



O Cadete

Revista Científica da Academia Militar

Website da revista: www.am.ac.mz/ocadete



USO DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL PARA A IDENTIFICAÇÃO DA POSIÇÃO DE VEÍCULOS E TROPAS EMPENHADAS NOS TEATROS OPERACIONAIS

Edson Thackson João Kahwire Moçanzica¹, Tadeu Alfredo²

¹ Tenente (Mestre Engº), Professor assistente na Academia Militar Marechal Samora Machel, Nampula, Moçambique.

² Alferes (Licenciado), Professor assistente na Academia Militar Marechal Samora Machel, Nampula, Moçambique.

Resumo

As Forças Armadas de Defesa de Moçambique têm enfrentado a problemática da gestão e controlo de viaturas, o que resulta em encargos financeiros elevados de manutenção, combustíveis e lubrificantes. Outrossim, no Teatro Operacional Norte, tem-se registado casos de corte de comunicação entre as unidades empregadas, devido aos ataques armados, tornando difícil o envio de reforços, resgate e reabastecimento em tempo oportuno. Nisto, o artigo intitulado “Uso do sistema de posicionamento global para a identificação da posição de veículos e tropas empregadas nos teatros operacionais”, visa descrever o desenvolvimento de um sistema de rastreamento de baixo custo para sua aplicação em viaturas e tropas em cumprimento de missões, no Teatro Operacional Norte. Para tal, com recurso ao método experimental, implementou-se o protótipo do sistema tendo como elementos base para o seu funcionamento o microcontrolador Atmega, o módulo GPS Neo 6M e o módulo GSM. O desenvolvimento do sistema permitiu obter a localização dos objectos de forma remota, por meio da rede móvel de comunicação, localização obtida através da triangulação por satélite e transmissão das coordenadas (latitude e longitude) para o software do utilizador por meio do Sistema Global para Comunicações. Por meio dos testes do sistema, pôde-se obter as coordenadas reais com uma margem de erro na ordem dos 7 a 10 metros da sua posição real.

Palavras-chave: Rastreamento, Posicionamento Global, Comunicações Móveis.

Abstract

The Mozambican Defense Armed Forces have faced the problem of vehicle management and control, which results in high financial burdens with maintenance, fuel and lubricants. Furthermore, in the northern operational theater, there have been cases of communication breakdown between the committed units due to armed attacks, which makes it difficult to send reinforcements, rescue and resupply in a timely manner. Therefore, the article entitled “Use of the global positioning system for the identification of the position of vehicles and troops engaged in operational theaters”, aims to describe the development of a low-cost tracking system for its application in vehicles and troops in compliance with missions in the northern operational theater. With the applications of the experimental method, the prototype of the system was implemented, having as base elements for its operation the Atmega microcontroller, the Neo 6M GPS module and the GSM module. The development of the system made it possible to obtain the location of objects remotely through the mobile communication network, location obtained through satellite triangulation and transmission of coordinates (latitude and longitude) to the user's software through a Global System for Communications. . Through the tests of the system, it was possible to obtain the real coordinates with a margin of error in the order of 7 to 10 meters from its real position.

Keywords: Global Positioning System, Tracking, Global System for Mobile Communications.

Informações do Artigo

Histórico:

Recepção: 05 de Maio de 2022

Aprovação: 31 de Outubro de 2022

Publicação: 08 de Dezembro de 2022

Contacto

Edson Thackson J. K. Moçanzica  ethackson@gmail.com



1. Introdução

Nos diferentes sectores de actividades das áreas militar e civil, por um lado, há necessidade de se efectuar o controlo dos recursos materiais e humanos. Por outro lado, os diferentes sectores de trabalho, geralmente, recorrem à viaturas para facilitar o transporte de bens e pessoas. Por via do exposto, os recursos financeiros são aplicados para a manutenção e compra de combustíveis e lubrificantes, porém sem mecanismos de controlo eficiente dos movimentos e observância rigorosa das normas de condução e riscos de sabotagem de combustíveis e lubrificantes, alegando-se terem sido gastos durante o cumprimento de missões atribuídas.

Este estudo traz-nos, de forma sumária, a descrição do desenvolvimento de um sistema de rastreamento de baixo custo baseado nos sistemas digitais microcontrolados, conciliado com o sistema de posicionamento global e o sistema global para comunicações móveis, realçando a importância da aplicação dos sistemas com base no GPS para a solução de problemas enfrentados no dia-a-dia, nas diversas áreas sociais e descreve, ainda, uma nova abordagem e método de implementação dos sistemas de posicionamento tendo como recurso materiais de baixo custo, facto que torna possível e acessível a utilização deste recurso pelas comunidades com baixo poder de aquisição.

Em Moçambique, o controlo de viaturas pelas instituições do Estado é, de forma notória, deficiente pois observa-se, regularmente, viaturas do Estado, de empresas públicas e privadas usadas, por

funcionários, como se fossem viaturas particulares. Nas Forças Armadas de Defesa de Moçambique (FADM), o cenário não é diferente, na medida em que, nas unidades militares, observa-se de forma sistemática, a sabotagem de combustíveis, perpetrada por militares de diferentes escalões e categorias, originando elevados encargos financeiros, na compra de combustíveis, para os cofres do Estado, bem como, enormes dificuldades no cumprimento de missões.

Em paralelo a este fenómeno, Moçambique, actualmente, enfrenta ataques armados, desencadeados por insurgentes, com maior destaque para a província de Cabo Delgado. Consequentemente, têm-se registado ataques às posições e subunidades militares, que, por vezes, têm resultado em destruição ou assalto da logística, armamento e equipamentos de comunicação, forçando às tropas empenhadas a fazerem retiradas, nas quais acabam por ficar sem comunicação e em debandada, o que não facilita o envio de reforços e reabastecimento pelo Posto de Comando (PC).

Na actual era digital, os sistemas e circuitos digitais encontram solução para os problemas da natureza acima descrita com a aplicação de sistemas de localização por GPS (*Global Position System*), que de acordo com [French \(1996\)](#), é um sistema de rádio-frequência que usa a tecnologia GNSS¹ (*Global Navigation Satellite System*), concebido e mantido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (*Department of Defense*) desde o início do ano de 1960, no contexto do projecto NAVSTAR-GPS² (*Navigation System with Time and Ranging Global*

¹ O GNSS (do inglês, *Global Navigation Satellite System*) é um sistema que permite determinar o posicionamento geográfico de um objeto na superfície da Terra, através de satélites artificiais especialmente concebidos para o efeito ([Seeber, 2003](#))

² O NAVSTAR-GPS (do inglês *Navigation System with Time And Ranging Global Positioning*

System) é um sistema de radionavegação baseado em satélite que fornece informações tridimensionais precisas de posição, navegação e tempo para usuários adequadamente equipados. O sistema está continuamente disponível em todo o mundo e é independente das condições meteorológicas condições ([Seeber, 2003](#))



Position System). O principal objectivo deste sistema era localizar os soldados ou tropas americanas, de forma precisa, com margem de acerto entre 10 a 20 metros, substituindo as formas convencionais que, por meios de comunicações de rádio, ficavam expostos às escutas dos inimigos ([French, 1996](#)).

