

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
ANDREY GUSTAVO DE SOUZA

DESENVOLVIMENTO DE MODELO PARA ACIONAMENTO AUTOMÁTICO DE
FARÓIS AUTOMOTIVOS

FORMIGA - MG

2016

ANDREY GUSTAVO DE SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE MODELO PARA ACIONAMENTO
AUTOMÁTICO DE FARÓIS AUTOMOTIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal Campus Formiga, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Msc. Gustavo Lobato Campos

**FORMIGA – MG
2016**

Souza, Andrey Gustavo de.
621.3 Desenvolvimento de modelo para acionamento automático de faróis
S719d automotivos/ Andrey Gustavo de Souza. Formiga, MG., 2016.

65p.: il.

Orientador: Msc. Gustavo Lobato Campos
Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de
Minas – *Campus* Formiga.

1. Sistemas Automotivos, 2. Eletrônica Automotiva. 3. Sistemas Embarcados, 4. Leis de Trânsito, 5. Estatística Descritiva. I. Título.

CDD 621.3

ANDREY GUSTAVO DE SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE MODELO PARA ACIONAMENTO
AUTOMÁTICO DE FARÓIS AUTOMOTIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal
de Minas Gerais como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Avaliado em: ____ de _____ de _____.

Nota: _____

BANCA EXAMINADORA

Msc. Gustavo Lobato Campos
Orientador

Msc. Rafael Vinícius Tayette da Nobrega
Avaliador

Dr. Paulo Dias Alecrim
Avaliador

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram
conquistadas do que parecia impossível.”*

Charles Chaplin

RESUMO

A Lei 13.290/2016 tornou obrigatório o uso do farol baixo do veículo em rodovias durante o dia com o objetivo de reduzir o número de acidentes, principalmente considerando a colisão frontal em estradas de mão dupla e acidentes envolvendo pedestres e ciclistas. Diversos países europeus, além do Canadá e alguns estados norte-americanos já adotam medida semelhante. Nos Estados Unidos, o uso do farol durante o dia reduziu em 5% as colisões entre carros e em 12% os acidentes envolvendo pedestres e ciclistas, segundo números da NHTSA (Associação Norte-Americana de Segurança Rodoviária). Diante de tal cenário, surge uma nova demanda na indústria automotiva, um sistema que acione o farol se o veículo estiver trafegando em rodovias e o desligue se o mesmo trafegar em vias urbanas, de forma automática. Assim a proposta deste trabalho é, por meio de informações já presentes no veículo, ou seja, sem necessidade de maiores investimentos por parte das montadoras, desenvolver um modelo para o acionamento automático dos faróis quando o veículo trafegar em rodovias. Um estudo das características peculiares a cada meio (rodovias e vias urbanas) foi realizado, bem como o levantamento das variáveis utilizadas, com o objetivo de determinar se o veículo trafega por uma rodovia ou não, utilizando análises estatísticas. Realizou-se uma simulação do modelo microcontrolado proposto, seguido de sua implementação em matriz de contatos, tendo por base a plataforma de prototipagem Arduino, onde testes foram realizados a fim de se validar o modelo proposto. No final do projeto foi desenvolvido de forma satisfatória um modelo de simulação preliminar para um sistema automático de acionamento de faróis em rodovias.

Palavras chave: Sistemas Automotivos, Eletrônica Automotiva, Sistemas Embarcados, Leis de Trânsito, Estatística Descritiva.

ABSTRACT

The Law 13.290/2016 has made mandatory the use of the vehicle low beam headlight on highways during the day to reduce the number of accidents, especially considering the frontal collision on two-way roads and accidents involving pedestrians and cyclists. Several European countries and Canada and some US states have adopted similar measures. In the United States, the use of light during the day decreased by 5% collisions between cars and 12% accidents involving pedestrians and cyclists, according to NHTSA data (American Association of Road Safety). Faced with such scenario, a new demand arises in the automotive industry, a system that triggers the headlight if the vehicle is traveling on highways and in turn it off if it traffics on urban roads, in an automatic way. Therefore, the purpose of this project is through information already available in the vehicle bus, i.e., without the need for major investments by carmakers propose an automatic activation algorithm of the headlights when the vehicle traffics on highway. A study of the peculiar characteristics to each kind of road (highways and urban roads) was conducted, as well an evaluation of which variables will be used to determine if the vehicle traffics on a highway or not using statistical analysis. A simulation of the proposed microcontrolled model was performed, followed by its implementation in breadboard, based on the Arduino prototyping platform, where tests were performed to validate the proposed model. At the end of the project was developed satisfactorily a preliminary simulation model for an automatic actuation system of the headlights on highways.

