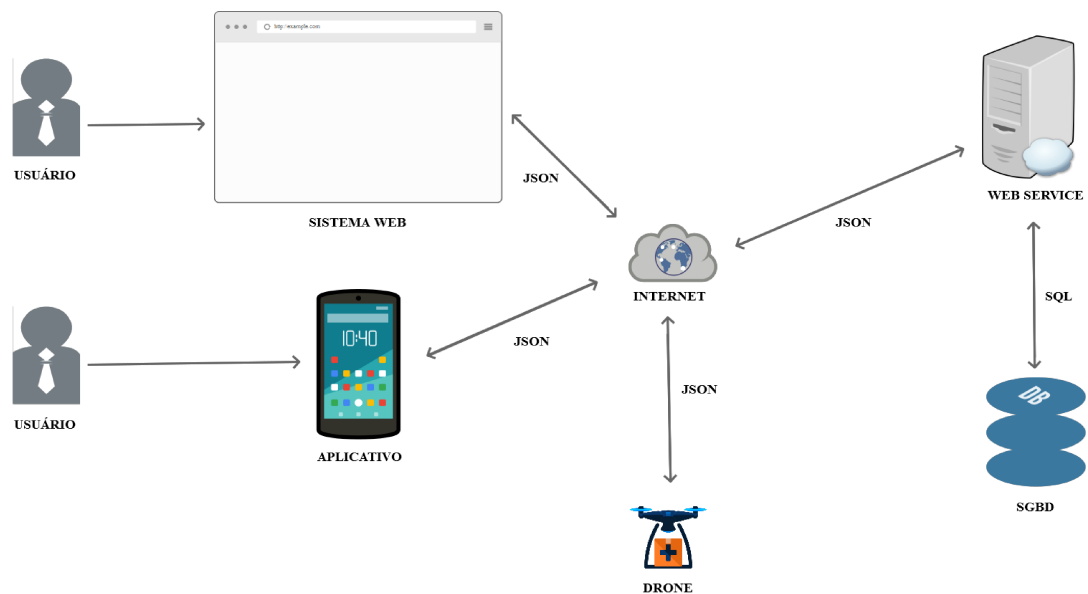
de medicamentos. A primeira parte foi desenvolvida em outro trabalho de conclusão do curso de Engenharia de Computação da UEMA¹.

3.3. Arquitetura Geral

A arquitetura projetada para a solução deste projeto consiste na comunicação com um Web Service desenvolvido e hospedado no servidor remoto que fará a ponte com o banco de dados, também, hospedado no mesmo servidor.

Na arquitetura proposta, o Web Service se comunica com o drone, fornecendo dados de origem, destino e o caminho a percorrer, para que seja entregue as cargas de medicamentos atendidas. Tanto o sistema web quanto o aplicativo se comunicarão com o webservice, como ilustrado na Figura 9.

Figura 9 - Arquitetura geral da solução.



Fonte: AUTOR, 2016.

Em linhas gerais, o Web Service da solução apresentada tem como objetivo expor as funcionalidades para os usuários do sistema web e do aplicativo através do protocolo HTTP. Cada funcionalidade representa uma aplicação identificada por uma URI, cujas interfaces podem ser definidas através de artefatos JSON, estrutura de dados escolhida para troca de mensagens entre servidor e cliente.

¹ TELES, FABRICIO. Solução Colaborativa e Gamificada para Distribuição de Cargas de Medicamentos: Estudo de Caso de Aplicativo Móvel Colaborativo. 2016. No prelo.

A estrutura de dados JSON é um formato de troca de dados definido como um conjunto de nomes e valores separados por dois pontos e delimitados por vírgulas. Algumas das vantagens da utilização do JSON são:

- Suporte a objetos
- Leitura mais simples
- Velocidade maior na execução e troca de dados devido a sua estrutura
- Arquivo com tamanho compacto

Além das suas vantagens, o JSON é uma ferramenta bastante utilizada para auxiliar a execução de chamadas AJAX, as quais o retorno obtido da execução no servidor obedece aos padrões de criação de objetos JSON, tornando-se mais fácil a leitura dos dados retornados em JavaScript.

3.4. Apresentação Geral do Modelo Proposto

Com base no que foi exposto no referencial teórico, foi escolhido como plataforma de desenvolvimento o Node.js, uma vez que é destinado a aplicações do tipo de arquitetura cliente-servidor, e possui a imensa vantagem de trabalhar com Sockets para comunicação em tempo real, que é um diferencial no caso do sistema aqui proposto.

Com relação ao hardware, irá ser utilizado o Bebop drone com sua API de desenvolvimento open source disponibilizado pela fabricante, pois se encaixa perfeitamente no nosso escopo de testes em pequena escala para validação de nossa abordagem, sendo um drone de baixo custo que atende todas nossas necessidades no momento.

Após a definição da arquitetura a ser utilizada, escolha do hardware a ser integrado ao projeto e a apresentação do funcionamento de cada uma destas tecnologias, a fase do desenvolvimento é iniciada. Se faz necessário que as etapas previstas no planejamento sejam concluídas uma a uma.

Como já exposto anteriormente, a falta de interação entre os postos de saúde e a redistribuição dos medicamentos são o ponto chave para a solução proposta nesse trabalho. Com relação a redistribuição dos medicamentos, nada mais é do que um problema de logística.

No ponto de vista de mercado, empresas transportadoras têm procurado por métodos para encontrar o melhor custo benefício na distribuição de produtos através da cadeia de

suprimentos. Tradicionalmente, e principalmente no Brasil, caminhões são usados para exercer esta tarefa. Com o advento de novas tecnologias, surge uma nova possibilidade de sistema de distribuição onde drones são usados para dar auxílio no transporte de carga.

