

# Onboard System For Motorcycle Proximity Information: Alerts The Vehicle To Avoid Collisions

**Ivando Diniz**, ivando.diniz@unesp.br

ICTS: Instituto de Ciências e Tecnologia de Sorocaba - UNESP

PGEE: Pós Graduação em Engenharia Elétrica – Sorocaba

**Johnnatan Rodrigues de Oliveira**

ICTS: Instituto de Ciências e Tecnologia de Sorocaba - UNESP

PGEE: Pós Graduação em Engenharia Elétrica

**Pedro Victor A. Diniz**

Faculdade de Engenharia de Sorocaba (FACENS)

Estudante de Graduação da Engenharia da Computação

## ABSTRACT

This embedded system is applied to vehicle safety through interaction and wireless communication techniques and the use of geolocation. Based on studies on the constant increase in the number of traffic accidents in large Brazilian urban centers, the objective of this work was to develop a communication system between vehicles in which, by sending latitude and longitude by radio frequency between two devices positioned in separate vehicles, the driver of a motor vehicle is able to identify the presence of a motorcycle that is nearby, even if out of his field of vision, to avoid accidents. Of course, it can be used by a bicycle driver. During the development of the work, there was a concern to ensure that the developed system was simple to implement, easy to use and within the technological reality of the common user, because only then could the system contribute significantly to the reduction of traffic accidents. For this, communication devices for data transmission via radio frequency and software embedded in conventional smartphones were used. The work presented here shows all the stages of development, from choosing the devices, developing the codes and carrying out the tests.

**Keywords:** Vehicles; Traffic safety, GPS, RF, Motorcycle.

## RESUMO

Este sistema embarcado é aplicado à segurança veicular por meio de técnicas de interação e comunicação sem fio e uso de geolocalização. Com base em estudos sobre o constante aumento do número de acidentes de trânsito nos grandes centros urbanos brasileiros, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema de comunicação entre veículos no qual, por meio do envio de latitude e longitude por radiofrequência entre dois dispositivos posicionados em veículos separados, o condutor de um veículo automotor

consegue identificar a presença de uma motocicleta que esteja próxima, mesmo que fora de seu campo de visão, para evitar acidentes. Durante o desenvolvimento do trabalho, houve a preocupação de garantir que o sistema desenvolvido fosse simples de implementar, fácil de usar e dentro da realidade tecnológica do usuário comum, pois só assim o sistema poderia contribuir significativamente para a redução de acidentes de trânsito. Para isso, foram utilizados dispositivos de comunicação para transmissão de dados via radiofrequência e softwares embarcados em smartphones convencionais. O trabalho aqui apresentado mostra todas as etapas de desenvolvimento, desde a escolha dos dispositivos, desenvolvimento dos códigos e realização dos testes.

**Palavras chaves:** Veículos; Segurança no trânsito, GPS, RF, Motocicleta.

## 1. INTRODUÇÃO

É inegável a praticidade trazida pelo uso de motocicletas para a mobilidade humana, especialmente em ambientes urbanos. Veículos mais leves, mais ágeis e menores permitem que seu uso em ambientes muito populosos como as grandes cidades seja ainda mais atrativo do que em outros ambientes. Seja usando para o lazer ou para o trabalho, a presença de motocicletas nos grandes centros urbanos se mostra cada vez mais forte e crescendo em cada ano.

O gráfico da Figura 1 mostra a produção de motocicletas no Brasil nos últimos anos, e mostra que mesmo com algumas pequenas quedas devido a fatores como crises, problemas de crédito e outros aspectos políticos, a tendência é um crescimento exponencial na produção e venda de motocicletas no Brasil.

## Mercado de motos, no Brasil, nos últimos dois anos e projeção para 2023

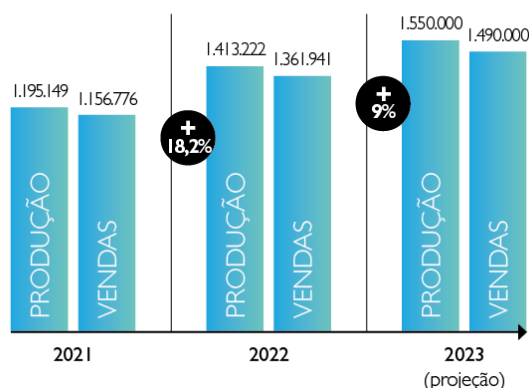


Figura 1 - Produção de Motocicletas no Brasil,

Fonte: <https://mobilidade.estadao.com.br/> (2025)

Apesar das diversas vantagens do crescimento do uso de motocicletas no Brasil, tanto para o motociclista, devido a todas as praticidades que o veículo proporciona, quanto para o país, com vantagens para a economia seja devido à venda dos veículos ou ao uso destes como uma ferramenta de auxílio para o comércio, o aumento descontrolado do número de motocicletas pode trazer diversas desvantagens ao ambiente em que estão inseridos. Entre essas desvantagens estão os problemas de segurança.

Acidentes de motocicleta são os mais frequentes entre todos os tipos de veículos de motor e não é um problema recente nos grandes centros urbanos. Um estudo realizado por Koizumi (1985)

A taxa de mortes causadas por acidentes de trânsito voltou a crescer no país, alcançando 16,2 óbitos a cada grupo de 100 mil habitantes. O dado se refere a 2023 e representa alta de 2,5% ante 2022, quando o índice era 15,8.