Keywords: Automotive, Automotive Electronics Systems, Embedded Systems, Traffic Laws, Descriptive Statistics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama básico de um sistema embarcado e os elementos que o compõe.	18
Figura 2 - Elementos que compõem um microcontrolador.	19
Figura 3 - Diagrama de um sistema de controle.	20
Figura 4 - Tipos de sensores empregados em um veículo.	21
Figura 5 - Atuador tipo motor de um sistema de vidros elétricos.	22
Figura 6 - IDE da plataforma Arduino.	24
Figura 7 - Arduino MEGA 2560 e seus componentes.	25
Figura 8 - Exemplos de sistemas embarcados presentes em um veículo.	26
Figura 9 - Domínios eletrônicos em um veículo.	27
Figura 10 - Trecho viário 1: Formiga/MG – Divinópolis/MG.	30
Figura 11 - Trecho viário 2: Oliveira/MG – Três Corações/MG.	31
Figura 12 - Trecho viário 3: Araraquara/SP – S. J. do Rio Preto/SP.	32
Figura 13 - Curva gaussiana para velocidade no trecho 1.	34
Figura 14 - Curva gaussiana para giro do motor no trecho 1.	35
Figura 15 - Curva gaussiana para angulação do volante no trecho 1.	36
Figura 16 - Curva gaussiana para velocidade no trecho 2.	37
Figura 17 - Curva gaussiana para o giro do motor no trecho 2.	37
Figura 18 - Curva gaussiana para o ângulo do volante no trecho 2.	38
Figura 19 - Curva gaussiana para a velocidade no trecho 3.	39
Figura 20 - Curva gaussiana para o giro do motor no trecho 3.	40
Figura 21 - Curva gaussiana para o ângulo do volante no trecho 3.	40
Figura 22 - Interface computacional implementada.	44
Figura 23 – Representação das variáveis simuladas por meio de componentes eletrônicos.	45
Figura 24 - Módulo Simulino e sistema de acionamento do farol.	46
Figura 25 - Fluxograma do algoritmo de acionamento de faróis automático.	47
Figura 26 - Montagem física dos componentes.	49
Figura 27 - Indicação da interface em caso de operação manual.	50
Figura 28 - Indicação da interface em caso de baixa luminosidade.	51
Figura 29 - Indicação da interface em caso de operação em rodovia.	53
Figura 30 - Interface em caso de operação de manutenção de condição de rodovia.	54
Figura 31 - Interface em caso de operação de desligamento de condição de rodovia.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sistemas embarcados e sua utilização em cada mercado.	17
Tabela 2 - Modelos de placa Arduino.	23
Tabela 3 - Parâmetros obtidos nos cenários estudados.....	42
Tabela 4 - Coeficiente de Variação dos trechos analisados.....	42
Tabela 5 - Parâmetros de gatilho para acionamento do farol.	43
Tabela 6 - Valores de coeficiente de variação em que a situação de alerta é estabelecida.	43
Tabela 7 - Lista de componentes utilizados e seus respectivos custos.	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos.....	11
<i>1.1.1 Objetivos gerais.....</i>	<i>11</i>
<i>1.1.2 Objetivos específicos</i>	<i>12</i>
1.2 Estado da arte	12
1.3. Justificativa	13
1.4. Estrutura do Trabalho	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Sistemas Embarcados.....	16
<i>2.1.1 Definição de Sistemas Embarcados</i>	<i>17</i>
<i>2.1.2 Microcontroladores.....</i>	<i>19</i>
2.2 Sistemas de controle	20
<i>2.2.1 Sensores.....</i>	<i>20</i>
<i>2.2.2 Atuadores</i>	<i>22</i>
2.3 A plataforma Arduino.....	22
<i>2.3.1 Arduino MEGA 2560.....</i>	<i>24</i>
2.4 Sistemas Automotivos.....	25
<i>2.4.1 Domínios funcionais de um veículo.....</i>	<i>27</i>
2.5 Estatística Descritiva	28
3 DESENVOLVIMENTO DO MODELO PROPOSTO	29
3.1 Cenários estudados	29
<i>3.1.1 Trecho viário 1: Formiga – MG à Divinópolis – MG</i>	<i>29</i>
<i>3.1.2 Trecho viário 2: Trevo de Oliveira – MG ao Trevo de Três Corações – MG.....</i>	<i>30</i>
<i>3.1.2 Trecho viário 3: Araraquara – SP à São José do Rio Preto – SP</i>	<i>31</i>
3.2 Análise estatística dos cenários no software R.....	32
<i>3.2.1 Escolha de variáveis</i>	<i>33</i>
<i>3.2.2 Análise estatística do trecho viário 1.....</i>	<i>34</i>
<i>3.2.2.1 Análise estatística da velocidade no trecho viário 1</i>	<i>34</i>
<i>3.2.2.2 Análise estatística da rotação do motor no trecho viário 1</i>	<i>35</i>
<i>3.2.2.3 Análise estatística do ângulo do volante no trecho viário 1</i>	<i>35</i>

3.2.3 <i>Análise estatística do trecho viário 2</i>	36
3.2.3.1 <i>Análise estatística da velocidade no trecho viário 2</i>	36
3.2.3.2 <i>Análise estatística da rotação do motor no trecho viário 2</i>	37
3.2.3.3 <i>Análise estatística do ângulo do volante no trecho viário 2</i>	38
3.2.4 <i>Análise estatística do trecho viário 3</i>	38
3.2.4.1 <i>Análise estatística da velocidade no trecho viário 3</i>	38
3.2.4.2 <i>Análise estatística da rotação do motor no trecho viário 3</i>	39
3.2.4.3 <i>Análise estatística do ângulo do volante no trecho viário 3</i>	40
3.3 Métodos estatísticos aplicados no algoritmo	41
3.4 Lógica de acionamento e manutenção da condição de farol aceso	43
3.5 Interface Gráfica Computacional	44
3.6 Implementação e simulação do algoritmo	45
3.6.1 <i>Implementação do modelo no Proteus</i>	45
3.6.2 <i>Implementação do algoritmo</i>	46
3.6.3 <i>Simulação do algoritmo</i>	48
3.7 Montagem do modelo	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
4.1 <i>Condição de operação manual</i>	50
4.2 <i>Condição de operação em baixa luminosidade</i>	51
4.3 <i>Condição de operação em rodovia</i>	51
4.3.1 <i>Deteção de condição de rodovia</i>	52
4.3.2 <i>Manutenção da condição de rodovia</i>	53
4.3.2 <i>Desligamento da condição de rodovia</i>	54
4.4 <i>Produções Bibliográficas</i>	55
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
6 TRABALHOS FUTUROS	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
APÊNDICE A – CÓDIGOS UTILIZADOS NO R	60

1 INTRODUÇÃO

O uso da eletrônica embarcada em veículos é amplamente empregado e proporcionou uma revolução no setor automotivo. De tal modo, tecnologias hoje presentes em praticamente todos os modelos de carros, motos e outros veículos só foram possíveis quando o uso de centrais eletrônicas de processamento (ECU) passou a ser empregado. Funções como freios ABS, injeção eletrônica, *airbags*, entre outros, são imprescindíveis para o funcionamento eficiente do veículo, bem como garantir níveis de segurança superiores aos vistos no advento do emprego das ECU's.