Em Moçambique, os sistemas de rastreamento não são amplamente utilizados devido a vários factores, nomeadamente: a existência de poucas empresas fornecedoras de serviços desta área; o défice de fornecedores dos equipamentos electrónicos a nível nacional; e a falta de iniciativas tecnológicas públicas e privadas, entre outros. As poucas empresas que fornecem este serviço são estrangeiras, facto que acarreta encargos financeiros elevados para implementação e manutenção dos sistemas. No entanto, há algumas empresas privadas que dispõem deste serviço.

É neste contexto que o presente artigo visa descrever o desenvolvimento de um sistema de rastreamento de baixo custo para sua aplicação nas viaturas e tropas em cumprimento de missões no teatro operacional. Para o efeito, recorreu-se ao método experimental, tendo como recurso uma abordagem sequencial linear constituída por etapas, começando pela especificação dos requisitos do sistema, planeamento, modelagem (descrição dos fluxogramas e princípios de funcionamento), construção até a implantação do sistema, seguido da análise dos custos de implementação, comparando-os com os custos dos sistemas de rastreamento disponíveis.

O artigo subdivide-se em 6 secções: a princípio, na introdução, faz-se a contextualização e a menção das motivações do desenvolvimento do sistema

apresentado; na segunda secção, apresentam-se as considerações e ideias de diversos autores da área em estudo; na terceira secção, descrevem-se os métodos aplicados para a implementação do sistema e os materiais usados para o alcance da sua finalidade; na quarta secção, é feita a análise do seu funcionamento (resultados e discussões); na quinta secção, são apresentadas as considerações finais e na sexta secção, são apresentadas as referências que serviram de suporte para o desenvolvimento deste artigo.

2. Sistemas de rastreamento de veículos

Um sistema de rastreamento de veículos é um dispositivo instalado num veículo, de forma a permitir que o proprietário do veículo obtenha a localização deste. É neste sentido que neste artigo propõe-se o projecto de um sistema de rastreamento de veículos que usa a tecnologia GPS e GSM³ (Sistema Global para comunicação Móvel), construído com base num sistema embutido, que pode ser utilizado para o rastreamento de qualquer carro, através de GPS e GSM. Com o referido projecto, vai-se monitorar, continuamente, a localização de veículos em movimento e relatar o *status* dos mesmos sob demanda ([Dinkar & Shaikh, 2011](#)).

Os sistemas de rastreamento de veículos, em uso, demonstram a viabilidade de rastreamento de veículos em tempo real, que podem ser usados para segurança de veículos pessoais, sistemas de transporte público, administração de frotas entre aplicações. Os sistemas podem fornecer personalização apurada, operacionalidade global e custo baixo quando comparados com as soluções existentes ([Pham, Drieborg & Nguyen, 2013](#)).

³ O GSM (do inglês *Global System for Mobile*) é um padrão de celular de segunda geração desenvolvido para atender serviços de voz e entrega de dados usando modulação digital. GSM é um sistema digital

com uma taxa de bits *over-the-air* de 270 kbps. a faixa de frequência é de 1.850 a 1.990 MHz (estaçao móvel para estação base) ([Schiller, 2003](#)).



Conforme [Song e Yang \(2005\)](#), um sistema de monitoramento remoto baseado em SMS e GSM, foi implementado, incluindo os projectos de *hardware* e *software*. Assim, observa-se, neste artigo, que os sinais remotos podem ser transmitidos pela rede GSM, incluindo duas partes, a saber: o centro de monitoramento e a estação de monitoramento remoto. Em primeiro lugar, o centro de monitoramento é composto por um computador e o módulo de comunicação GSM. O centro de monitoramento de *software* e a estação de monitoramento remoto foram implementados usando VB. O resultado dessa demonstração mostra que o sistema pode controlar a comunicação entre o centro de monitoramento e a estação de monitoramento remoto.

Com este trabalho é possível evidenciar a possibilidade de construir um sistema completo de rastreamento e controlo do alarme de um veículo, bem como da travagem eléctrica e dos vidros eléctricos do mesmo. A construção desta plataforma idealiza uma nova abordagem para actuar diante deste nicho de mercado, que necessita, cada vez mais, de soluções específicas e adaptação de cada usuário.

Para [Galon \(2014\)](#), a plataforma de rastreamento, comunicação e controlo de funcionalidades de um veículo é um exemplo de inovação, no sector de rastreamento, pois, devido à integração das tecnologias de *hardware* e *software*, as possibilidades de compreender novos mercados dentro deste segmento tornaram-se uma realidade por alcançar.

2.1. Funcionamento do Sistema Global para a Comunicação móvel (GSM)

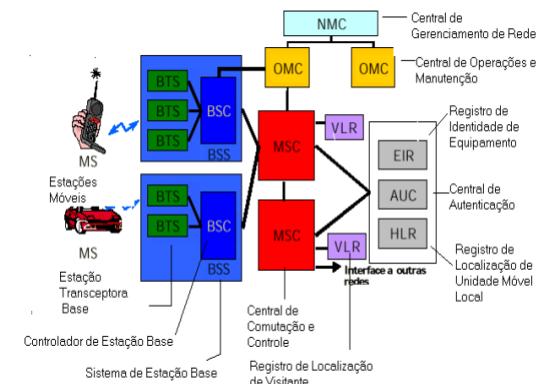
A arquitectura do GSM comprehende três subsistemas interconectados que interagem entre eles e com os usuários, através de certas interfaces de rede ([Branquinho et al, s/d](#)):

- O subsistema estação rádio base (BSS - *Base Station Subsystem*);

- O subsistema de rede e comutação (NSS - *Network and Switching Subsystem*);
- O subsistema de suporte de operação (OSS - *Operation Support Subsystem*).

Ainda [Branquinho et al \(s/d\)](#) descrevem que o BSS, também conhecido por subsistema rádio, provê e gerencia as transmissões entre estações móveis e a central de comutação, MSC. O BSS gerencia, também, a interface de rádio entre as estações móveis e todos os subsistemas do GSM. Cada BSS consiste num conjunto de controladores de estações rádio (BSCs - *Base Station Controllers*) que conectam o terminal móvel, ao NSS, através de MSCs. O NSS administra as funções de comutação do sistema e permite à MSCs comunicar com outras redes, tais como a rede de telefonia pública comutada PSTN e a ISDN.

Figura 1: Arquitectura básica da rede GSM.



Fonte: ([telecom.uff.br, 2012](#)).