As principais vantagens na utilização de drones são:

- Possibilidade de ser operado remotamente, ou sem um piloto humano.
- Evita os tradicionais congestionamentos da atual infraestrutura de trânsito do país.
- Rapidez na entrega.

Em contrapartida, como a força propulsora do drone vem de baterias, sua autonomia é limitada e sua capacidade de carga é baixa.

A Tabela 4 mostra uma comparação entre o uso de Drones e Caminhões para transporte de cargas.

Tabela 4 - Características do drone e caminhão.

| | Velocidade | Peso | Capacidade | Alcance |
|----------|------------|--------|------------|---------|
| Drone | Rápido | Leve | Baixa | Curto |
| Caminhão | Devagar | Pesado | Alto | Longo |

Fonte: Adaptado de (AGATZ; BOUMAN; SCHMIDT, 2015).

Um sistema de distribuição de pequenas encomendas e/ou pacotes via drone, considerando a entrega até uma distância relativamente curta, possui várias vantagens em relação a entrega de mercadorias comum por caminhões, e a principal delas está o custo e prazo das entregas. Desta forma, estamos agregando soluções tecnológicas a redução de custos e eficiência em alcançar os objetivos definidos.

Levando em consideração a arquitetura de desenvolvimento e hardware escolhido, foi desenvolvido um sistema colaborativo para interação dos postos de saúde, permitindo a interação e trocas de medicamentos. Este trabalho foca na parte do desenvolvimento do módulo de interação do sistema com o drone e distribuição dos medicamentos. Na próxima seção temos a descrição do processo de desenvolvimento.

3.5. Descrição do Processo de Desenvolvimento

Como passo inicial, foram levantados todos os dados que serão necessários para o desenvolvimento da ferramenta. Junto com a Secretaria de Saúde, existe um cadastro prévio de todos os postos de saúde que irão fazer parte do nosso sistema. Esses postos foram catalogados manualmente no banco de dados na seguinte forma:

Tabela 5 - Relação de postos de saúde e suas respectivas localizações geográficas.

| ID | POSTO | LATITUDE | LONGITUDE |
|----|---------------------|-----------|------------|
| 1 | UPA Vinhais | -2.513363 | -44.252874 |
| 2 | UPA Araçagy | -2.478041 | -44.211308 |
| 3 | UPA Cidade Operaria | -2.574358 | -44.197683 |
| 4 | UPA Parque Vitoria | -2.519390 | -44.209000 |
| 5 | UPA Vila Luizão | -2.513310 | -44.252655 |

Fonte: AUTOR, 2016.

Cada posto recebeu um ID único, seu nome, e sua respectiva posição geográfica, representado pelos valores de longitude e latitude. Os atributos de latitude e longitude são de extrema importância para nosso sistema, uma vez que serão os campos enviados via requisição ao webservice para o cálculo de rota a ser seguido pelo drone.

Como passo seguinte, foram levantadas as informações necessárias para o banco de dados, que foi modelado e desenvolvido em MySQL. Após a modelagem, o banco foi alimentado com as informações necessária recolhidas na etapa de levantamento de requisitos.

Na etapa seguinte, modelamos e desenvolvemos o servidor, tendo por base a arquitetura especificada anteriormente. O servidor, como já dito, foi desenvolvido usando Node.js e o framework Express para a definição de rotas (caminhos para acesso de recursos no servidor), seguindo os padrões de arquitetura REST.

Foi definido rotas individuais para cada tipo de ação referente ao banco de dados e requisições externas. O webservice cuidará de todo o sistema CRUD referente ao sistema de da Secretaria de Saúde e do aplicativo a ser usado por funcionários nos postos de saúdes e hospitais, assim como todo o módulo referente a definição e execução do trajeto a ser seguido pelo drone.

Como parte das definições dos trajetos a serem seguidos pelo drone, foi estabelecido uma rota para o servidor, o qual irá receber como parâmetros na requisição os 'id's' do posto

origem e do posto de destino. O ‘id’ do posto de origem vem da localização atual do usuário ‘logado’ no sistema e do posto de destino das informações da solicitação no sistema, como podemos ver na figura 10.

Figura 10 - Tela de solicitações do sistema.

| Origem | Endereço | Medicamento | Quantidade | Data e Hora | Status |
|---------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------|-------------|---------|
| UPA Araçagy | Avenida dos Holandeses, s/n | ACETATO DE DESMOPRESSINA | 10 | | Atender |
| UPA Cidade Operária | Av. Principal, s/n, Cidade Operária | ACETATO DE LEUPRORRELINA | 20 | | Atender |
| UPA Araçagy | Avenida dos Holandeses, s/n | ACECLOFENACO | 13 | | Atender |

Fonte: AUTOR, 2016

Com o ID dos respectivos postos de saúde, é possível recuperar do banco de dados suas respectivas localizações geográficas. A partir desse ponto, são feitas as requisições ao servidor do Google para obtenção dos trajetos a serem seguidos pelo drone, utilizando as localizações geográficas dos respectivos postos.

Primeiro é feita uma requisição de trajeto pela *Google Maps Directinos API*, que com os pontos geográficos fornecidos, ponto A (*origin*) do posto que está atendendo a requisição, e ponto B (*destination*) do posto que irá receber o medicamento. A requisição HTTP irá retornar um JSON com os trajetos possíveis de se chegar ao destino informado e o direcionamento passa a passo para cada um dos trajetos. Entretanto, o Google leva em consideração algumas informações para o cálculo desses trajetos, que considerando o escopo do nosso projeto, serão desprezíveis, como o tempo do trajeto de acordo com o tráfego na região.

É importante ressaltar, que devido às limitações legislatórias com respeito à segurança e privacidade, foi assumido que o drone utiliza as mesmas vias que os automóveis utilizam. Mesmo com esta limitação, neste modelo foi assumido que o drone é mais rápido que um caminhão por um fator α devido ao fato de que o drone não é afetado por congestionamentos.