Dentre várias aplicações dos sistemas embarcados em automóveis, destaca-se a automatização de funções do veículo, as quais pode-se destacar:

- Uso de sensores crepusculares ou de luminosidade que automatizaram o acionamento de faróis em situação onde a luminosidade é baixa, como em túneis, nevoeiros e o veículo trafegando no período noturno.
- Sensor de chuva, que em caso o veículo esteja trafegando sob condições de precipitação, o limpador é acionado de tal forma que a visibilidade do condutor não seja prejudicada.
- Desligamento automático da seta, caso o veículo tenha concluído a conversão, a mesma é automaticamente desligada.

Além de automatizar algumas funções, os fabricantes de automóveis sempre estão atentos as mudanças de legislação, que muitas vezes faz com que algumas funções antes tidas como opcionais se tornem obrigatórias. Como exemplo pode-se destacar as resoluções nº 311 e nº 312 do Contran (Conselho Nacional de Trânsito) que, respectivamente, obrigam as montadoras a comercializarem veículos com *airbag* e freios ABS como itens de série (MENDES, 2009).

Com o passar dos anos, as leis que regem o trânsito brasileiro sofreram várias mudanças, a fim de se preservar a segurança dos motoristas, passageiros e pedestres, mas também com o intuito de se otimizar o fluxo do tráfego. A legislação brasileira é vasta e rica em leis, resoluções, portarias que foram publicadas no decorrer dos 116 anos desde de sua criação, citando ainda suas constantes revisões e atualizações.

O Brasil ao longo do tempo nunca deu a devida atenção à segurança no trânsito, onde o número anual de mortos e feridos era alarmante, se comparado a vários outros países. Contudo, nunca esteve em pauta a criação de um órgão específico que controlasse o trânsito e que se preocupasse em diminuir o número de vítimas. O fato marcante nesse meio tempo, foi a criação

do Código de Trânsito Brasileiro em 1998, que trouxe consigo novas leis e normas que acarretariam em multas aos condutores infratores, resultando em uma diminuição no número de fatalidades (FRANZ; VIEIRA, 2012).

Uma dessas leis instaurada recentemente, a Lei 13.290/2016, determina o uso obrigatório de farol baixo durante o dia em rodovias e altera o Código de Trânsito Brasileiro neste aspecto. A medida tem por objetivo aumentar a segurança nas estradas, uma vez que a baixa visibilidade é umas das principais causas de acidentes hoje no Brasil. Apesar do Contran já ter editado uma resolução em 1998 recomendando o uso de farol baixo nas rodovias durante o dia, o entendimento é de que só uma norma com força de lei levaria os motoristas a adotarem a medida.

As montadoras, atentas a essa Lei e ao nicho de mercado que ela criou, provavelmente já estudam a criação de um sistema que automatize o acionamento de faróis em rodovias, com o objetivo de evitar que o condutor seja penalizado por não estar com o este item de segurança aceso por desatenção. Esse sistema, além de ser útil ao condutor, servirá também em ações de *marketing* da marca, uma vez que este recurso seria uma novidade no competitivo mercado automotivo. Destaca-se que se deve buscar um sistema não complexo, para que o mesmo possa ser aplicado a todas as gamas de veículos produzidos, e não somente a aqueles de alto valor.

Assim a proposta do presente trabalho é, por meio do uso de dados já presentes no barramento do veículo, desenvolver um algoritmo prévio que, por meio de análises estatísticas, determine se o veículo trafega por uma rodovia ou não, e desta forma comandar o acendimento do farol baixo. A fim de se representar a ECU que realiza esse processamento, um modelo microcontrolado desenvolvido em Arduino é apresentado, onde o mesmo opera em conjunto com uma interface gráfica computacional que torna possível a realização de leitura dos valores das variáveis medidas e do estado do farol no momento.

1.1 Objetivos

Nesta etapa do trabalho são apresentados os objetivos gerais e específicos do trabalho de conclusão de curso.

1.1.1 Objetivos gerais

O objetivo geral deste trabalho consiste no desenvolvimento de um modelo de sistema composto por um algoritmo, em conjunto com uma plataforma de simulação microcontrolada,

que determine se o veículo trafega por uma rodovia ou não, de modo a acionar o farol baixo automaticamente, obedecendo assim a Lei 13.290/2016. Para tal, implementou-se uma interface gráfica computacional por meio da linguagem *Processing* onde é possível realizar leituras das variáveis de entrada e saída em tempo real. A determinação da condição de estrada é realizada mediante cálculos estatísticos de medidas de dispersão, visto que em rodovias as variáveis estudadas, em condições normais, não sofrem mudanças bruscas.

1.1.2 Objetivos específicos

- Elaborar um algoritmo que, por meio de variáveis presentes no barramento do veículo, determine se o mesmo trafega por uma rodovia ou não, de forma a acionar o farol baixo automaticamente;
- Realizar estimativas estatísticas com o objetivo de inferir características de diferentes tipos de estradas;
- Implementar uma interface computacional gráfica usando o *software Processing*;
- Construir um modelo microcontrolado por meio da plataforma Arduino que simule a central eletrônica do veículo responsável por esta função;
- Realizar a montagem do modelo em *protoboard*;
- Realizar testes por meio da plataforma, de forma a validar o modelo protótipo proposto.