Especificamente em relação a acidentes envolvendo motocicletas, a taxa atingiu 6,3 mortes por 100 mil habitantes em 2023, o que equivale a alta de 12,5% ante 2022. Desde 2020, a taxa era mantida em 5,6.

Os números fazem parte do Atlas da Violência 2025, divulgado nesta segunda-feira (12), no Rio de Janeiro. É a primeira vez que o estudo traz dados sobre a violência no trânsito.

O destaque negativo do índice de acidentes com motos fica flagrante também quando se observa um período de comparação mais longo: de 2013 a 2023.

Mortes gerais no trânsito: recuo de 21,2 para 16,2 mortes por 100 mil habitantes – redução de 23,6%;

mortes com motocicletas: aumento de 6 para 6,3 mortes por 100 mil habitantes – alta de 5% (chegou a cair para 5,3 em 2019) <https://agenciabrasil.ebc.com.br/> - 2025

O estudo coordenado pelo pesquisador Daniel Cerqueira, do Ipea, e pela diretora executiva do FBSP, Samira Bueno, coleta dados de fontes oficiais, como o

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), responsável pela contagem da população, e o Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) e Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan), do Ministério da Saúde.

O sistema proposto neste trabalho consiste em um conjunto de transceptores de rádio frequência (RF) posicionados em carros e motos, de forma que estes se comuniquem entre si e, quando os veículos estiverem a uma distância pré determinada, considerada alarmante, um sinal visual seja ligado no automóvel, indicando que existe uma motocicleta nas proximidades, dessa forma evitando um possível acidente, e permitindo ao motorista do veículo um maior tempo de reação. Sistemas semelhantes já foram desenvolvidos por Bulusu (2000), Bahl (2000) e Helén (2001), e para este caso busca-se um sistema eficiente, de baixo custo e com alta autonomia, de forma a ser aplicado no mercado brasileiro.

## 2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema de segurança desenvolvido neste trabalho é focado para utilização em ambientes urbanos, onde existe um grande número de veículos e a visualização e identificação de veículos em proximidade se mostra mais difícil.

O reconhecimento do veículo foi realizado através da comunicação entre dispositivos em ambos os veículos. Um dispositivo de comunicação de Rádio Frequência, ou RF, instalado nas motocicletas emite sinais, enquanto um receptor presente nos automóveis ou demais veículos nas proximidades é capaz de receber tal sinal. Através dessa interação entre os dois veículos, é possível que um veículo reconheça o outro, evitando acidentes.

Segundo estudo realizado por Santos (2008), a maior parte dos acidentes de trânsito envolvendo motocicletas estão associados a cidadãos com renda até dois salários mínimos, dessa forma um dos focos do sistema proposto foi o desenvolvimento de um sistema de segurança que fosse de baixo custo, para que fosse acessível para o maior número de usuários e pudesse ter um maior impacto na segurança dos condutores de veículo.

A rádio frequência é uma opção extremamente eficaz para este tipo de atuação, pois seu sinal possui uma ampla área de atuação, ao mesmo tempo em que os equipamentos necessários para sua implementação, ou seja, emissores e receptores se mostram soluções de baixo custo comparado a outros métodos de comunicação sem fio, além de serem de configuração mais simples.

A área de atuação do sinal emitido pela motocicleta é determinada pelo sinal de RF. Dessa forma, um veículo que esteja no raio de atuação do sinal de rádio frequência emitido pela motocicleta poderá captar esse sinal quando os dois veículos estiverem próximos. Portanto, mesmo que o motociclista não esteja vendo o veículo, por exemplo quando um outro veículo estiver no “ponto cego” do retrovisor, poderá estar ciente de sua presença.

A Figura 2 mostra um esquema da área de atuação do transmissor RF da motocicleta e como ela interage com os veículos das proximidades:

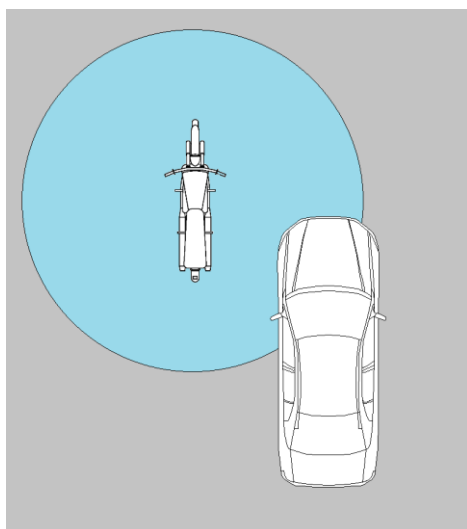


Figura 2 - Esquema da comunicação dos veículos. Fonte: Autoria própria.

O sinal captado pelo receptor será então processado no microcontrolador presente no módulo RF, e caso o programa determine que existe uma motocicleta na proximidade, um sinal visual, representado por um LED acendendo, é mostrado para o motorista.

Para a determinação de quanto seria a distância  $d$  necessária para a atuação do dispositivo, foi necessário determinar qual a velocidade média veicular  $v$  e o tempo total, considerado para este trabalho como a somatória de dois valores de tempo: tempo de percepção e reação  $TPR$  e o tempo de ação  $TA$ .