2.2. Operadores de GSM em Moçambique

De acordo com o Instituto Nacional das Comunicações ([INCM, 2016](#)), há em Moçambique, três operadoras de telefonia móvel a operarem, nomeadamente: Telecomunicações de Moçambique SA (TDM), mCel SA (Mcel); VM SA (Vodacom); e Movitel SA (Movitel). Estas operadoras de GSM têm desempenhado um



papel preponderante no desenvolvimento do país. Por isso, Moçambique tem vindo a crescer, nos últimos anos, devido ao crescimento do segmento móvel. Este crescimento tímido resulta dos altos índices de inflação e da desvalorização da moeda nacional registados entre meados de 2015 e finais de 2016 ([INCM, 2016](#)).

Tabela 1: Operadores de Telefonia móvel Celular em Moçambique

N.º	Operador	N.º de Licença	Validade
1	mCel,SA RL	LIC n.º 01/STMC-2G/INCM/2018	12/10/2020
2	VM,SA RL	LIC n.º 02/LU/INCM/2018	24/07/2038
3	Movitel	LIC n.º 03/STMC/INCM/2010	06/01/2026

Fonte: ([INCM, 2022](#)).

2.3. Arquitectura dos Microcontroladores

Um microcontrolador é um circuito integrado que está alojado dentro de cada componente que necessita para realizar as operações respectivas e uma tarefa específica de forma rotineira ([Güven et al, 2017](#)). Os Microcontroladores contém um microprocessador, unidades de memória e interfaces *input-output*, conversão analógico-digital (ADC), modulação de largura de pulso (PWM) e vários módulos de controlo e comunicação.

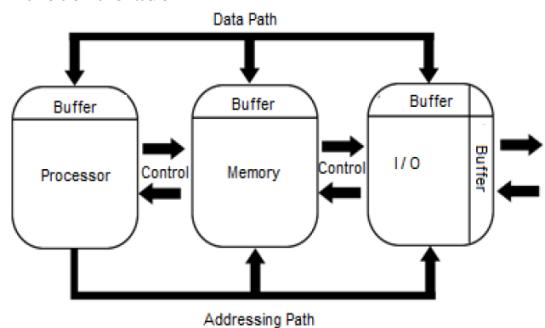
⁴ Memórias ROM (do inglês *Read Only Memory*) são memórias não voláteis, isto é, a informação armazenada continua armazenada quando a fonte de alimentação é desligada ([de Araujo, s/d](#))

⁵ Memória PROM (do inglês *Programable Read Only Memory*) Aceita apenas uma única gravação, e seu funcionamento é bem simples, o que permite que seja barata e útil para vários fins – um dos quais, bastante comum, é conter brinquedos eletrônicos ([de Araujo, s/d](#))

⁶ Memória EPROM (do inglês *UV Erasable Programmable Read Only Memory*) é um tipo especial de ROM que é programado na forma acabada (após a embalagem do dispositivo), normalmente pelo utilizador final ou fabricante do sistema ([de Araujo, s/d](#)).

Os microcontroladores, por serem mais pequenos e acessíveis, são preferíveis para os projectos de menor escala, porque nem todas as suas características serão utilizadas. Em cada projecto, é crucial escolher um microcontrolador que seja capaz de executar as tarefas que lhe forem delegadas.

Figura 2: Diagrama de Blocos de um microcontrolador



Fonte: ([Güven et al, 2017](#)).

O microcontrolador tem unidades de memória com funcionalidades especiais, para além da unidade lógica-aritmética (ULA), registos especiais, unidade de controlo do processador, e núcleo do processador no processador, que podem ser separados em memórias fixas e memórias transitórias. Enquanto as memórias ROM⁴, PROM⁵, EPROM⁶ e EEPROM⁷ que não alteram o seu conteúdo, guardam informação em formato de conjuntos de comandos, programas e dados de programas, desde que não sejam reprogramados. A memória de acesso

⁷ Memória EEPROM (do inglês *Electrically Erasable Programmable ROM*) oferecem aos utilizadores excelentes capacidades e desempenho. É necessária uma única fonte de alimentação. As operações de escrita e apagamento são realizadas numa base de byte por byte. A célula EEPROM é composta por dois transístores. O transíster de armazenamento tem uma porta flutuante (semelhante ao transíster de armazenamento EPROM) que irá aprisionar os electrões. Além disso, existe um transíster de acesso, que é necessário para a operação de apagamento ([de Araujo, s/d](#)).

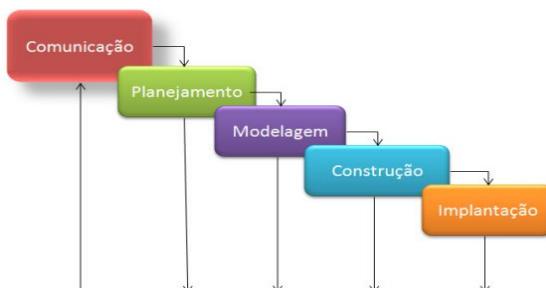


aleatório (RAM) armazena a informação que o processador necessita para funcionar. É possível ao microcontrolador receber dados de dispositivos externos e transferir dados através de entrada e saída para duas áreas de gravação distintas ([Gridling e Weiss, 2007](#)).

3. Materiais e métodos

Para o desenvolvimento desta pesquisa, fez-se uso do método experimental, tendo-se partido da hipótese de que o desenvolvimento de base de um sistema de rastreamento acarreta baixos custos, comparado com a aquisição de um sistema desenvolvido, e seguiu-se o modelo de abordagem descrito por [Pressman \(2006\)](#). Este modelo de desenvolvimento começa pela especificação dos requisitos do sistema, planeamento, modelagem (consistindo na descrição dos fluxogramas e princípios de funcionamento), construção até a implantação do sistema, como sugere a Figura 3.

Figura 3: Modelo sequencial linear



Fonte: ([Pressman, 2006](#)).

Após a implementação e testes do sistema, fez-se a análise dos custos para aquisição dos componentes para a implementação dos componentes com vista a realizar-se o teste da hipótese ora formulada.