1.2 Estado da arte

Em países europeus, o Canadá e alguns estados norte-americanos, os veículos já saem de fábrica com um sistema chamado *Daytime Running Light (DRL)*, ou luzes de circulação diurna que se trata de um dispositivo de iluminação diurna que liga automaticamente com o carro. A legislação europeia adotou a obrigatoriedade do sistema em 2008 para todos os tipos de carros de passageiros e a partir de fevereiro de 2011 para vans. Caminhões e ônibus passaram a contar com o dispositivo de forma obrigatória em agosto de 2012 (THE AA, 2014).

Com relação à legislação brasileira, não existe na literatura e nem mesmo no portfólio de funcionalidades das montadoras um sistema que cumpra a tarefa de acionar o farol automaticamente em caso de o mesmo trafegar em uma rodovia ou fazer seu desligamento em

caso de o veículo trafegar por um trecho urbano. Apenas existe, em alguns casos, o sistema de sensor crepuscular que faz esse acionamento em caso de baixa luminosidade.

Existem opções no mercado que surgiram logo após a entrada da Lei em vigor, porém esse sistema aciona o farol do veículo assim que o motor é acionado, em qualquer condição e o desliga quando o motor não está mais em operação. Esse sistema vincula o acionamento do farol baixo a apenas a condição de o motor estar acionado, enquanto o requerimento da Lei é aplicável somente em rodovias (G1, 2016).

1.3. Justificativa

É fato que o uso do DRL por países como Finlândia, Suécia, Noruega, Canadá, Dinamarca, Hungria, Islândia têm apresentado redução significativa no número de certos acidentes. Destaca-se a maioria dos estudos sobre a eficácia do DRL nos países escandinavos. A Finlândia foi o primeiro a instituir legislação DRL em áreas rurais e a literatura relata uma redução da taxa de acidentes de 27%. Em 1977, a Suécia começou a exigir o uso de luzes do veículo durante o dia em todas as estradas e uma redução das taxas de acidentes de 9 a 21%. A Noruega começou a exigir a instalação de DRL em todos os carros novos a partir de 1985 e uso de luzes diurnas em todos os veículos até 1988. Verificou-se uma redução de 15% para acidentes envolvendo mais de um veículo. Por último, a Dinamarca tem exigido o uso de DRL em todas as estradas desde 1990, com uma redução estatisticamente significativa de 37% nos acidentes envolvendo curvas à esquerda (KRAJICEK; SCHEARS, 2010). Nos Estados Unidos, conforme já mencionado neste texto, o uso do farol durante o dia reduziu em 5% as colisões entre carros e em 12% os acidentes envolvendo pedestres e ciclistas, segundo números da NHTSA (Associação Norte-Americana de Segurança Rodoviária) (BARCELLOS, 2014).

Segundo pesquisas realizadas no Canadá, os faróis acesos permitem ao motorista a visualização de um veículo a uma distância de até 3 km nas retas, alertando-o sobre as prováveis situações de risco e gerando ações preventivas para evitar acidentes. Também oferecem maior segurança aos pedestres e ciclistas que transitam pelas vias, pois permitem melhor dimensionamento da velocidade e do movimento dos veículos (THE AA, 2014).

Dados da Polícia Rodoviária Federal (PRF) apontam que os automóveis com faróis acesos durante o dia se tornam 60% mais visíveis, evitando acidentes de colisão frontal, visto que a imprudência é ainda a principal causa desse tipo de acidente. Essa informação é corroborada pelo Departamento Nacional de Trânsito (Denatran) que constata que o maior percentual de mortes nas rodovias concentra-se na tentativa falha de ultrapassagem, com

consequente choque frontal. No primeiro mês da Lei em vigor, de 8 de julho de 2016 a 8 de agosto de 2016, foram registradas 117 colisões frontais durante o dia em estradas de pista simples, número 36% menor que os 183 acidentes similares registrados no mesmo período de 2015, segundo a PRF. Nesses acidentes, 39 pessoas morreram e 67 ficaram gravemente feridas, enquanto no ano passado, entre 8 de julho e 8 de agosto, 88 pessoas morreram e 113 tiveram ferimentos graves em acidentes do mesmo tipo, o que representa queda de 56% nos óbitos e 41% nas lesões graves. Os atropelamentos também caíram de 131 para 86, ou seja, 34%, considerando apenas os acidentes durante o dia em rodovias federais. Nesses casos, 10 pessoas morreram em 2016, contra 16 em 2015 (TRIBUNA DO NORTE, 2016).

Todos esses dados comprovam que tal medida é eficaz na proposta de se diminuir acidentes, porém a implementação da Lei no Brasil tem sido alvo de debates. Uma dessas discussões é a falta de informação e atenção do motorista que muitas vezes se esquece de ligar o farol baixo enquanto trafega por uma rodovia. Dados da PRF apresentam que durante o período de 8 de julho de 2016 e 8 de agosto de 2016, 124.180 multas foram aplicadas por descumprimento a norma. Os Estados com mais flagrantes foram Goiás (14.683), Minas Gerais (12.660) e Paraná (12.976) (TRIBUNA DO NORTE, 2016). Importante aqui citar a relevância do modelo proposto, que poderia reduzir drasticamente o número de multas aplicadas no período citado, caso já tivesse sido implementado.