Segundo Homburger (2003),  $TPR$  é o tempo necessário para um motorista avaliar e agir no trânsito, através de quatro etapas: percepção, identificação, emoção e reação. O  $TA$  foi considerado para este trabalho todo o tempo adicional após  $TPR$ , de forma com que a ação definida pelo motorista seja executada, seja esta ação, uma alteração de velocidade, uma curva, uma frenagem ou qualquer outra ação.

Baseado na cinemática, a Equação 1 relaciona esses valores:

$$d = v \cdot (TPR + TA) \quad (1)$$

Segundo o estudo de Samboni (2014), foi considerada uma velocidade média veicular de 50 km/h, para veículos urbanos em áreas de alto tráfego, com estudos realizados na região de Brasília. Apesar de a velocidade relativa entre os veículos ser bem menor do que este valor, ao se trabalhar com este valor para uma média pode-se ter uma margem de segurança para a análise dos dados. Assim, para termos de simplificação foi definido o valor de  $v$  como 50 km/h.

Um estudo de Sousa (2011) indica que o  $TPR$  médio brasileiro é cerca de 1,2s. Dessa forma, considerando-se um  $TA$  de 2s, podemos chegar a um valor estimado de quanto deve ser a distância de atuação do dispositivo, indicado na Equação 2.

$$d = 50 \text{ km/h} \cdot (1,1 \text{ s} + 2 \text{ s}) = 45,834 \text{ m} \quad (2)$$

Dessa forma, para o desenvolvimento do trabalho escolheu-se dispositivos com capacidade de comunicação até 50m. Dessa forma, quando os dispositivos RF estivessem fora do range de atuação, ou seja, uma distância maior que 50m, não haveria comunicação entre eles. Caso eles estivessem dentro dessa área de atuação, a uma distância menor que 50m, estariam a uma distância perigosa e um sinal deve ser enviado ao veículo.

## Revisão de Literatura

O termo rádio frequência se refere a frequências de 3 kHz a 300 GHz. Quando correntes elétricas oscilam em tais frequências, possuem a propriedade de irradiar pelo espaço na forma de ondas eletromagnéticas, que podem ser captadas por um receptor. A ordenação de tais ondas dá origem à chamada comunicação em rádio frequência ou rádio.

Existem inúmeras aplicações para o uso de rádio frequência, indo desde a área de saúde, até as telecomunicações, sendo seu uso para comunicação em rádio frequência a base desse modelo.

Segundo Tenenbaum (1997), a comunicação, outra troca de informações através de rádio frequência, pode ser realizada através da modulação da amplitude, da frequência ou da fase das ondas. A Figura 3 mostra o espectro eletromagnético e seu uso em diversos sistemas de comunicações.

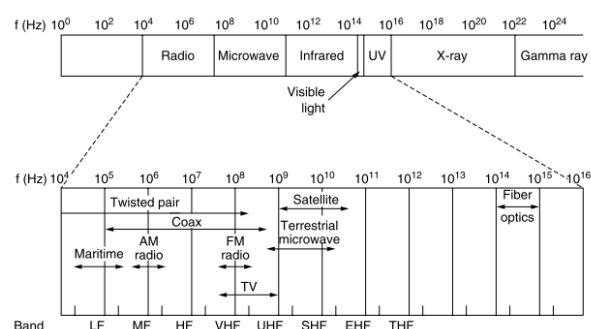


Figura 3 - Espectro eletromagnético e seu uso em diversos sistemas de comunicações. Fonte Tenenbaum (1997)

Diferentes valores de frequência e comprimento de onda são adequados para diferentes tipos de comunicação, devido não somente à melhor aplicação para o meio ao qual será inserido, mas também a convenções definidas internacionalmente a fim de se evitar interferências entre sistemas semelhantes e garantir um padrão de utilização.

As ondas eletromagnéticas podem ser classificadas, de acordo com Morães (2001), de acordo com sua frequência, comprimento de onda ou por banda. Esses diferentes tipos de classificações estão relacionados com diferentes aplicações e órgãos normativos.

Segundo Antunes (1995), a classificação de ondas segundo sua frequência, são ordenadas conforme classificação a seguir.

- Ondas audíveis: 20 Hz até 20.000 Hz
- Radiodifusão: 10K Hz até 3.000 GHz
- Infravermelho: 750 GHz até 3 THz
- Raios ultra-violetas:  $750 \times 10^{12}$  até  $3 \times 10^{16}$  Hz.
- Raio X:  $3 \times 10^{16}$  Hz e  $6 \times 10^{19}$  Hz.
- Raios Gamma:  $6 \times 10^{19}$  a  $3 \times 10^{22}$  Hz
- Raios Cósmicos: acima de  $3 \times 10^{22}$  Hz.

A Anatel (2001) estabelece que o uso de rádio frequência para fins comerciais deve estar abaixo de 3000 GHz.

A relação entre velocidade, comprimento e frequência de onda pode ser descrita pela Equação 3:

$$\lambda = v / f \quad (3)$$

Para que a comunicação possa ocorrer adequadamente, deve-se levar em consideração que as ondas são propagadas em um meio que possui um coeficiente dielétrico, com propriedades que podem influenciar a transmissão de ondas. Segundo Jones (2012), o coeficiente dielétrico do ar é muito parecido com o do vácuo, o que faz com a transmissão no ar como meio de transmissão seja realizada adequadamente. Porém, a transmissão em diferentes meios, pode fazer com o sinal perca sua intensidade, comprometendo a comunicação.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema foi construído de forma a permitir seu funcionamento com qualquer quantidade de motocicletas. Contanto que exista uma motocicleta, ou um transmissor, com comunicação válida interagindo com o carro, ou receptor, o sistema irá indicar sua presença, com funcionamento semelhante a uma porta lógica *OU*, caso exista duas ou mais motocicletas.