3.1. Materiais

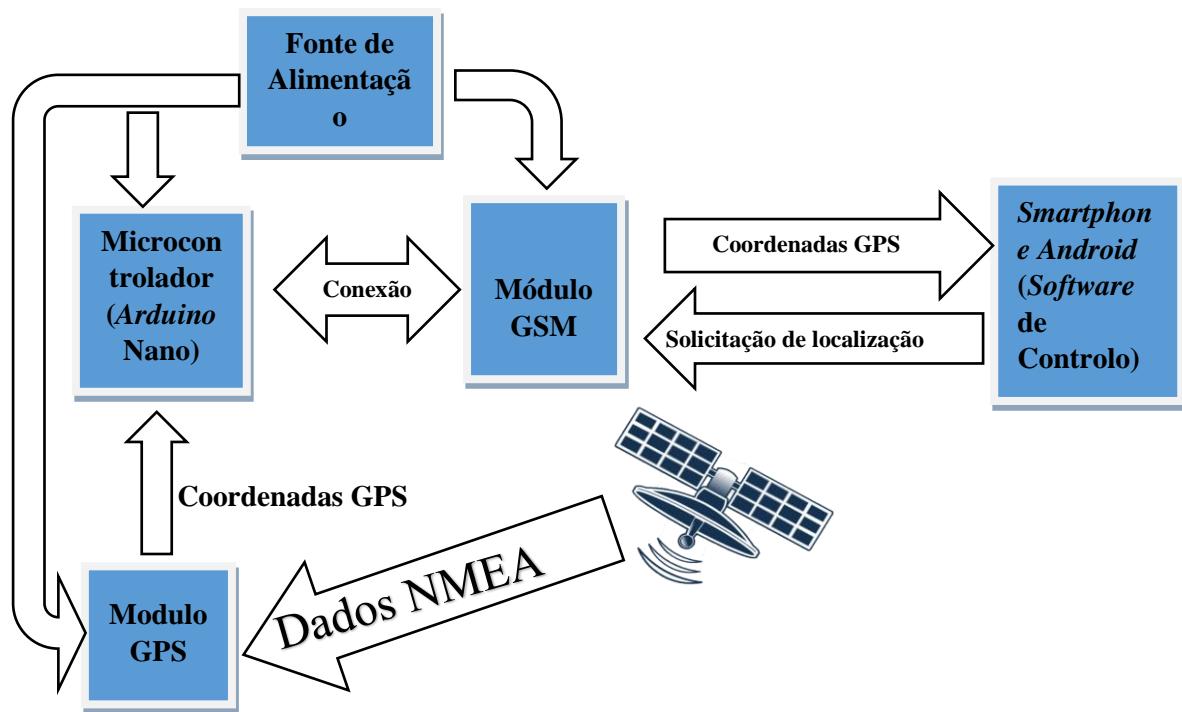
Para o desenvolvimento do sistema de rastreamento, foram utilizados o receptor GPS, o módulo de comunicação GSM e o microcontrolador *Arduino* nano para gerenciamento dos dados. O sistema funciona baseando-se na determinação da posição de um veículo ou posição de tropas no terreno mediante o *hardware* instalado na viatura pertencente à unidade militar. O módulo GPS do *hardware* fornece as coordenadas em valores de latitude e longitude para o microcontrolador e estas são armazenadas instantaneamente.

Quando se pretende saber a posição do objecto, por parte do usuário, por meio de um *smartphone* com um aplicativo dedicado instalado, envia-se uma SMS codificada solicitando a posição do objecto, que estando o módulo GSM inserido no *hardware*, recebe a solicitação e encaminha-a ao microcontrolador. Este, instantaneamente, envia as coordenadas em forma de texto para o usuário com recurso ao módulo GSM. Recebidas as coordenadas pelo aplicativo do usuário, é apresentada a posição geográfica do objecto, depois de introduzidas as coordenadas no *gadget* do *Google Maps* inserido no aplicativo.



3.2. Diagrama de blocos do sistema

Figura 4: Diagrama de blocos do sistema de rastreamento



3.2.1. Princípio de funcionamento

O módulo GPS, uma vez alimentado, estabelece comunicação ininterrupta com os satélites disponíveis na região. Este determina, por meio da triangulação (no mínimo 3 satélites conectados) a posição em termos de latitude e longitude, assim como, outros dados espaciais e temporais como é o caso de altitude, hora local, velocidade e direcção (caso esteja em movimento). Estes dados são fornecidos para o microcontrolador, com uma frequência de repetição de 1 hertz, ou seja, uma vez a cada segundo.

O microcontrolador, por sua vez, através de bibliotecas de interpretação de

dados contidos no código de sua programação, interpreta os dados e selecciona os sinais úteis definidos para o sistema (neste caso a latitude e longitude do local). Separados os dados, são encaminhados para o módulo de comunicação GSM que dispõe de um cartão SIM⁸ para permitir a comunicação com o usuário do sistema. Recebidas as coordenadas no módulo GSM, estas são convertidas em forma de texto e enviadas em forma de SMS⁹ (*short message service*) que são recebidas no *smartphone* do usuário que e disponha de um aplicativo dedicado (Figura 10) para a recepção e apresentação da localização no *Google Maps*.

⁸ Cartão SIM (do inglês *Subscriber Identity Module*) refere-se ao módulo de identidade de subscritor que armazena todos os dados específicos do utilizador que são relevantes para o GSM ([Schiller, 2003](#)).

⁹ SMS (do inglês *Short Message Service*), Refere-se ao serviço de mensagens curtas, um serviço muito

útil para a transferência de mensagens muito simples, que oferece a transmissão de mensagens de até 160 caracteres. As mensagens não utilizam os canais de dados padrão do GSM mas exploram a capacidade não utilizada nos canais de sinalização ([Schiller, 2003](#)).



3.3. Discrição dos materiais

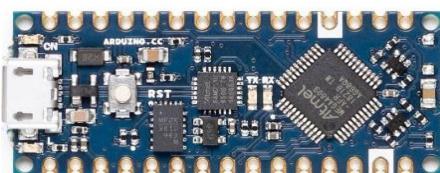
Para a construção do *hardware* do sistema foram usados os seguintes componentes:

- a) *Arduino Nano Every*;
- b) Módulo ublox NEO-6Q GPS;
- c) GSM SIM900A (MINI V3.9.2); e
- d) Fonte de alimentação.

a) *Arduino Nano Every*

O *Arduino* é uma ferramenta para criar computadores capazes de detectar e controlar mais o mundo físico do que o seu computador. É uma plataforma de computação física de código aberto baseada numa placa simples de microcontrolador e num ambiente de desenvolvimento para escrever o *software*. De acordo com [Al-Mimi, Dahoud, Fezari e Sh \(2020\)](#), o *Arduino* pode ser usado para desenvolver objectos interactivos, recebendo entradas de uma variedade de interruptores ou sensores e controlando uma variedade de dispositivos. O *Arduino Nano Every* possui um processador poderoso, o *ATMega4809*. É o primeiro dispositivo AVR que inclui periféricos independentes do núcleo do *microchip* (CIP). O novo nano difere do nano original porque é também compatível com a placa de ensaio e pode ser soldado directamente numa outra placa de circuito impresso (PCB).

Figura 5: *Arduino Nano Every*



Fonte: [Arduino Products \(s/d\)](#).

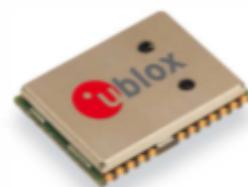
b) Módulo ublox NEO-6Q GPS

O receptor u-blox GPS Neo-6Q é um módulo receptor GPS de alto desempenho, equipado com 50 canais e pode fornecer um tempo para o primeiro reparo (TTFF) de menos de 1 segundo (na partida a quente e

26s nas partidas a quente e a frio) ([U-blox Holding AG, 2011](#)). É um chip de 24 pinos do tipo SMD (dispositivo de montagem em superfície) que vem em tamanho compacto de 12,2 mm x 16,0 mm x 2,4mm. Este pode operar com uma tensão de 2,7 a 3,6 V e consome uma corrente de 50 mA.