No dia 2 de setembro de 2016, a Justiça Federal de Brasília suspendeu em caráter liminar a cobrança de multas para o motorista que não usar o farol baixo durante o dia, até que haja a devida sinalização das rodovias (MACEDO; AFFONSO, 2016). Porém, na decisão oficial do juiz Renato Borelli (2016) pode-se destacar:

“Em cidades como Brasília, exemplificativamente, as ruas, avenidas, vias, estradas, rodovias, etc. penetram o perímetro urbano e se entrelaçam. Absolutamente impossível, mesmo para os que bem conhecem a Capital da República, identificar quando começa uma via e termina uma rodovia estadual, de modo a se ter certeza quando exigível o farol acesso e quando dispensável. Para se evitar infringir a Lei, não há outra forma senão os faróis ligados em todos os momentos. Não só na Capital, mas em grande parte das cidades brasileiras, o cerne das reclamações é que os motoristas precisam manter os faróis acessos nas cidades, pois no Brasil é muito comum as Estradas “cortarem as cidades, visto que em suas origens, as cidades “nasceram e cresceram” em torno das Estradas, pois sempre foram rotas de comércio. As ruas, avenidas, vias, estradas, rodovias etc. não sinalizadas. Não se pode exigir, com rigor, dos motoristas a observância de um regulamento em detrimento do outro. Se o Estado não está apto a sinalizar, não pode sancionar os motoristas que não memorizaram a integralidade da malha viária brasileira”.

Essa tese corrobora ainda mais sobre a validade do modelo proposto, que além de evitar que o motorista seja onerado, busca identificar de forma automática se o veículo trafega por uma rodovia ou não.

Do ponto de vista das montadoras, o presente trabalho pode preencher a lacuna gerada pela Lei, adicionando uma nova *feature* ao portfólio tecnológico da empresa, além de ser uma estratégia de *marketing* interessante. Do ponto de vista de implementação, a proposta de se usar variáveis já presentes no barramento eletrônico do veículo, aliado a um esforço computacional relativamente baixo, faz com que a alternativa apresentada seja interessante às montadoras.

1.4. Estrutura do Trabalho

Este texto encontra-se dividido em 6 capítulos, onde o Capítulo 2 apresenta o referencial teórico no qual o trabalho foi embasado. O Capítulo 3 expõe a metodologia de desenvolvimento do modelo proposto, apresentando de forma detalhada todos os passos que foram dados para a implementação do mesmo. O Capítulo 4 mostra os resultados obtidos a partir de testes feitos no modelo desenvolvido, apresentando todas as circunstâncias que foram consideradas pelo sistema. O Capítulo 5 apresenta as considerações finais do presente trabalho de conclusão de curso, externando os desafios encontrados, bem como o potencial de aplicação do modelo proposto. Por fim, o Capítulo 6 aponta algumas possibilidades de trabalhos futuros baseado no modelo que foi desenvolvido.

A seguir será apresentado o embasamento teórico do trabalho, focando-se nos conceitos que foram utilizadas no desenvolvimento do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta o referencial teórico do modelo que foi desenvolvido, passando por conceitos de sistemas embarcados, sistemas de controle, a plataforma de desenvolvimento Arduino, sistemas automotivos e, por fim, conceitos de estatística descritiva.

2.1 Sistemas Embarcados

O avanço proporcionado pelo desenvolvimento da física de semicondutores tem permitido uma redução considerável nos custos envolvidos na produção de *hardware*, em conjunto com um acréscimo significativo na capacidade dos processadores, permitindo que sistemas cada vez mais complexos possam ser desenvolvidos com custos mais acessíveis a diversos segmentos do mercado. Destaca-se que boa parte desses sistemas por sua vez, operam através do uso de sistemas embarcados. Sua aplicação tende a ser ainda mais difundida devido aos baixos custos que os sistemas embarcados apresentam e sua relativa facilidade de desenvolvimento. A presença dos sistemas embarcados nas atividades humanas é cada vez mais comum, embora nem sempre sejam evidentes. Equipamentos como fornos micro-ondas, telefones celulares, sistemas de controle de veículos, impressoras, roteadores e modems são exemplos de onde esses dispositivos podem ser encontrados. (CARRO; WAGNER, 2003).

Ossada e Martins (2010) em seu trabalho afirmam que apenas 2% dos processadores fabricados são destinados a computadores de propósito gerais (*desktops e notebooks*) e o restante são microprocessadores e microcontroladores de pequeno porte, destinados ao mercado de sistemas embarcados. Também se estima que em uma residência norte americana, sejam encontrados mais de 40 processadores em diferentes sistemas que auxiliam o cotidiano das pessoas.

Sistemas embarcados possuem capacidade computacional para exercer diversas funções, nos mais diferentes segmentos do mercado. Essa aplicabilidade pode ser observada na Tabela 1. O uso de sistemas embarcados nessas aplicações é adequado pois se tratam de funções que não demandam esforço excessivo de processamento, além de serem funções dedicadas sem a necessidade de reprogramação do sistema.

Tabela 1 - Sistemas embarcados e sua utilização em cada mercado.

MERCADO	DISPOSITIVO EMBARCADO
Automotivo	Sistema de Ignição
	Controle de Motor
	Freios (ABS)
Eletrônica de Consumo	Televisores Analógicos e Digitais
	DVDs, Vídeo cassetes
	<i>Personal Data Assistants (PDAs)</i>
	Eletrrodomésticos
	Brinquedos, Jogos
	<i>Global Positioning Systems (GPS)</i>
	Câmeras
Telefones, <i>Pagers</i> e Celulares	
Controle Industrial	Robótica e Controle de Sistemas (Manufatura)
Medicina	Bombas de Infusão
	Próteses
	Equipamento de Diálise
	Monitores Cardíacos
Redes de Comunicação	Roteadores
	<i>Hubs</i>
	<i>Gateways</i>
Automação de Escritórios	Equipamentos de Fax
	Copiadoras
	Impressoras
	<i>Scanners</i>

Fonte: Adaptado de: Noergaard, 2012.