A Tabela 1 indica a lógica apresentada.

Tabela 1 - Tabela verdade de porta lógica OU. Fonte: Autoria própria

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Assim, cada motocicleta que esteja nas proximidades terá sua distância *d* até o dispositivo presente no carro analisados independentemente pela presença de seu sinal RF, que por sua vez poderá reconhecer um outro veículo em sua proximidade, independente de sua posição.

A Figura 4 mostra o diagrama da conexão entre os veículos.

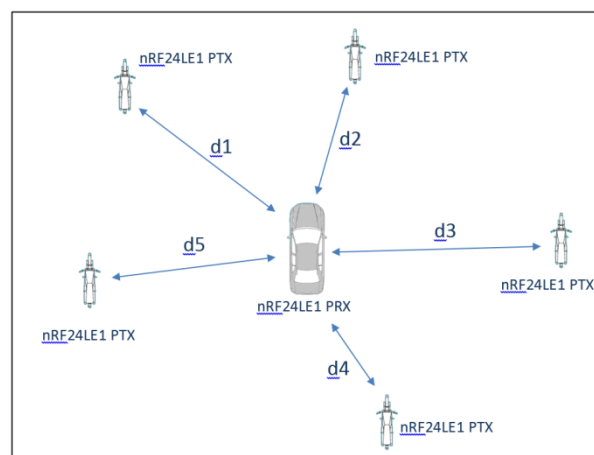


Figura 4 - Diagrama da conexão entre veículos. Fonte: Autoria própria.

Para a construção do sistema de segurança baseado em rádio frequência proposto neste trabalho, utilizou-se um conjunto de transceptores de rádio frequência, sendo o dispositivo presente nas motocicletas trabalhando como um emissor e o dispositivo presente nos automóveis trabalhando como um receptor.

O foco do sistema foi criar uma conexão adequada entre ambos os dispositivos, garantindo uma conexão segura, e quando os veículos estiverem a uma distância considerada crítica, disparar um sinal visual no automóvel, para que este seja avisado da presença da motocicleta em sua proximidade.

Pra que isso fosse possível, utilizou-se um conjunto de Hardware e Software, permitindo que o sistema de Segurança fosse implementado, com funcionamento de acordo com o diagrama de conexão da Figura 4. As próximas seções discutem características de cada um desses elementos para a construção do dispositivo.

#### Hardware

O Hardware, ou parte física do trabalho, consiste em um dispositivo transmissor, presente na motocicleta, e um dispositivo receptor nos carros. As próximas seções mostram o dispositivo utilizado para a transmissão RF e o dispositivo de gravação utilizado para inserir o código programado na memória do sistema.

#### Módulo RF

Estes módulos fazem parte de uma família de transceptores RF de 2.4 GHz de baixo custo, com microcontroladores embutidos e de alta performance. Sua escolha foi feita devido a este sistema se mostrar uma combinação de alto poder de processamento e memória, baixa potência, osciladores de baixa potência, contadores em tempo real, acelerador de criptografia, e baixo consumo de energia, conforme especificado pela Nordic (2010). A Figura 5 mostra os módulos utilizados no trabalho.



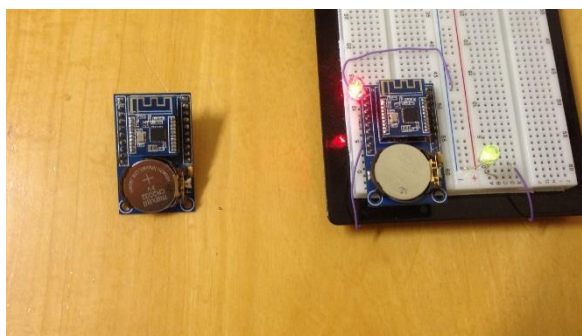


Figura 5 - Teste de comunicação dos sistemas - Comunicação Ativa.  
Fonte: Autoria própria.

A Figura 6 mostra o diagrama de blocos do funcionamento do dispositivo, segundo o datasheet oficial do fabricante Nordic, (2010).

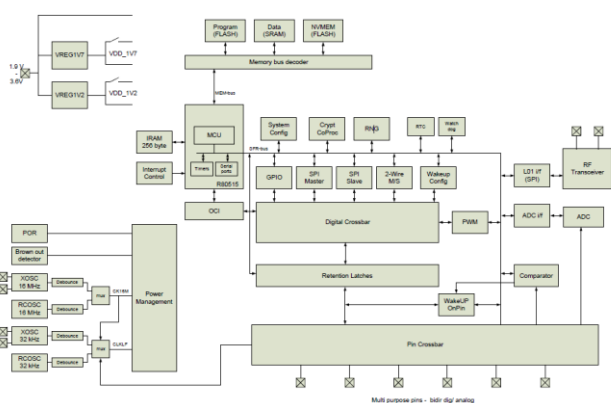


Figura 6 - Diagrama de Blocos do nRF24LE1. Fonte: Nordic (2010)

O dispositivo nos automóveis, diferentemente do presente nas motos, possui dois LEDs de identificação. A Figura 7 mostra um esquema de posicionamento dos LEDs de indicação e seu funcionamento.