Além disso, o receptor possui várias interfaces, incluindo o UART e o Canal de Dados de Exibição (DDC) compatível com o Circuito Inter-integrado (I2C) ([Pham et al., 2013](#)).

Figura 6: Módulo ublox NEO-6Q GPS



Fonte: [U-blox Holding AG, 2011](#).

c) GSM SIM900A (MINI V3.9.2)

O SIM900A é um módulo GSM / GPRS, prontamente disponível, usado em muitos telefones celulares e PDAs. O módulo pode também ser usado para desenvolver sistemas de *Internet* das coisas IOT (*Internet of Things*) e aplicativos incorporados. SIM900A é um mecanismo GSM / GPRS de banda dupla que funciona nas frequências EGSM 900MHz e DCS 1800MHz. SIM900A apresenta GPRS multi-slot classe 10/classe 8 (opcional) e suporta os esquemas de codificação GPRS CS-1, CS-2, CS-3 e CS-4 (Company of SIM Teach, 2009). O módulo GSM SIM900A pode ser utilizado para estabelecer comunicação com a rede de telefonia móvel, robótica, como acessório de telemóveis, servidores, periféricos de computadores, automóveis entre outras. É uma peça fundamental no desenvolvimento do sistema visto que permite estabelecer o fluxo de dados entre o usuário e o *hardware* sem necessidade de actuação humana no *hardware* do sistema.



Figura 7: Módulo GSM SIM900A



Fonte: [Company of SIM Teach \(2009\)](#).

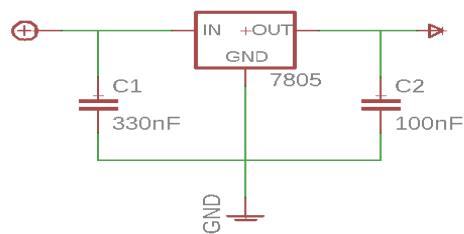
d) Fonte de alimentação

O sistema funciona com base numa fonte eléctrica contínua de 5V de tensão nominal. Para a alimentação estão previstas duas formas de alimentação, nomeadamente por meio de rede pública, aplicando um

adaptador pré-fabricado (vulgarmente conhecidos por carregadores) que fornece na sua saída a tensão e potência necessárias para o *hardware* do sistema, por meio de baterias/pilhas recarregáveis de 9V.

Para o caso da alimentação por baterias e pilhas, é necessário aplicar um regulador de voltagem na entrada, de modo a obter-se a tensão necessária de 5V como se mostra na Figura 8.

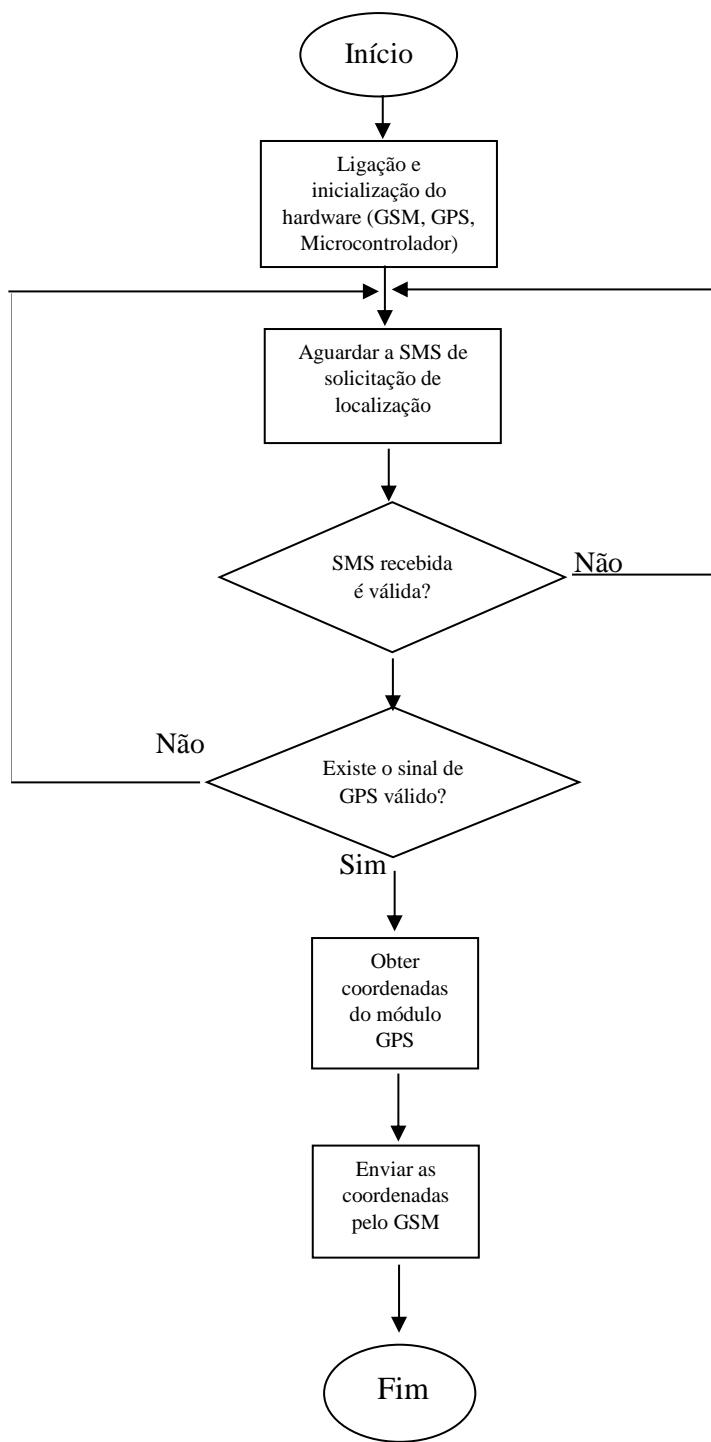
Figura 8: Estabilizador de tensão 5V





3.4. Fluxograma do funcionamento do sistema

Figura 9: Fluxograma do sistema





3.5. Softwares do sistema

O sistema necessita de 2 programas para o seu funcionamento. O primeiro é programado através da plataforma de programação do *Arduino* (*Arduino IDE*) na linguagem C++, sem necessidade de uma interface de interacção para o usuário, pois corre internamente no microprocessador do *Arduino*, que os sinais de comando e activa os

terminais correspondentes para a activação dos dispositivos finais.

O segundo é a aplicação *android* responsável pelo envio dos códigos de solicitação das coordenadas por meio de SMS para o *hardware* do sistema. Esta aplicação é desenvolvida mediante o do ambiente de desenvolvimento de *softwares* para as plataformas *androids* (o *android studio*).