Levando em consideração essas limitações impostas pela legislação, na qual o drone poderá sobrevoar somente áreas que não ofereçam risco a população, a solução aqui proposta estabelece que os trajetos sejam calculados sobre vias de trânsito, e que o drone voe a uma

altura mínima de 50 metros, para evitar qualquer possível obstáculo de postes, fiação elétrica, viadutos e pontes, além de ser mais seguro para pessoas próximas a utilização do drone.

Utilizando essas premissas como base, foi determinado dentro dos parâmetros fornecidos para o cálculo dos trajetos, a opção de trajeto de modelo via 'driving', ou veicular. Desta forma, a requisição irá apenas calcular e nos retornar opções de trajeto na qual teremos infraestrutura de vias automotivas para passagem de veículos, além de especificar claro, que não deve ser incluída informações sobre trânsito na região, pois são desprezíveis.

Mesmo após a especificação desses parâmetros aqui citados, qualquer requisição de direcionamento de um trajeto irá trazer pelo menos três trajetos possíveis para um percurso. Com base na nossa proposta de desenvolvimento, levando em consideração apenas a distância, será selecionado o menor trajeto em quilômetros, pois apesar de trajetos urbanos possuírem curvas e elevações, o drone não sofrerá com essas circunstâncias, nem com congestionamento, faixa de pedestres, sinais de trânsito, reduzindo drasticamente o tempo do percurso comparando com um caminhão de entregas.

Como output da requisição feita a API do *Google directions*, temos o retorno de um arquivo formato JSON, que contém todas as informações do trajeto, como mostrado na Figura 11.

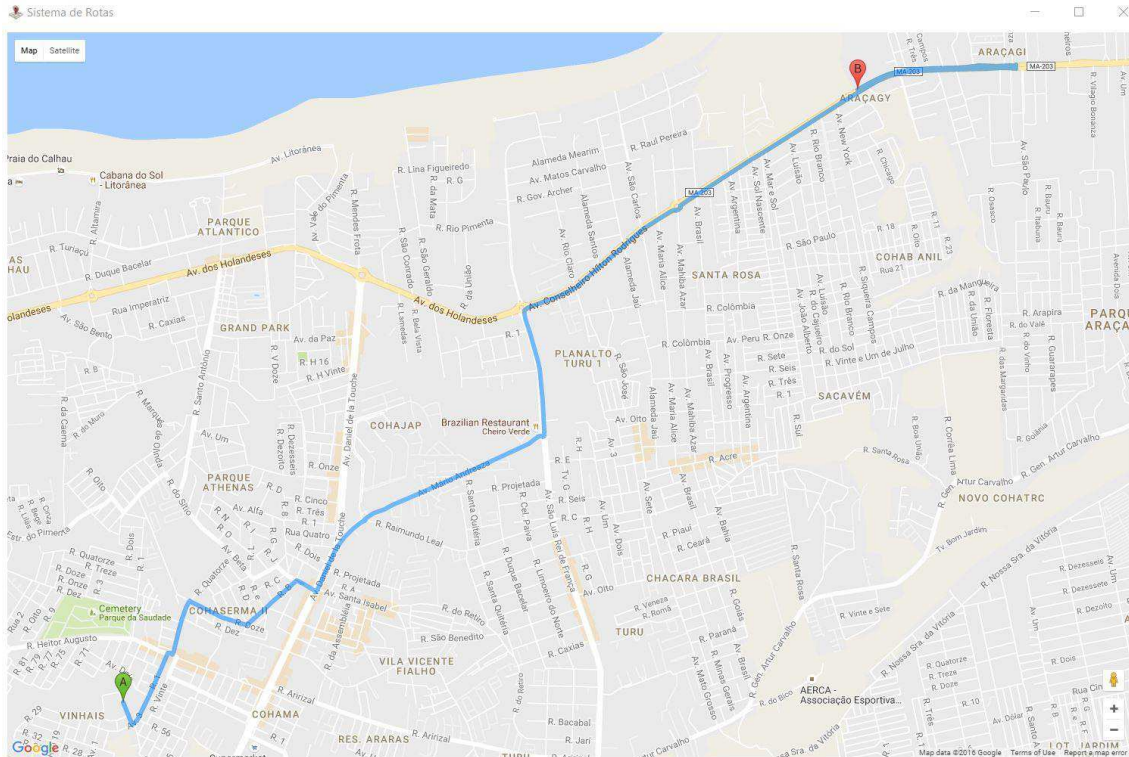
Figura 11 - Output JSON com informações do trajeto.

```
"routes" : [
  "copyrights" : "Map data ©2016 Google",
  "legs" : [
    {
      "distance" : {
        "text" : "12.6 km",
        "value" : 12645
      },
      "duration" : {
        "text" : "28 mins",
        "value" : 1675
      },
      "end_address" : "Av. Principal Cidade Operária, 2-36 - Vila Operaria, São Luís - MA, Brazil",
      "end_location" : {
        "lat" : -2.5741631,
        "lng" : -44.1976758
      },
      "start_address" : "R. Cento e Cinco, 61-217 - Vinhais, São Luís - MA, Brazil",
      "start_location" : {
        "lat" : -2.5133107,
        "lng" : -44.2526569
      }
    }
  ]
}
```

Fonte: AUTOR, 2016

Este retorno JSON representa as informações do trajeto da UPA Vinhais até a UPA Araçagy, conforme Figura 12.

Figura 12 - Visualização do trajeto retornado.



Fonte: AUTOR, 2016

O trajeto retornado informa as posições dos pontos de origem e destino, endereço, distância e tempo, além de retornar passo a passo como se chegar ao destino partindo do ponto especificado. Para cada passo, haverá um par de coordenadas geográficas, de acordo com os pontos chave de cara trajeto. Porém, esse conjunto de pontos geográficos ainda não são o nosso output final.