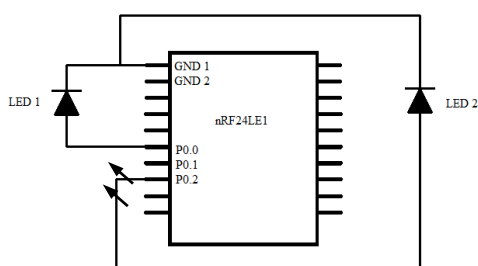


Figura 7 - Esquema da montagem do dispositivo presente no automóvel. Fonte: Autoria própria.

Na Figura 7, pode-se verificar que o circuito de automóveis possui dois LEDs, sendo denominados LED 1 e LED 2. O LED 2, é um LED da cor verde, e tem como função indicar que o sistema está ativo e outro, LED 1, é um LED vermelho, e tem como função indicar que existe uma moto nas proximidades.

Ao se iniciar o sistema, caracterizado pela inserção de uma bateria CR2032, de 3V, ambos os LEDs irão acender, de forma a testar o sistema. Em seguida, caso não exista

presença de uma motocicleta nas proximidades, o LED vermelho irá apagar, caso contrário permanecerá aceso. O LED verde permanece piscando, mostrando o sistema ativo enquanto este estiver alimentado.

## Dispositivo de gravação

Para que pudesse ser realizada a gravação software no microcontrolador MCS-51 do RF nRF24LE1, foi utilizado um dispositivo de gravação fabricado pela empresa SHENZHAN Micro Core Technology Development Co., Ltd, a mesma responsável pela fabricação da arquitetura dos circuitos do módulo RF.

Este dispositivo é conectado a um computador via entrada USB e o código fonte, compilado adequadamente, é gravado no microcontrolador através de um software do próprio fabricante, com funcionalidades análogas ao do dispositivo 8051. A Figura 8 mostra como a gravação é realizada.

O módulo nRF24LE1 (que geralmente se refere ao nRF24L01, um módulo transceptor) possui um alcance máximo de até 1 km em áreas abertas, com uma taxa de dados de 250 kbps. O alcance pode variar dependendo da taxa de dados: 750 metros a 1 Mbps e 520 metros a 2 Mbps, [segundo Usinainfo](#).

Em ambientes internos, o alcance pode ser significativamente menor, geralmente até 10 metros.

Em resumo:

- Áreas abertas (250 kbps): Até 1 km.
- Áreas abertas (1 Mbps): Até 750 metros.
- Áreas abertas (2 Mbps): Até 520 metros.
- Ambientes internos: Até 10 metros.

Outros fatores que influenciam o alcance:

- Tipo de antena: A antena que acompanha o módulo pode ter um ganho de sinal diferente, o que impacta o alcance.
- Obstáculos: Parede e outros obstáculos podem reduzir significativamente o alcance.
- Interferências: Outros dispositivos de comunicação sem fio podem interferir no sinal do nRF24LE1, reduzindo o alcance

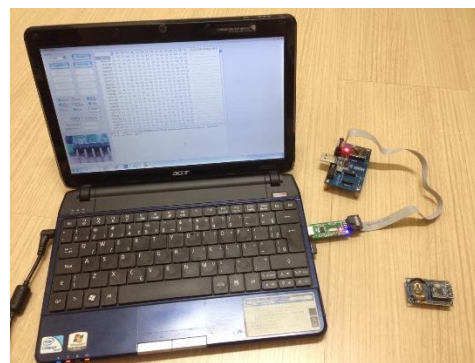


Figura 8 - Gravação do dispositivo. Fonte: Autoria própria.

## Software

A parte do desenvolvimento do projeto descrita nesta seção tem a ver com os softwares utilizados para o desenvolvimento deste projeto. Foram utilizados diferentes softwares no decorrer do projeto, como o software para escrever e compilar o código fonte, o software para a gravação, além do próprio código em si, descritos a seguir.

### Keil $\mu$ Vision (demo)

O software Keil  $\mu$ Vision, propriedade das empresas ARM Ltd e ARM Germany GmbH, foi o programa utilizado para escrever e compilar o código. De acordo com ARM (2014), é um software que combina gerenciamento de projetos, edição de código, debugging, e simulação em apenas um ambiente.

A Figura 9 mostra a interface do programa:

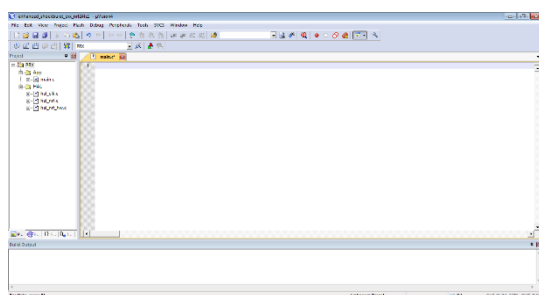


Figura 9 - Interface do software Keil  $\mu$ Vision utilizado para o trabalho. Fonte: Autoria própria.

O Keil  $\mu$ Vision permite que sejam desenvolvidas aplicações para diversos tipos de microcontroladores, inclusive o 8051, o que no caso do nRF24LE1 foi ideal para o desenvolvimento, uma vez que o microcontrolador presente no sistema usa arquitetura do 8051.