Figura 10: Modelo da tela principal do sistema de rastreamento



Na Figura 10, primeiramente, deve se introduzir na caixa (a) Figura 10, o número do cartão que se encontra inserido no módulo GSM para se estabelecer a comunicação. Após a introdução, deve-se gravar o contacto na base de dados, pressionando o botão (b) Figura 10. Para se alterar o contacto gravado

deve-se pressionar o botão (c) Figura 10 e repetir o processo de gravação. Quando se deseja saber a localização do objecto, veículo ou tropas no terreno, pressiona-se o botão (d) e, entrando o sistema em funcionamento normal, serão recebidas as coordenadas e apresentadas numa caixa de texto separada



em (e) Figura 10. Para visualizar a posição do objecto no mapa, pressiona-se (f) e será apresentada a *gadget* do Google *Maps* em (g) Figura 10 com a indicação da posição.

3.6. Custos de implementação do sistema

O sistema projectado consiste em 2 componentes (*hardware e software*). Para o desenvolvimento do *software* não estão previstas despesas monetárias, visto que não foram subcontratados serviços para o desenvolvimento de *softwares*, sendo estes desenvolvidos com recurso de plataformas *open source* nomeadamente a IDE do *arduino* e o *Android Studio* (fornecida pela corporação Oracle).

O *hardware* é composto pelos elementos, *Arduino Nano*, Módulo GPS Neo 6M 3,76 Módulo GSM Neo 6M, regulador de tensão e o Cartão SIM, cujos preços de aquisição estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Custos de aquisição dos equipamentos

<i>Nome do componente</i>	<i>Quantidade</i>	<i>*Preço unitário em USD</i>	<i>**Preço em meticais</i>
<i>Arduino Nano</i>	1	3,27	209,28
<i>Modulo Gps NEO 6M</i>	1	3,76	240,64
<i>Modulo Gsm SIM 900</i>	1	3,10	198,4
<i>Regulador de tensão</i>	1	2,51	160,64
Total		12.64	808,96

*Preço de compra tendo em conta o valor de transporte

**Valor calculado tendo em conta a taxa de câmbio de 64MZM/USD

Fonte:

(<https://pt.aliexpress.com/item/4000587268145.html?>,

<https://pt.aliexpress.com/item/1005001621909155.html?>,
<https://pt.aliexpress.com/item/1005002579557742.html?>,
<https://pt.aliexpress.com/item/32803262192.html?>.

Para além dos custos dos equipamentos, deve-se considerar também o custo para o levantamento dos produtos importados que, actualmente, a empresa Correios de Moçambique cobra uma taxa de 300mt por embrulho para as encomendas ligeiras, totalizando assim o custo de 1.108,96 meticais.

3.7. Limitações

Parte dos materiais para a implementação do *hardware* do sistema não se encontra disponível nas lojas do mercado nacional, dai a necessidade de importar os materiais em países estrangeiros, por meio da internet. O período de espera varia de 30 a 60 dias para a chegada dos componentes (caso não sejam usadas as vias expressas, tais como a DHL, o que acarreta custos adicionais na ordem dos 3000 meticais por pacote).

No âmbito da melhoria do funcionamento do sistema, há necessidade de desenvolver um *software* para o desktop com capacidade de armazenamento de dados em bases de dados, na nuvem, de modo a facilitar o rastreamento das rotas e apresentação das mesmas em mapas projectados para a análise e tomada de decisão. Desta feita, o desenvolvimento deste *software* implica a contratação dos serviços de especialistas aa área de Engenharia Informática, o que pode acarretar custos monetários adicionais.

4. Resultados e discussões

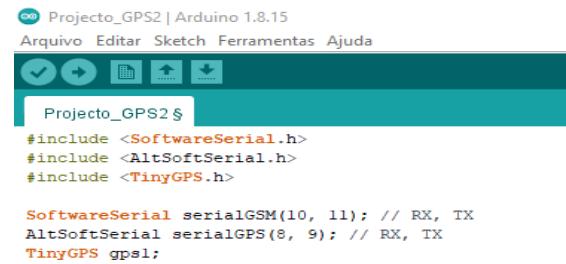
Testes preliminares apontam que o sistema de rastreamento, por GPS suportado pela tecnologia GSM, é funcional e pode ser aplicado para o rastreamento de objectos, em



tempo real. Foram simuladas situações de identificação da localização do protótipo de testes pela instalação do aplicativo e pôde-se obter as coordenadas reais com uma margem de erro na ordem de 7 a 10 metros da sua posição real.

Foi observada a dificuldade de processamento de dados provenientes dos módulos GSM SIM900A e NEO 6Q GPS em simultâneo pelo microcontrolador *Atmega 328p* usando a biblioteca *SoftwareSerial.h*. Esta apresentou o erro ao fazer a leitura de dados provenientes de apenas um dos módulos de cada vez. Sendo assim, foi aplicada a biblioteca alternativa *AltSoftSerial.h* para processamento de dados de GPS, enquanto a biblioteca *SoftwareSerial.h* permanece reservada para o processamento de dados de GSM como se observa na Figura 11.

Figura 11: Inclusão de bibliotecas de processamento de dados por comunicação serial



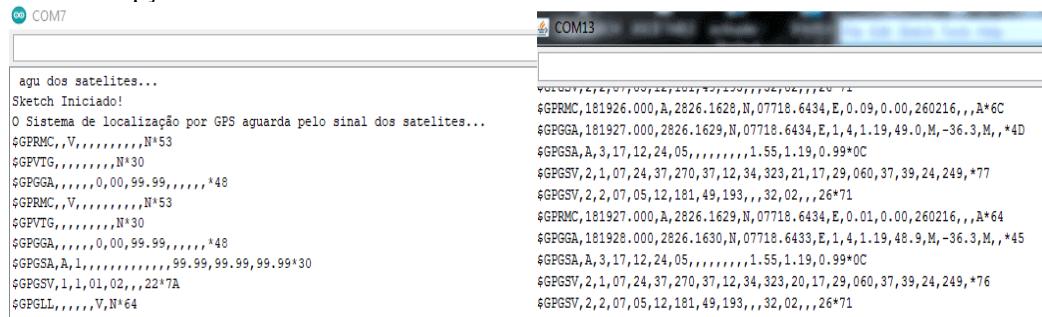
```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <AltSoftSerial.h>
#include <TinyGPS.h>

SoftwareSerial serialGSM(10, 11); // RX, TX
AltSoftSerial serialGPS(8, 9); // RX, TX
TinyGPS gps1;
```

A quando dos testes do protótipo, o módulo NEO 6Q GPS apresentou baixa eficiência para estabelecer a conexão com os 3 satélites, condição necessária para o início de recepção de dados NMEA (*National Marine Electronic Association*), sendo estes, o formato padrão de dados GPS suportados por todos fabricantes (Figura 12a). Com a baixa eficiência, o módulo só conseguiu estabelecer a conexão em condições específicas, a destacar:

- O protótipo deve estar num local com vista para o céu aberto (fora de edifícios);
- Deve-se aguardar algum tempo (30 minutos a 1 hora) para se estabelecer a conexão, dependendo das condições climáticas da região.