O próximo passo é usar esse conjunto de pontos de coordenadas geográficas como entrada para uma nova requisição para API, mas desta vez será da *Google Maps Roads*. O principal motivo para adicionarmos esse passo em nosso projeto, é o objetivo de fazer o drone o mais preciso possível em seu trajeto.

A *API Google Maps Roads* recebe como entrada um conjunto de pontos e permite que se mapeie coordenadas de GPS ao longo da geometria da estrada do trajeto. Esse conjunto de pontos de retorno nos permitem que o drone siga precisamente o trajeto, evitando assim qualquer problema com legislação.

Podemos ver o retorno, também em JSON, com apenas os pontos a serem seguidos pelo drone, em coordenadas geográficas no formato de latitude e longitude, conforme a Figura 13.

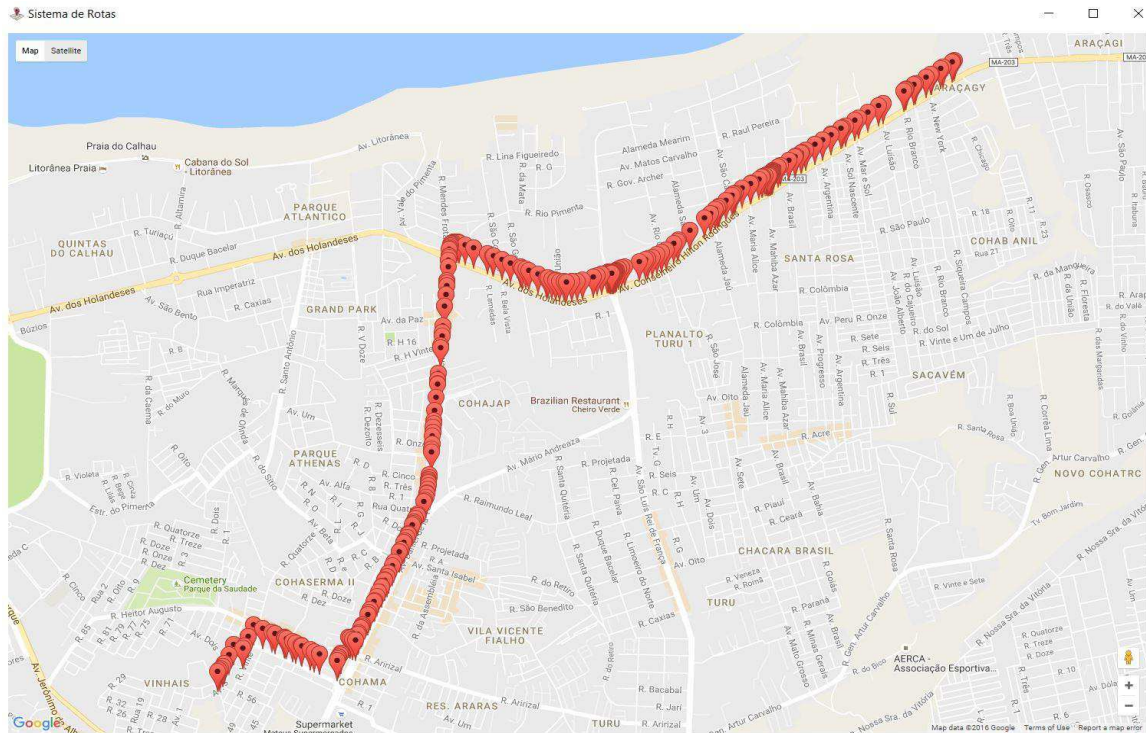
Figura 13. Output final das coordenadas geográficas.

```
{
  "snappedPoints": [
    {
      "location": {
        "latitude": -2.513282246228222,
        "longitude": -44.252668074481207
      },
      "originalIndex": 0,
      "placeId": "ChIJ78F7ig009gcRf0HdwMfJgQY"
    },
    {
      "location": {
        "latitude": -2.5133509,
        "longitude": -44.2526411
      },
      "placeId": "ChIJ78F7ig009gcRf0HdwMfJgQY"
    },
    {
      "location": {
        "latitude": -2.5138218738306572,
        "longitude": -44.252453798327608
      },
      "originalIndex": 1,
      "placeId": "ChIJ78F7ig009gcRf0HdwMfJgQY"
    }
  ],
}
```

Fonte: AUTOR, 2016

Por outro lado, a Figura 14 mostra a rota com todos os pontos criados pela *API Google Maps Roads*.

Figura 14 - Visualização das coordenadas a serem seguido pelo drone.



Fonte: AUTOR, 2016

Apesar de termos as coordenadas de forma bem simples e inteligível ao ser humano, elas ainda não estão na forma que o drone pode utilizá-las. Existem no mercado alguns protocolos de comunicação para robôs aéreos, os mais comuns são o DSMx e MavLink. O nosso drone usa o último. Arquivos do tipo Mavlink compostos apenas por números, divididos em colunas, onde cada valor representa um comando específico, conforme exemplo na figura 15.

Figura 15 - Exemplo de arquivo Mavlink.

```
QGC WPL 120
0 0 3 2500 0.000000 30.000000 2073600.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 1
1 0 3 178 0.000000 6.000000 -1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 1
2 0 3 16 0.000000 5.000000 0.000000 360.000000 34.084763 -118.278091 3.000000 1
3 0 3 50000 0.000000 -1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 1
4 0 3 21 0.000000 0.000000 0.000000 360.000000 34.084763 -118.278091 3.000000 1
5 0 3 2501 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 1
```

Fonte: (NODE-BEBOP, 2016).