Os arquivos foram escritos em linguagem C e então compilados com o Keil  $\mu$ Vision para que se pudessem gerar arquivos em um formato adequado para os transceptores. O software também foi muito útil durante o desenvolvimento com sua função de debugger, permitindo que eventuais problemas com o código fossem identificados para que sua correção pudesse ser realizada adequadamente.

### 4mPRO

O software utilizado para se realizar a gravação do programa foi o mPRO. Este software serve como a interface entre o hardware de gravação e o código. Para configurar o dispositivo, foi necessário se instalar o driver no computador, para que a porta USB fosse adequadamente identificada para o uso do Hardware em conjunto com o mPro.

Ele é capaz de gravar arquivos no formato HEX e BIN, portando os códigos devem ser compilador para este formato antes de sua utilização.

A Figura 10 mostra a interface básica do programa:

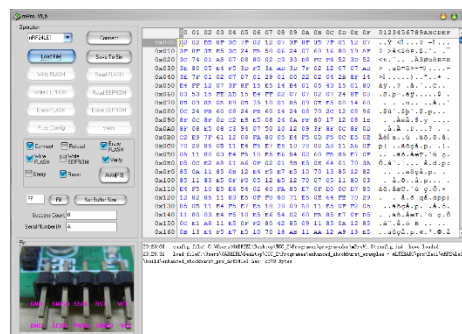


Figura 10 - Interface do software mPRO versão 1.6. Fonte: Autoria própria

## Programa Desenvolvido

Para o desenvolvimento deste projeto, foram criados dois programas diferentes, sendo um para o transmissor e um para o receptor. A maior parte da lógica de análise do sistema de segurança, no entanto, foi desenvolvida no código do receptor, que é a parte do sistema presente nos carros, e é onde as indicações são mostradas.

Para o transmissor, o código foi bem mais simples de ser desenvolvido. O programa é responsável por buscar uma carga em suas portas e enviá-las para um receptor caso esse esteja ao seu alcance. Tal operação é repetida indefinidamente.

O receptor, por sua vez, deve fazer uma varredura e buscar uma comunicação caso exista um transmissor enviando os dados. Como explicado na proposição do problema, caso exista essa comunicação, deve-se acender um LED presente em sua porta P00. Caso não exista essa comunicação, o LED da porta P00 deverá ser apagado indicando que não existe comunicação.

## 4. RESULTADOS

Após a construção do trabalho, o sistema foi testado em certas condições para testar suas funções. Foi analisado se a comunicação ocorreu adequadamente, se as indicações se mostraram claras ao usuário, posicionamento dos veículos e a confiabilidade do sistema sob diferentes óticas.

As seções a seguir mostram resultados de testes feitos com o sistema.

### Teste preliminar de comunicação em laboratório

Inicialmente foram apenas testados os componentes e verificada a comunicação. Para isto, ligou-se os dois sistemas em bancada de laboratório para verificar se a comunicação ocorreu da forma desejada. A Figura 5 mostra ambos os sistemas funcionando, com as indicações visuais dos LEDs indicando a comunicação.

Como ambos os sistemas, transmissor e receptor, estavam em plena operação, a uma distância bem menor do que o máximo determinado para a operação, o sistema funcionou adequadamente. O LED verde permaneceu piscando na frequência determinada, enquanto o LED

vermelho esteve aceso devido à proximidade dos componentes.

Retirando-se a bateria do transmissor, representando a motocicleta, o transmissor para de buscar um receptor e a comunicação é perdida. Assim o LED vermelho presente no receptor é desligado, enquanto o LED verde permanece ativo, de acordo com o esperado.

A Figura 11 mostra o sistema sob essas condições.

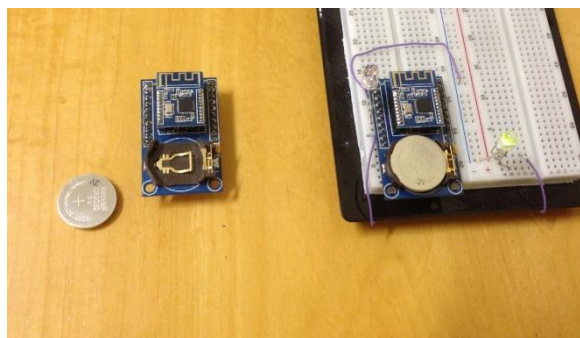


Figura 11 - Teste de comunicação dos sistemas - Comunicação Inativa. Fonte: Autoria própria.

## Teste de Comunicação com mais de um Transmissor

O segundo teste de comunicação foi realizado de forma a se analisar o comportamento do sistema quando existe a presença de mais de um transmissor. Este exemplo simula o caso de uma situação onde o automóvel tem mais de uma moto em sua proximidade.

Para este teste, foram construídos mais dois sistemas auxiliares, de forma a se alimentar mais dois transmissores RF, totalizando três transmissores e um receptor. A Figura 12 mostra todos os componentes.



Figura 12 - Dispositivos para o Teste de Comunicação com mais de um Transmissor. Fonte: Autoria própria.

Este teste ocorreu conforme o esperado, com a relação entre os sistemas se comportando como uma porta lógica OU. Qualquer dispositivo transmissor que estivesse

operando nas proximidades do receptor, resultava no LED vermelho de indicação aceso.