Figura 12: Recepção de dados NMEA



```
$ag dos satelites...
Sketch Iniciado!
O Sistema de localização por GPS aguarda pelo sinal dos satelites...
$GPRMC,181926.000,A,2826.1628,N,07718.6434,E,0.09,0.00,260216,,,A*6C
$GPGGA,181927.000,2826.1629,N,07718.6434,E,1,4,1.19,49.0,M,-36.3,M,*4D
$GPGSA,A,3,17,12,24,05,,,...,1.55,1.19,0.99*0C
$GPGSV,2,1,07,24,37,270,37,12,34,323,21,17,29,060,37,39,24,249,*77
$GPGSV,2,2,07,12,181,49,193,,32,02,,26*71
$GPRMC,181927.000,A,2826.1629,N,07718.6434,E,0.01,0.00,260216,,,A*64
$GPGGA,181928.000,2826.1630,N,07718.6433,E,1,4,1.19,48.9,M,-36.3,M,*45
$GPGSA,A,3,17,12,24,05,,,...,1.55,1.19,0.99*0C
$GPGSV,2,1,07,24,37,270,37,12,34,323,20,17,29,060,37,39,24,249,*76
$GPGSV,2,2,07,12,181,49,193,,32,02,,26*71
```

a) Dados recebidos antes da conexão

Após o desenvolvimento do *hardware*, pode-se inferir que a sua implementação, nos veículos institucionais, pode reduzir a problemática de desvios de rotas e garantir a

b) Dados recebidos após a conexão

melhor gestão e o controlo de viaturas, assim como garantir a segurança contra roubos, que são frequentemente registados no nosso país. No entanto, estando em fase de prototipagem



(Figura 13) é necessário melhorar o protótipo de modo a que sejam aplicados módulos com eficiência certificada para uso comercial e alta durabilidade.

Figura 13: Protótipo em fase de teste

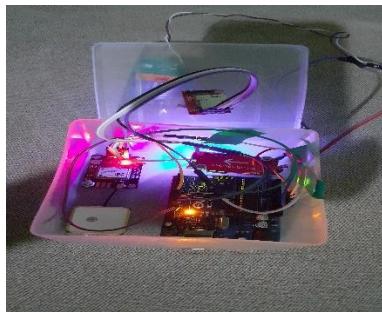
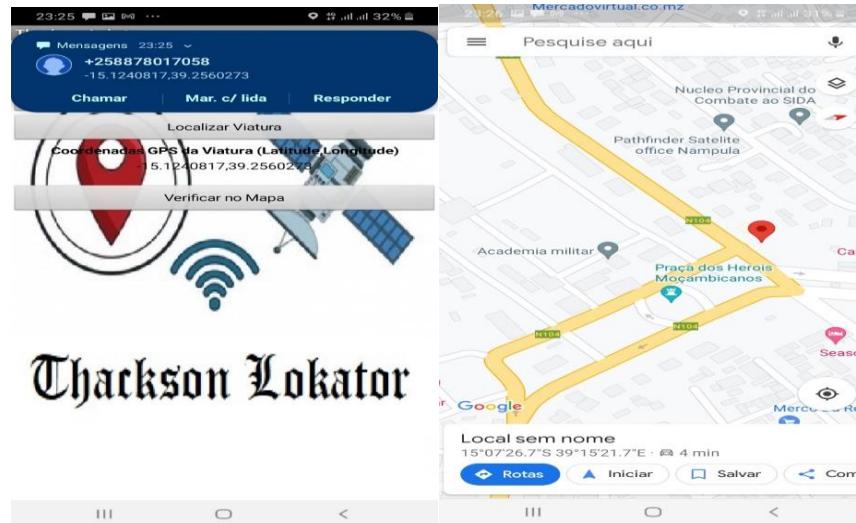


Figura 14: Identificação da posição do protótipo pelo aplicativo android



a) Tela de controlo

b) Localização encontrada

Na Figura 14a, após configurado o contacto do cartão inserido no modulo GSM do protótipo, pressionou-se o botão “Localizar Viatura”, e, a partir desta acção, comando é enviado para o protótipo e este tendo obtido a localização de GPS, envia como resposta, a Latitude e Longitude para o telemóvel de controlo. Recebida a resposta, é pressionado o botão “Verificar no Mapa”, permitindo a abertura da página do aplicativo Google Maps com o ponto da localização recebida e exibida

Realizados os testes do protótipo e satisfeitas todas as condições, foi possível obter os dados da localização aproximada do local onde foram realizados os testes (recinto da Academia Militar Marechal Samora Machel (Figura 14). Na sua aplicação militar pelas tropas, em cumprimento de missões, garante a identificação das forças que, por diversos motivos, se perde o seu contacto, garantindo, desta forma, o reforço, resgate e reabastecimento, em tempo oportuno.

em vermelho como se pode observar na Figura 14b.

4.1. Comparação dos custos de implementação com os sistemas convencionais

A empresa *Fleet Track* Rastreamento opera no mercado moçambicano, desde 2017, fornecendo serviços ininterruptos de 24 horas de rastreamento de viaturas, através de



dispositivos GPS para as viaturas, com suporte técnico garantido (<https://fleettrack.co.mz>, 2022). Em contacto com o suporte *online* desta empresa, na pessoa do funcionário Aderito Bila, obteve-se a informação do custo de 8.860,00 meticais (sem IVA) para o pacote único para as viaturas ligeiras. Esta empresa fornece os serviços de: acompanhamento de veículos em tempo real; monitoramento da velocidade usando limites de velocidade afixados; alerta de excesso de velocidade; paragens; marcha lenta; curvas fechadas; freios pesados; alertas de texto e e-mail 24 horas por dia, 7 dias por semana; relatórios automáticos diários, semanais e mensais via e-mail; e uso de Google Street View para a identificação do veículo parado (<https://fleettrack.co.mz/services.html>, 2022).

Encontra-se disponível na loja virtual Amazon.com

(https://www.amazon.com/Wavel-Standby-Magnetic-Tracking-Location/dp/B07RXVFTBZ/ref=sr_1_1?)

dispositivo Wavel Ultra Mini GF-07 GPS *Long Standby Magnetic SOS Tracking Device for Vehicle/Car/Person*, a um preço unitário de 14,99 USD. Considerando os custos de transporte até Moçambique antes das taxas aduaneiras o preço sobe para 34.98 USD o que equivale a 2.238,72 meticais.