Desta forma, na próxima subseção é apresentado a definição de sistemas embarcados.

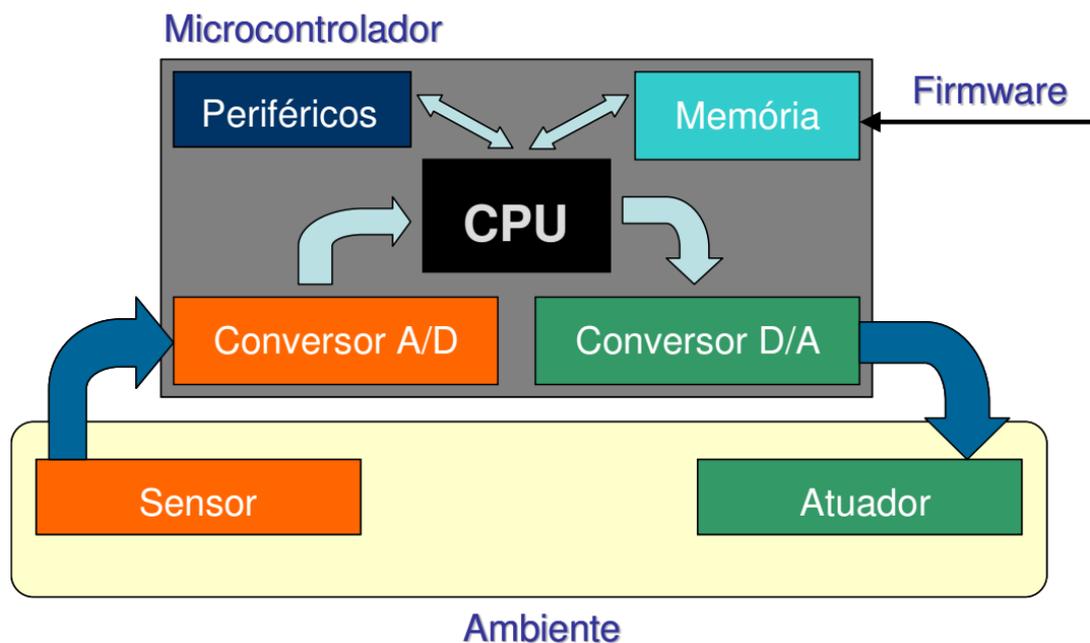
2.1.1 Definição de Sistemas Embarcados

Segundo Cunha (2001), um sistema embarcado pode ser definido como a colocação de capacidade computacional dentro de um circuito integrado, equipamento ou sistema, porém, atentando-se ao fato de que esse sistema deve ser mais simples que um computador. Um sistema

embarcado deve atuar de forma a realizar somente uma determinada tarefa de forma completa e independente. O usuário do equipamento, não tem acesso ao algoritmo que foi embarcado no dispositivo, porém existe a possibilidade de o mesmo interagir com o equipamento por meio de interfaces, que permitem a ele alterar dados do sistema com o intuito de se atender as necessidades em que o equipamento é incumbido.

Já Kamal (2011) em seu livro, define um sistema embarcado como sendo um *hardware* baseado na arquitetura de um computador em que seu componente mais importante é o *software* nele embarcado. Como o *software* normalmente é embarcado na memória ROM (*Read Only Memory*), não existe a necessidade de uma segunda unidade de memória, como ocorre nos computadores de propósito geral. O principal objetivo de um sistema embarcado é controlar um dispositivo físico enviando sinais de controle para atuadores em reação a sinais oriundos de sensores ou pela entrada de comandos por usuários, tal qual representado na Figura 1.

Figura 1 - Diagrama básico de um sistema embarcado e os elementos que o compõe.



Fonte: Chase, 2007.

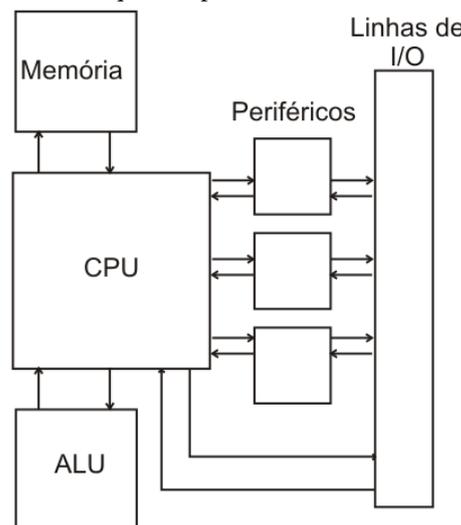
Ciente da estrutura de um sistema embarcado, a próxima subseção apresenta a definição de microcontroladores e os conceitos que são pertinentes a este dispositivo.

2.1.2 Microcontroladores

Microcontrolador é considerado o componente primário em um sistema embarcado, sendo este o “cérebro” que gerencia todo o funcionamento do sistema embarcado. O microcontrolador por anos tem sido a opção ideal para tal função pois possui a capacidade de efetuar a leitura de sinais externos, executar algoritmos com as tarefas a serem realizadas, fazer o processamento dos sinais recebidos, tomar as decisões e enviar aos atuadores os comandos necessários para o funcionamento do sistema.

De acordo com Soares (2002), microcontrolador é a integração de um microprocessador com outros periféricos. A maioria dos microprocessadores, tal como mostrado na Figura 2, são compostos por um CPU (Unidade de Processamento Central), ALU (Unidade Lógica e Aritmética), linhas de dados, linhas de endereços, linhas de controle e acesso de memória externa. Alguns microcontroladores, além dos elementos citados anteriormente, dispõem de periféricos para comunicação serial, *timers*, osciladores, portas I/O, entre outros.