Mesmo na situação em que um novo transmissor passasse a estar operando posteriormente à operação de um outro transmissor, e este outro deixasse de estar em operação, o sistema continuou a mostrar o LED aceso, indicando que ainda existe um transmissor operando na proximidade, mesmo que este não tenha sido o transmissor que iniciou a operação.

Isso ocorre pois o sistema realiza a operação de interrupção de rádio frequência continuamente, e mesmo que mude o sistema que está em comunicação, caso exista um transmissor a comunicação passará a continuar ocorrendo na mesma taxa de frequência que estaria ocorrendo com o sistema anterior, de forma que para o usuário, essa alteração será imperceptível, de forma que o LED de indicação continuará aceso.

## 4Teste de comunicação ao ar livre

O teste de comunicação foi repetido, porém dessa vez reproduzido ao ar livre, em grandes distâncias.

Novamente, assim como no caso do teste em laboratório, os dispositivos, quando posicionados a pequenas distâncias entre si, funcionam adequadamente, com todos os LEDs de indicação mostrando que existe conexão entre eles (Figura 13).

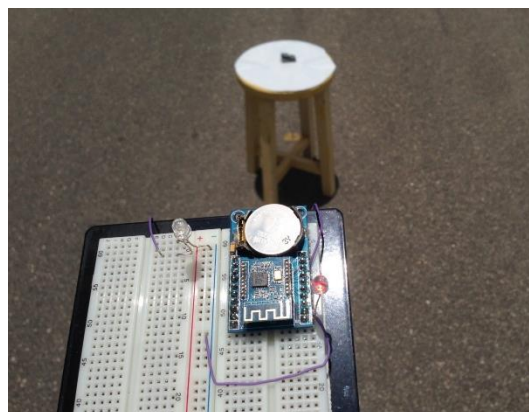


Figura 13 - Teste de comunicação ao ar livre - Pequenas distâncias. Fonte: Autoria própria.

Em seguida, os dispositivos foram afastados entre si, e a capacidade de comunicação analisada. O sistema se comportou de acordo com o esperado, com o LED se mantendo aceso até uma distância de cerca de 800 m. Após essa distância os dois dispositivos deixaram de se comunicar. Nesse momento, o LED vermelho do receptor é desligado (Figura 14).





Figura 14 - Teste de comunicação ao ar livre - Grandes distâncias.  
Fonte: Autoria própria.

Pôde-se perceber que na proximidade dos 50 metros, ou seja, da zona limiar da conexão entre os circuitos, pode-se verificar uma flutuação do sinal. Isso se deve em grande parte à variação do sinal decorrente da distância, variação de constante dielétrica e densidade do meio, conforme exemplificado por Marikani (2009). Esse fenômeno, porém, não impacta no desempenho do sistema, pois ocorre apenas na zona limiar, e o comportamento do sistema volta à normalidade com pequenas variações de distância.

### Testes em Veículos

Por fim, foi realizado um teste posicionando os dispositivos em veículos reais. Foram utilizados modelos populares de ambos os veículos, de forma a se simular uma situação o mais semelhante possível à aplicação desejada, que é o uso do sistema em sistemas de mobilidade urbana.

O transmissor foi posicionado no painel de uma motocicleta, conforme a Figura 15:



Figura 15 - Sistema posicionado em uma motocicleta. Fonte: Autoria própria.

O receptor, por sua vez, foi posicionado de forma semelhante, próximo ao painel do carro, de forma com que a visualização dos sinais fosse facilitada, uma vez que o receptor possui sinais de LED.

A Figura 16 e 17 a seguir mostram o sistema posicionado no carro.



Figura 16 - Sistema posicionado em um automóvel. Fonte: Autoria própria.



Figura 17 - Sistema posicionado em um automóvel. Fonte: Autoria própria.

Durante esses testes, observou um comportamento semelhante ao segundo teste realizado. Quando os veículos estavam a uma distância perigosa, o LED de alerta acendeu, promovendo uma indicação clara ao motorista do carro, porém se manteve apagado conforme a distância entre eles aumentou. Mesmo com os veículos em movimento, o sistema se mostrou funcional.

Uma situação observada durante esses testes, porém, foi uma redução da distância de atuação quando comparado com os testes anteriores. Isso, novamente se deve à variação da potência do sinal com a variação das densidades dos meios onde ele está inserido. De acordo com Talepour (2013), a potência do sinal, assim como a confiabilidade no sistema podem ser melhorados consideravelmente com um posicionamento adequado das antenas para a propagação do sinal.

## 5. CONCLUSÃO

O projeto alcançou os objetivos principais que eram de construir um sistema de segurança entre motocicletas que pudesse ser aplicado em centros urbanos de forma que pudesse contribuir para o desenvolvimento de dispositivos nacionais e que pudessem contribuir para a melhoria da vida da população.

Outro fator muito importante foi que o projeto fosse barato, para que fosse simples de ser implementado e pudesse ser utilizado pelo maior número de pessoas, focado em um mercado nacional. Este objetivo também foi alcançado, uma vez que os maiores custos durante o



desenvolvimento estão associados a custos de desenvolvimento.

O dispositivo final, com um conjunto de nRF24LE1 e bateria não custa mais de 12 reais, o que pode ser considerado um custo bastante acessível, e mesmo com uma margem aplicada ainda sim seria um produto com preço final adequado à todas as camadas da população relacionadas ao uso de veículos automotivos.