A empresa Micodus fornece o produto para o rastreamento de veículos "Micodus-rastreador gps automotivo mv33" que pode ser adquirido na loja virtual Aliexpress (<https://pt.aliexpress.com/item/1005001405671398.html?>, 2022). Este sistema fornece as funcionalidades de localizador de voz, em tempo real, rastreamento global por GPS, em

tempo real, diversos alarmes e uma plataforma móvel de rastreamento com acesso ilimitado ao preço de 21.82 USD (1.396,48 meticais) com a taxa de transporte inclusa, sem contar com as taxas aduaneiras. Este apresenta a limitação de funcionar apenas em viaturas com compatibilidade ao sistema OBD¹⁰.

Para uma melhor análise, estão ilustrados na Tabela 3, os custos dos sistemas arrolados acima e a estimativa de custo do sistema desenvolvido.

Tabela 3: Comparação de custos dos sistemas de rastreamento

Nome do sistema	Custo de instalação/aquisição (MZN)	*Preço de levantamento (MZN)	Total (MZN)
Fleet Track Rastreamento	8.860,00	0	8.860,72
Wavel Ultra Mini GF-07 GPS	2.238,72	300	2.538,72
Micodus-rastreador gps automotivo mv33	1.396,48	300	1.696,48
Sistema desenvolvido	808,96	300	1108,96

*Aplicável a produtos importados

5. Considerações finais

Com o desenvolvimento tecnológico crescente na actual era da informação, torna-

¹⁰O sistema OBD faz o rastreamento veicular por meio da telemetria. Este sistema é capaz de mapear dados e fornecer a localização do carro em tempo real. Esta tecnologia permite a captação de diversos dados, como velocidade, consumo de combustível, funcionamento

dos pneus e muito mais. (<https://www.google.com/search?client=opera&q=obd+veiculo&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8,2022>)



se cada vez mais fácil o acesso a informação e aparatos tecnológicos que facilitam a realização de actividades diárias. O presente artigo descreveu o desenvolvimento de um sistema de rastreamento com recurso aos módulos GPS, GSM e à plataforma de desenvolvimento *open source* *Arduino*, equipamentos disponíveis em lojas virtuais a baixo custo. Com a implementação do sistema é efectuada a comparação dos custos de implementação com os serviços de rastreamento disponíveis, em Moçambique, assim como os disponíveis, em algumas lojas virtuais. Nota-se que a solução é viável, pois pode ser implementado com custos na ordem dos 1.108,96 meticais, valor relativamente mais baixo em comparação com outros sistemas. No entanto, deve-se ter em consideração as dificuldades de funcionamento observadas, ao longo dos testes, em que a mais preocupante é referente ao módulo GPS que apresenta dificuldades em estabelecer a conexão com os satélites, em tempo oportuno, o que pode ocasionar um funcionamento não satisfatório para o caso de aplicação em operações militares.

Face aos defeitos observados, nos testes do protótipo, recomenda-se a continuação da pesquisa em estudos futuros, com a aplicação de módulos de comunicação GSM e de geolocalização GSM eficazes e eficientes para as aplicações comerciais. Recomenda-se, ainda, a continuação e massificação das pesquisas relacionadas com aplicação das tecnologias de comunicação sem fio, bem como, estudos de sistemas tecnológicos de baixo custo para melhoria das condições de trabalho das forças empenhadas, com vista a cumprir as missões com sucesso.

6. Referências

Al-Mimi, Hhani; Al-Dahoud, Ali; Fezari, Mohammad; & Daoud, Mohammad Sh. (2020). A study on new Arduino Nano Board for WSN and IoT applications.

- International Journal of Advanced Science and Technology*, 10223-10230.
- Arduino Products* (s/d.). *Arduino Nano*. (<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>).
- Branquinho, Omar; Braghetto, Luis; Da Silva, Sirlei; Brisqui, Marcelo; Da Costa, Paulo (s/d). *Redes GSM e GPRS*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. (<http://braghetto.eti.br/files/trabalho%20final%20gsm.pdf>).
- Company of SIM Teach. (2009). *SIM 900A Hardware design*. Shanghai, China: SIMCom. (<https://components101.com/wireless/sim900a-gsm-module>).
- De Araujo, Joseana Macedo Fechine Régis (s/d), *Hardware (parte II): Informações adicionais*. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande. (http://www.dsc.ufcg.edu.br/~joseana/IC_NA14Comp.pdf).
- Dinkar, Ambade Shruti & Shaikh, Shakil (2011). Design and implementation of vehicle tracking system using GPS. *Journal of Information Engineering and Applications*, ISSN 2224-5758, Vol. 1, 3.
- French, George. (1996). *Understanding the GPS: an introduction to the Global Positioning System*, first edition. Bethesda, United States of America: Editor GeoResearch, Inc.
- Galon, Handrey. (2014). *Sistema de rastreamento e controle de recursos de um veículo utilizando um smartphone android*. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil.
- Gridling, Gunther; & Weiss, Bettina. (2017). *Introduction to Microcontrollers. Course 182*. 64-74. Vienna University of Technology. Institute of Computer Engineering. 26 February.
- Güven, Yilmaz; Cosgun, Ercan; Kocaoğlu, Sıtkı; Gezici, Harun; Yilmazlar, Eray (2017). Understanding the Concept of Microcontroller Based System to



- Choose the Best Hardware for Applications. *International Journal of Engineering and Science*. ISSN 2278-4721, Vol. 6, 9. (https://www.researchgate.net/publication/322436662_Understanding_the_Concept_of_Microcontroller_Based_Systems_To_Choose_The_Best_Hardware_For_Applications).
- INCM (2016). *Relatório de Regulação das Comunicações*. Maputo: Autoridade Reguladora das Comunicações. (https://www.researchgate.net/publication/322663059_Relatorio_de_Regulacao_das_Comunicacoes).
- INCM (2022). *Operadores de Telefonia Móvel Celular*. (<https://www.incm.gov.mz/index.php/mercado/operadores-telefonia-movel>, acessado em 23 de outubro de 2022).
- International Conference on Mechatronics & Automation National, vol. 3, Chiao Tung University, Taiwan. (DOI:10.1109/ICMA.2005.1626745)
- Pham, Hoang Dat; Drieberg, Micheal; & Nguyen, Chi Cuong. (2013). *Development of vehicle tracking system using GPS and GSM modem*. (doi.org/10.1109/ICOS.2013.673505).
- Pressman, Roger (2006). *Engenharia de Software*. Nova Iorque: Editora McGraw-Hill.
- Schiller, Jochen (2003). *Mobile Communications*. (2^a.ed.). London, Great Britain: Pearson Education Limited.
- Seeber, Günter. (2003). *Satellite Geodesy*. Hannover: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG.
- Song, Kai-Tai & Yang, Chih Chieh. (2005). Front vehicle tracking using scene analysis, *proceedings of the IEEE*.
- Telecom.uff.br (2012), (http://www.telecom.uff.br/pagina/posgraduacao/Lato-Sensu/uploads/6/9/4/8/6948141/comunicaes_mveis_-_parte_2_-_gsm_rev_2012.pdf).
- U-blox Holding AG. (2011). *NEO-6: u-blox 6 GPS Module*. European Union: u-blox.