Figura 2 - Elementos que compõem um microcontrolador.



Fonte: Soares, 2002.

Existem inúmeras características que definem um microcontrolador. Se um determinado computador se enquadra em alguma dessas características, ele pode ser classificado como microcontrolador (CALCUTT; COWAN; PARCHIZADEH, 2004). Dentre essas características pode-se destacar:

- Normalmente microcontroladores são embarcados em outros dispositivos, como bens de consumo, para que ele possa controlar as características ou ações de um produto. Em

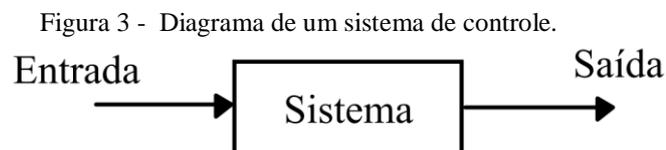
tal situação, um microcontrolador também pode ser chamado de “controlador embarcado”;

- Um microcontrolador é dedicado para uma única tarefa e roda apenas um programa específico. Esse programa é armazenado na unidade de memória ROM e geralmente não é alterado;
- Um microcontrolador é um dispositivo de baixa potência. Este pode ser alimentado por baterias e normalmente consome aproximadamente 50 mW.

Sistemas embarcados e seus elementos apresentados nessa seção, são dispositivos que são parte de um sistema de controle de determinado processo, o que é apresentado na próxima seção.

2.2 Sistemas de controle

Um sistema de controle é uma disposição, conjunto ou coleção de dispositivos que mantém uma ou mais grandezas físicas dentro de condições definidas na sua entrada, atuando em uma ou mais saídas, como mostrado na Figura 3. Esses dispositivos que compõe esse sistema podem ser elétricos, ópticos ou por meio da ação humana. Já as grandezas que podem ser controladas pela saída podem ser variadas desde temperatura, pressão até velocidade, frequência, entre outros (FACENS, 2011).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sendo assim, a seguir é apresentado a definição de elementos importantes em um sistema de controle, os elementos sensores e atuadores.

2.2.1 Sensores

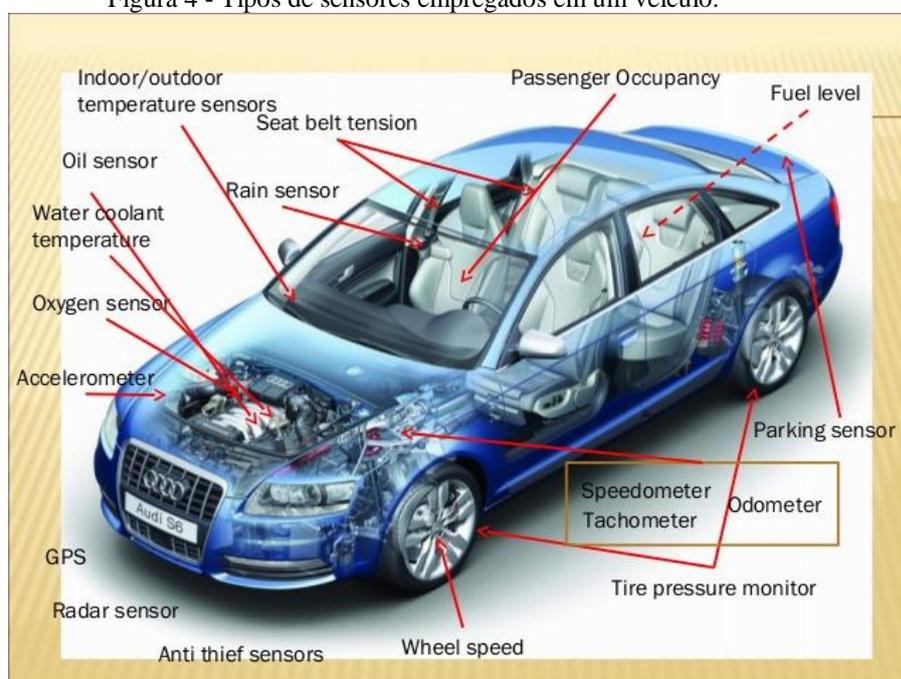
O termo sensor é designado para definir dispositivos que são sensíveis à alguma forma de energia do ambiente em que o sistema de controle atua. Essa energia pode ser luminosa,

térmica, cinética ou elétrica e relaciona informações sobre uma grandeza física que necessita ser mensurada, como pressão, velocidade, corrente, posição, entre outras.

As características elétricas de um sensor nem sempre permitem que ele seja utilizado diretamente em um sistema de controle. Para tal, o sinal de saída passa por uma manipulação antes de ser efetuada a leitura pelo sistema de controle. Essa função normalmente é desempenhada por um circuito de interface que adequa o sinal de tal forma que este possa ser lido pelo controlador. Se a saída de um sensor, ao ser sensibilizado por uma energia externa a ser mensurada, é caracterizada por um nível de tensão muito baixo, é necessário um circuito amplificador que eleve e normalize os níveis tensão do sinal a níveis adequados (WENDLING, 2010).

Em um sistema automotivo, são empregados diversos tipos de sensores que monitoram qualquer movimento, comportamento ou situação do veículo, tal qual mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Tipos de sensores empregados em um veículo.



Fonte: Automotive Electronic Systems. Disponível em: <http://bit.ly/2eB0FE7>

(Acesso em: 27 set. 2016).

Os sensores, em um sistema de controle, são dispositivos essenciais no desempenho do mesmo, atuando em conjunto com outro elemento importante, os atuadores que são retratados na próxima subseção.