Para a conversão dos pontos de coordenadas geográficas para comandos Mavlink, utilizamos como exemplo o arquivo disponibilizado na SDK distribuído pela Parrot. Foi estabelecido uma rota no servidor para receber as coordenadas, convertê-las, e enviá-las para o drone.

Para envio do arquivo mavlink, o servidor se conecta ao drone via FTP e passa o arquivo para um diretório específico, “/data/ftp/internal_000/flightplans”. Neste diretório são armazenados qualquer arquivo de configuração de voo do drone. Para carregar o arquivo no drone, deve-se executar o seguinte comando dentro da API Node-Bebop (Figura 16):

Figura 16 - Código carregamento mavlink no drone.

```
drone.on("AvailabilityStateChanged", function(data) {
  console.log("AvailabilityStateChanged", data);
  if (data.AvailabilityState === 1 && !alreadyFlying) {
    alreadyFlying = true;
    drone.Mavlink.start("/data/ftp/internal_000/flightplans/flightPlan.mavlink", 0);
  }
});
```

Fonte: AUTOR, 2016

Antes que se possa autorizar o voo, o usuário responsável por essa etapa deve carregar manualmente o(s) remédio(s) a serem transportados pelo drone. Em seguida, o sistema acusará que o drone recebeu com sucesso o arquivo e está apto para voo, apenas esperando a autorização final do usuário para começar o seu trajeto. Toda a comunicação nesses estágios entre o drone e o sistema é feita via sockets, como podemos ver no trecho de código a seguir (Figura 17):

Figura 17 - Código resposta de status do drone.










```
drone.connect(function() {
  drone.on("GPSFixStateChanged", function(data) {
    console.log("GPSFixStateChanged", data);
  });

  drone.on("ready", function () {
    console.log("ready");
  });
});
```

Fonte: AUTOR, 2016

Conseqüentemente, essa comunicação é replicada de forma visual para o usuário do sistema. O usuário do sistema terá uma tela, na qual poderá verificar a situação de cada Drone, conforme pode ser observado na Figura 18.

Figura 18 - Dashboard gerenciamento dos drones.

| TCC Cadastro▼ Consulta▼ Relatório▼ | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---|---------|---|---|------------------------------|
| Drones | | | | | | |
| ID | Modelo | | Status | Mapa | Situacao | |
| 01 | Bebop |  | Offline |  |  | Desativado |
| 02 | Phantom |  | Online |  |  | Carregando... |
| 03 | Bebop |  | Online |  |  | Iniciar trajeto |

Fonte: AUTOR, 2016

Na próxima seção serão apresentados os testes e resultados realizados no escopo deste projeto.

4. TESTES E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A próxima seção descreverá o processo de testes práticos do sistema aqui proposto. Serão descritos os procedimentos e dispositivos utilizados, assim como o ambiente de testes e os resultados obtidos, bem como a análise destes resultados.

4.1. Ambiente de Testes

As informações analisadas foram provenientes dos testes realizados dentro do campus Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão em virtude das limitações impostas pela legislação.

Após a configuração do drone, foram realizados voos com o intuito de colher informações e testar o funcionamento do sistema, da requisição e execução dos trajetos e eficácia do drone em cumprir seu objetivo.

Para a realização de testes foi utilizado o aplicativo da empresa Parrot para geração de um plano de voo baseado em coordenadas geográficas fornecidas manualmente, ou seja, após feita a requisição do trajeto pelo webservice, as coordenadas foram manualmente inseridas em um arquivo mavlink. O aplicativo encontra-se na versão 1.3.2.7 e foi executado em um dispositivo smartphone que possui o sistema operacional Android versão 5.1.1 Lollipop, com memória RAM de 2 gigabytes e memória de armazenamento interno de 32 gigabytes.

Esta abordagem foi escolhida com base na segurança, pois, caso ocorra algum problema durante o voo, é possível adquirir o controle do drone de forma manual, que pelo sistema aqui desenvolvido, por limitação de tempo, infelizmente não foi possível implementar essa funcionalidade.

4.2. Metodologia de Avaliação de Resultados

Foram necessárias duas etapas para a avaliação completa dos testes, sendo a primeira uma bateria de “voos livres” para fins de coleta e análise de dados de desempenho, estabilidade e autonomia, e a segunda etapa consistiu na execução de voos seguindo trajetos estabelecidos no perímetro do campus da universidade.

Para a realização da primeira etapa dos testes os percursos estabelecidos foram de pequena distância, contendo apenas 8 e 9 pontos de coordenadas geográficas como representados e especificados nas Figuras 19 e 20 e nas Tabelas 6 e 7.

Figura 19 - Representação gráfica do primeiro teste de voo.



Fonte: AUTOR, 2016

Tabela 6 - Condições do voo do primeiro teste.

| | | Drone | | Condições climáticas | |
|------|------------|------------|---------------|----------------------|---------|
| Data | 07-10-2016 | Altura | 15 m | Vento | 13 km/h |
| Hora | 08:00 h | Velocidade | 5m/s (18km/h) | Umidade | 60% |

Fonte: AUTOR, 2016

Ambos os testes iniciais contemplaram a mesma região do campus da universidade, porque são áreas que, no horário dos testes realizados, possuem baixo fluxo de pessoas e nenhum obstáculo físico.

Figura 20 - Representação gráfica do segundo teste de voo.



Fonte: AUTOR, 2016

Tabela 7 - Condições do voo do segundo teste.

| | | Drone | | Condições climáticas | |
|------|------------|------------|---------------|----------------------|---------|
| Data | 18-10-2016 | Altura | 15 m | Vento | 32 km/h |
| Hora | 09:30 h | Velocidade | 5m/s (18km/h) | Umidade | 60 % |

Fonte: AUTOR, 2016

Na segunda etapa, o percurso estabelecido foi de maiores proporções, tentando simular um trajeto real ao seguir a geometria das vias encontradas no campus da universidade, conforme pode ser observado na Figura 21 e 22 e suas respectivas condições de voo nas Tabelas 8 e 9.