A utilização dos dispositivos da Nordic também se mostrou muito adequada, uma vez que possuem uma arquitetura simples e de fácil utilização. A parte de hardware é muito bem construída e se mostram muito bem projetadas e resistente. O software, com o protocolo de comunicações utilizado também se mostrou robusto e de simples implementação.

Observou-se um desempenho um pouco inferior dependendo do posicionamento da antena quando utilizados dentro dos veículos automotivos. Uma sugestão de melhoria para o projeto seria de utilizar uma antena com maior capacidade de captação, o que melhora consideravelmente o desempenho do sistema nestas condições.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Yadav, R. Agrawal.** "Wireless Sensor Network Using NRF24L01 Transceiver." *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 4, Issue 05, 2015.
- ABRACICLO, Dados do Setor – Motocicletas – Produção, Abraciclo, 2014. Disponível em <<http://abraciclo.com.br/dados-do-setor/38-motocicleta/78-producao>>, Acessado em 08 de Outubro de 2014;
- ANTUNES, S. R. Rádio Transceptores. São Paulo: Fitipaldi. 1995. 91 p.
- ARM, µVision IDE Overview, ARM Ltd and ARM Germany GmbH, 2014. Disponível em <<http://www.keil.com/uvision/>> Acessado em 01 de Novembro de 2014;
- BAHL, P., PADMANABHAN, V., "RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system," in Proc. of Infocom'2000, Tel Aviv, Israel, Mar. 2000, vol. 2, pp. 775–584;
- BARROS, A., AMARAL, R., OLIVEIRA, M., LIMA, S., GONÇALVES, E., Acidentes de trânsito com vítimas: sub-registro, caracterização e letalidade, Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 19(4):979-986, jul-ago, 2003;
- BULUSU, N., HEIDEMANN, J., e ESTRIN, D., "GPS-less low cost outdoor localization for very small devices," IEEE Personal Communications Magazine, vol. 7, pp. 28–34, Oct. 2000;
- JONES, J., Electronic Warfare and Radar Systems Engineering Handbook, Department of Defense, Rev.4, Point Mugu, California, 2012;
- HOMBURGER, W. S., Fundamentals of Traffic Engineering. University of California, Berkeley, EUA, 2003;
- HELÉN, M., LATVALA, J., IKONEN, H., NIITYLAHTI, J., "Using calibration in RSSI-based location tracking system," in Proc. of the 5th World Multiconference on Circuits, Systems, Communications & Computers (CSCC20001), 2001;
- KOIZUMI, M. S., Acidentes de Motocicleta no Município de São Paulo, SP (Brasil), 1, Caracterização do Acidente e da Vítima. Rev. Saúde Públ., São Paulo, 19:475-89, 1985;
- LIBERATTI, C., L. B., ANDRADE, S. M., SOARES, D. A., MATSUO, T. Uso de capacete por vítimas de acidentes de motocicleta em Londrina, sul do Brasil, Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health 13(1), 2003;
- MARIKANI, A., Engineering Physics, New Delhi, PHI Learning Pvt. Ltd., 2009, 403p.
- MORÄES, M., Comunicação de Dados Por Rádio Frequência, 2001, 95 p., Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001;
- NORDIC, Ultra-low Power Wireless System On-Chip Solution, nRF24LE1, Product Specification v1.6, 2010
- SAMBONI, Avaliação da metodologia do HCM para determinação da Velocidade Média de Percurso de vias urbanas Brasileiras, 2014 Disponível em <http://www.redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/produccion/articulos-cientificos/2014-1> Acessado em 27/11/2014
- SANTOS, A., MOURA, M., NUNES, B., LEAL, C., TELES, J., Perfil das vítimas de trauma por acidente de moto atendidas em um serviço público de emergência, Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 24(8):1927-1938, ago, 2008;
- R. Panigrahi, D. P. Acharya. "Low Power Wireless Communication Using nRF24L01 for Home Automation." *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, Vol. 5, Issue 4, 2016.
- SOUSA, L., Taxas de Desaceleração e Tempos de Percepção e Reação dos Motoristas em Interseções Semaforizadas, 2011, 82p., Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes), COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001;
- TALEPOUR, Z., KONDORI, H., BARAKATI, M., MEHRJOO, M., SHOKOUH, J., Received Signal Strength Estimation in Vehicle-to-Vehicle Communications Using Neural Networks, International Journal of Digital Information and Wireless Communications (IJDWC), The Society of Digital Information and Wireless Communications, 2013
- TANENBAUM, A., WETHERALL, D.. Computer Networks, 5ª Edição, Boston, Prentice Hall, 2011
- VIAS SEGURAS, Mapa da violência 2012: Acidentes de trânsito , Vias-Seguras, 2012. Disponível em <[http://www.vias-seguras.com/index.php/os\\_acidentes/estatisticas/estatisticas\\_nacionais/estatisticas\\_do\\_ministerio\\_da\\_saude/mapa\\_da\\_violencia\\_2012\\_acidentes\\_de\\_transito](http://www.vias-seguras.com/index.php/os_acidentes/estatisticas/estatisticas_nacionais/estatisticas_do_ministerio_da_saude/mapa_da_violencia_2012_acidentes_de_transito)>, acessado em 27 de Junho de 2014;