Figura 21 - Representação gráfica do terceiro teste de voo.

Fonte: AUTOR, 2016

Tabela 8 - Condições do voo do terceiro teste.

| | | Drone | | Condições climáticas | |
|------|------------|------------|----------------|----------------------|---------|
| Data | 20-10-2016 | Altura | 30 m | Vento | 24 km/h |
| Hora | 09:00 h | Velocidade | 10m/s (36km/h) | Umidade | 80% |

Fonte: AUTOR, 2016

Figura 22 - Representação gráfica do quarto teste de voo.

Fonte: AUTOR, 2016

Tabela 9 - Condições do voo do quarto teste.

| | | Drone | | Condições climáticas | |
|------|------------|------------|----------------|----------------------|-----------|
| Data | 25-10-2016 | Altura | 30 m | Vento | 18,8 km/h |
| Hora | 09:00 h | Velocidade | 10m/s (36km/h) | Umidade | 70% |

Fonte: AUTOR, 2016

Com base nos testes realizados, obtivemos os resultados dispostos na tabela a seguir.

Tabela 10 - Resultados dos testes aplicados.

| Teste | Nº Pontos | Checkpoints | Acertos | Chegou ao destino |
|-------|-----------|-------------|---------|-------------------|
| 1 | 8 | 6 | 75% | Sim |
| 2 | 9 | 6 | 66,6% | Não |
| 3 | 10 | 8 | 80% | Sim |
| 4 | 13 | 11 | 84,65% | Sim |

Fonte: AUTOR, 2016

Apesar de termos o fator legislação como limitação de área para nossos testes, podemos dizer que a maior limitação foi a categoria do drone utilizado nos testes. O nosso drone não é de categoria comercial, mas, sim, de classificação recreativa, o que não nos proporciona o hardware necessário para realizar testes mais conclusivos.

Por causa do fator hardware, que limita a experiência dos voos, unindo a fatores climáticos não favoráveis, acarreta-se uma série de dificuldades nas realizações dos testes. No caso do segundo teste, a velocidade do vento estava alta (32 km/h) para os padrões recomendados da categoria do drone, que é de 20 km/h, o que fez com que o drone não alcançasse seu objetivo.

Nos demais testes, apesar de que em alguns pontos não tenham sido alcançados, o drone foi capaz de chegar ao seu destino, com uma eficácia de pelo menos 75% dos pontos de coordenadas geográficas alcançados.

5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A relevância da otimização de serviços na sociedade com o objetivo do desenvolvimento da mesma é algo crucial que tem chamado a atenção dos governos e empresas. O nosso trabalho teve como objetivo validar a possibilidade de utilizar novas tecnologias, como drones, nas entregas de medicamentos entre postos de saúde, um serviço que hoje está gerando muito prejuízo aos cofres públicos.

Um dos principais desafios de projetos assim, além da aceitação por parte do governo, é a parte da logística. Na logística, os custos relacionados ao transporte são muito elevados, e qualquer novo sistema que possa gerar alguma redução de custo é muito valorizado e possui grandes impactos. O surgimento dos drones gera, então, possibilidades de otimização das operações de transportes.

Contudo, é fundamental conhecer o funcionamento da tecnologia para uma total extração de benefícios. A aplicação de drones em serviços é um pouco limitada devido à restrição da baixa autonomia de voo e carga, que na nossa solução, não chegou a ser uma grande barreira. Atualmente devido aos investimentos de empresas nessa tecnologia, drones mais robustos têm sido fabricados, podendo ser utilizados sem muitas restrições em diferentes áreas.

Outra importante limitação que precisa ser superada é a legislação, que ainda restringe muito o uso dos drones nos grandes centros urbanos. Os legisladores têm trabalhado para entrar em sintonia com os avanços tecnológicos, mas ainda há um descompasso entre o que as empresas querem para tornar seus processos logísticos e serviços mais eficientes e o que as leis permitem.

Como trabalhos futuros, almeja-se utilizar um drone comercial, mais robusto, com capacidade de cargas maiores que possibilite a inserção de cargas medicinais reais. Possuindo um drone desta categoria e adquirindo uma licença para a realização de testes em longas distancias dentro da cidade, será possível realizar uma análise de desempenho com cenários e resultados mais próximos de situações reais.

Levando tudo isso em consideração, apesar de todas as limitações, com os resultados de nossos testes, que representaram uma prova de conceito em pequena escala, foi possível validar nossa ideia e gerar um incentivo a levar adiante o desenvolvimento desse sistema que tem muito a contribuir com a sociedade.

REFERÊNCIAS

AGATZ, N.; BOUMAN, P.; SCHMIDT, M.; **Optimization Approaches for the Traveling Salesman Problem with Drone**. Social Science Research Network. Agosto, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **RPAS – Sistemas de aeronaves remotamente pilotadas**. 28 de agosto de 2015. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/rpas/>>. Acesso em: 10.jul.2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **ANAC propõe regras para RPA e aeromodelos**. Brasília, 2 de setembro de 2015. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/noticias/2015/anac-propoe-regras-para-rpa-e-aeromodelos/>>. Acesso em: 10.jul.2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Drones**. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones/>>. Acesso em: 10.jul.2016.

AURÉLIO, M. **Um novo meio de transporte?** 2015. Logística Descomplicada. Disponível em: <<http://www.logisticadescomplicada.com/um-novo-meio-de-transporte/>>. Acesso em: 10.jul.2016.

BAMBURRY, D. **Drones: Designe for Product Delivery**. DMI. p. 40-48. 2015.

BENEVIDES, C.; GALDO, R. **R\$ 1 bilhão em remédios no lixo: Falhas na compra e no armazenamento levam a desperdícios de medicamentos no país**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2010/04/26/r-1-bi-em-remedios-no-lixo-falhas-na-compra-e-no-armazenamento-levam-a-desperdicio-de-medicamento-no-pais>>. Acesso em: 29 out. 2016.

BRASIL, CONSELHO NACIONAL DE SECRETÁRIOS DE SAÚDE. **Para entender a gestão do Programa de Medicamentos de dispensação em caráter excepcional**. Conselho Nacional de Secretários de Saúde. Brasília, 2004.

BRITO, P. S.; BASTOS, F. M. **Aquisição de Medicamentos: Um Paralelo Entre A Compra E O Desperdício Dos Medicamentos Adquiridos Pelo Setor Público.** n.1, v.1, p.57-71, 2015.

CENARIOS NODE.JS. **Cenários do mundo real para o Node.js no Windows Azure.** Disponível em: < <http://msdn.microsoft.com/pt-br/magazine/jj991974.aspx> > Acesso em: 22.ago.2016.

CROCKFORD, DOUGLAS. **JavaScript: The Good Parts. Unearthing the Excellence in JavaScript.** O'Reilly Media / Yahoo Press. Maio 2008.

D'ANDREA, R. **Can Drones Deliver?** IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. v. 11, n. 3, p. 647-648, julho 2014.

EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY (EASA). 2015. **Concept of Operations for Drones A risk based approach to regulation of unmanned aircraft.** Disponível em: <https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/204696_EASA_concept_drone_brochure_web.pdf>. Acesso em: 02.set.2016.

EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY (EASA). 2016. **Civil drones (Unmanned aircraft).** Disponível em: <<https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/civil-drones-rpas>>. Acesso em: 02.set.2016.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Amazon Gets Experimental Airworthiness Certificate.** 19/03/2015. Disponível em: <<http://www.faa.gov/news/updates/?newsId=82225&cid=TW303>>. Acesso em: 02.set.2016.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **FAA Announces Small UAS Registration Rule.** Press Release. 14/12/2015. Disponível em: <https://www.faa.gov/news/press_releases/news_story.cfm?newsId=19856>. Acesso em: 02.set.2016.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **DOT and FAA Propose New Rules for Small Unmanned Aircraft Systems.** Press Release. 15/02/2015. Disponível em:

<http://www.faa.gov/news/press_releases/news_story.cfm?newsId=18295>. Acesso em: 02.set.2016.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Section 333**. 11/02/2016. Disponível em: <https://www.faa.gov/uas/legislative_programs/section_333/>. Acesso em: 02.set.2016

FERREIRA, D. **Implementação de um Sistema de Navegação INS/GPS, Aplicado a Agricultura de Precisão**. UFSC. 2012

FERG, S. **Event-Driven Programming Introduction**. SourceForge. Disponível em: <<http://eventdrivenpgm.sourceforge.net/>>. Acesso em: 18.ago.2016.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). **Comando da aeronáutica publica nova legislação sobre drones**. Agência Espacial Brasileira. 4/12/2015. Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/comando-da-aeronautica-publica-nova-legislacao-sobre-drones/>>. Acesso em: 10.jul.2016.

FLANAGAN, David; **JavaScript: The Definitive Guide**. 6th ed. O'Reilly & Associates. 2011.

FRANÇA, A. **Simulação e Implementação em Tempo Real de Sistemas de Navegação Inercial Integrados INS / GPS**. Dissertação de Mestrado, IME, março de 2009.

FRANKE, U. **Civilian Drones: Fixing an Image Problem?**. The International Relations and Security Network (ISN). Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://isnblog.ethz.ch/security/civiliandrones-fixing-an-image-problem>>. Acesso em: 12.jul.2016.

FRIEDMANN, R.M.P. Fundamentos de orientação, cartografia e navegação terrestre. Paraná: CEFET, 2003.

G1. **99 estuda entregar pizza por drones em São Paulo**. Disponível em: <

<http://g1.globo.com/economia/negocios/noticia/2016/08/99-estuda-entregar-pizza-por-drones-em-sao-paulo.html/>>. Acesso em: 22.ago.2016.

GITHUB. Github Programming Languages Raking. Disponível em: < <http://github.info/> >. Acesso em: 22.set.2016.

GOOGLE. API de mapas da Google. Google Developers. Disponível em: < <https://developers.google.com/maps/> >. Acesso em: 18.set.2016

GOOGLE. Maps JavaScript API. Google Developers. Disponível em: < <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/> > Acesso em: 18.set.2016b

GPS. Official U.S. Government information about the Global Positioning System (GPS) and related topics. Disponível em: < <http://www.gps.gov/systems/gps/space/> >. Acesso em: 18.set.2016

HERN, A. DHL launches first commercial drone 'parcelcopter' delivery service. The Guardian. Disponível em: <http://www.theguardian.com/technology/2014/sep/25/german-dhl-launches-first-commercial-drone-delivery-service>. Acesso em: 02.set.2016.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. Legislação sobre drones e VANTs no Brasil. 27/02/2015. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=legislacao-de-dronesvants-brasil#.VvKbO-IrLIV> />. Acesso em: 02.set.2016.

JANNUZZI P.M. Avaliação de Programas Públicos por meio da análise estruturada dos relatórios de auditoria da Controladoria Geral da União. Cadernos Gestão Pública e Cidadania. São Paulo, n.59, v. 16, 2011. MARIN N. et al. Assistência Farmacêutica para Gerentes Municipais, Rio de Janeiro: OPAS/MS 2003.

KIM, JI-HUN. Revolution from above. 03/05/2015. Disponível em: < <http://www.smart-magazine.com/en/revolution-drones/> >. Acesso em: 2.set.2016.

Logística e os Drones. 2015. Disponível em: < <http://asaplog.com.br/logistica-e-os-drones/> >. Acesso em: 10.jul.2016.

LAVARS, N. **Amazon to begin testing new delivery drones in the US.** Gizmag. 12/04/2015.

Disponível em: < <http://www.gizmag.com/amazon-new-delivery-drones-us-faaapproval/36957/> >. Acesso em: 02.set.2016.

MARINS, Diego Ribeiro. **Um processo de gamificação baseado na teoria da autodeterminação.** 2013. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

NICAS, J.; BENSINGER, G. **Delivery Drones Hit Bumps on Path to Doorstep.** The Wall Street Journal. Disponível em: <<http://www.wsj.com/articles/technical-hurdles-delay-dronedeliveries-1426867441>>. Acesso em: 12.jul.2016.

NODE. **Node.js Docs.** Disponível em: < <https://nodejs.org/en/docs/> >. Acesso em: 18.ago.2016

NODE. **Node.js API.** Disponível em: < <https://nodejs.org/api/> >. Acesso em: 18.ago.2016

NODE-BEBOP. **A Node.js client for controlling Parrot Bebop & Bebop2 quadcopters.** GitHub. Disponível em: < <https://github.com/hybridgroup/node-bebop> >. Acesso em: 22.ago.2016

PARROT. **Bebop Drone.** Disponível em: < <http://global.parrot.com/au/products/bebop-drone/> >. Acesso em: 18.ago.2016.

PARROT. **Bebop drone User Guide.** Disponível em: < https://parrotcontact.parrot.com/website/user-guides/download-user-guides.php?pdf=bebop-drone/Bebop-drone_User-guide_UK.pdf >. Acesso em: 22.ago.2016.

POPPER, B. **UPS researching delivery drones that could compete with Amazon's Prime**

Air. The Verge. 03.dez.2013. Disponível em: <<http://www.theverge.com/2013/12/3/5169878/upsis-researching-its-own-delivery-drones-to-compete-with-amazons>>. Acesso em: 12 julho 2016.

REGULAMENTAÇÃO ANAC DRONES. DoctorDrone. 2/11/2015. Disponível em: <<http://doctordrone.com.br/regulamentacao-anac-drones/>>. Acesso em: 2.set.2016.

RIBEIRO, C. Aplicações Web real-time com Node.js. Casa do Código, 2015

RIBEIRO, C. Construindo APIs REST com Node.js. Casa do Código, 2016

ROCHA, J.A.A M.R. ABC do GPS: O sistema GPS. Recife: Bagaço, 2004, p. 9-15.

SANTOS, M. M. Desenvolvimento de um Sistema de Localização e Reconstrução de Trajetórias para um Veículo Terrestre. Dissertação de Mestrado, UFMG, setembro de 2009.

SHAW, I. The Rise of the Predator Empire: Tracing the History of U.S. Drones, Understanding Empire. Disponível em: < <https://understandingempire.wordpress.com/2016/07/12/a-brief-history-of-u-s-drones/> >. Acesso em: 12.jul.2016.

SILVA, E. Drones: Entregadores do futuro. Mundo Logística. São Paulo, n. 40, p.8-10, maio/junho 2014.

RAI, R. Socket.IO Real-time Web Application Development.. PACKT Publishing. Fevereiro, 2013.

Socket.IO. Real time application framework. Disponível em: < <http://socket.io/docs/> >. Acesso em: 22.ago.2016.

STACKOVERFLOW. Developer Survey Results. Disponível em: < <http://stackoverflow.com/research/developer-survey-2016/> >. Acesso em: 22.set.2016.

SOMMERVILLE, I. **Software Engineering**. 10th Edition, PEARSON. 2016.

VANIAN, J. **Amazon's Drone Testing Takes Flight In Yet Another Country**. Fortune. 01/02/2016. Disponível em: <<http://fortune.com/2016/02/01/amazon-testing-dronesnetherlands/>>. Acesso em: 02.set.2016.

_____. **Here's How Many People Have Registered Their Drones**. Fortune. 06/02/2016. Disponível em: < <http://fortune.com/2016/01/06/federal-drone-registration-system/> >. Acesso em: 02.set.2016.

VEJA. **Amazon planeja usar drones para entregar mercadorias**. Revista Veja. 2 de dezembro 2013. Disponível em: < <http://veja.abril.com.br/tecnologia/amazon-planeja-usar-drones-para-entregar-mercadorias/> >. Acesso em: 10.jul.2016.

VIEIRA F.S.; ZUCCHI P. **Distorções causadas pelas ações judiciais à política de medicamentos no Brasil**. Revista de Saúde Pública, n.2, v.41, p.214-222, 2007.

WILSON, J. R. **Node.js the Right Way: Practical, Server-Side JavaScript That Scales**. Pragmatic Bookshelf, 2013.

Apêndices

APÊNDICE A - ROTEIRO DE ENTREVISTA

1. Faltam, de fato, medicamentos na unidade?
2. Quando há registros de falta de medicamentos, qual a instrução para a população?
3. Como se dá o controle de estoques dos medicamentos?
4. Existe um modelo de fornecimento gratuito na unidade?
5. Quais os meios de divulgação do estoque de medicamentos?
6. Há meios emergenciais de aquisição de medicamentos, que não se subordine às licitações?
7. Existe o compartilhamento de medicamentos entre outras unidades?
8. Se existe o compartilhamento, o mesmo é permitido por lei? Como se dá esse compartilhamento?
9. Existe um controle efetivo, informatizado pela unidade de medicamentos que são descartados?
10. Na sua opinião, quais benefícios um sistema como esse traria aos postos de saúde?