2.2.2 Atuadores

Um atuador pode ser definido como um mecanismo que controla ou move variáveis de um sistema de controle. Esse elemento é operado por uma fonte de energia, normalmente corrente elétrica, fluido hidráulico ou pressão pneumática e a converte em sinais elétricos digitais e analógicos ou em movimentos mecânicos. Em sistemas automotivos, vários tipos de atuadores são empregados para as mais diversas finalidades, desde o motor que movimentava o vidro ou um relé que aciona o farol, até a vela de ignição do motor (DOS ANJOS, 2011). A Figura 5 apresenta um atuador tipo motor de um sistema de vidros elétricos.

Figura 5 - Atuador tipo motor de um sistema de vidros elétricos.



Fonte: Drael. Disponível em: <http://bit.ly/2e3bymb> (Acesso em: 05 set. 2016)

Essa seção teve como objetivo expor os conceitos referentes a sistemas de controle, bem como os elementos que o compõe, sensores e atuadores. Na próxima seção são apresentados os conceitos e aplicações da plataforma de prototipagem Arduino.

2.3 A plataforma Arduino

Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica que faz uso do conceito de *hardware* livre. Nesse conceito deve-se disponibilizar informações sobre o projeto de *hardware*, bem como diagramas eletrônicos, estrutura de produtos, *layout* de placas de circuito impresso, rotinas de baixo nível e qualquer outra informação necessária para uma construção *from-scratch* do projeto (BENTES, 2013).

Os modelos mais utilizados da placa microcontroladora Arduino (Mega e Uno) foram desenvolvidas com base em microcontroladores da família Atmel AVR montados em placa única e possui suporte de entradas/saída embutido, além uma linguagem de programação padrão baseada em C/C++.

A plataforma surgiu para que amadores, entusiastas e outras pessoas que não teriam acesso à controladores e ferramentas mais sofisticadas, pudessem criar seus projetos, tornando-

os acessíveis, flexíveis e com baixo custo. Uma placa Arduino, em geral, possui os seguintes elementos em sua construção:

- Microcontrolador;
- Placa base com reguladores de tensão adequados ao microcontrolador;
- Linhas de entrada/saída digitais e analógicas;
- Linhas de comunicação serial;
- Interface USB para programação e interação com um computador hospedeiro.

Seguindo estas características comuns, foram desenvolvidas diversas placas microcontroladoras, cada uma carrega um codinome e especificações de *hardware* próprias. A Tabela 2 descreve algumas placas da família Arduino.

Tabela 2 - Modelos de placa Arduino.

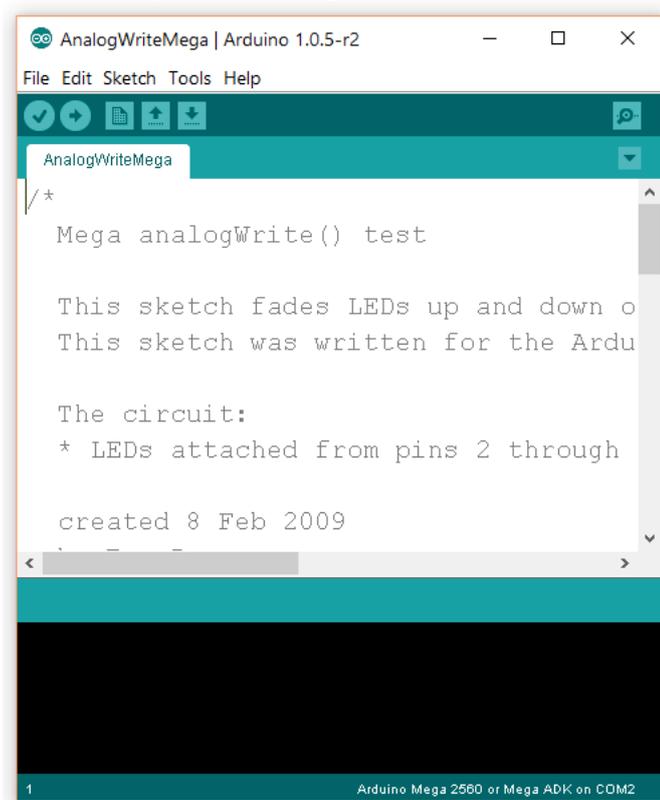
Modelo	Clock	E/S Digital	E/S Analógico	Alimentação	Flash
Arduino Due (ARM)	84MHz	54	12	7-12V	512 KB
Arduino Leonardo	16MHz	20	12	7-12V	32 KB
Arduino Uno	16MHz	14	6	7-12V	32 KB
Arduino Duemilanove	16MHz	14	6	7-12V	32 KB
Arduino Pro	8MHz	14	6	3.3-12V	32 KB
Arduino Mega	16MHz	54	16	7-12V	256 KB
Arduino Mini 05	16MHz	14	6	7-9V	32 KB
Arduino Fio	8MHz	14	8	3.3-12V	32 KB
LilyPad Arduino	8MHz	14	6	2.7-5.5V	32 KB

Fonte: Adaptado de: Bentes (2013).

Como pode-se observar na Tabela 2, com a variação dos microcontroladores utilizados, obtém-se uma plataforma muito versátil em relação à quantidade de portas de E/S e memória para a gravação dos algoritmos.

A plataforma Arduino possui Interface de Desenvolvimento – IDE multiplataforma, tal qual representado na Figura 6, isto é, há a possibilidade de utilizar a IDE com sistemas operacionais distintos, como, *Windows*, *Linux* e *Mac OS*. Esta característica facilita o desenvolvimento dos algoritmos, podendo ser escritos, alterados e enviados ao Arduino de qualquer sistema operacional suportado.

Figura 6 - IDE da plataforma Arduino.



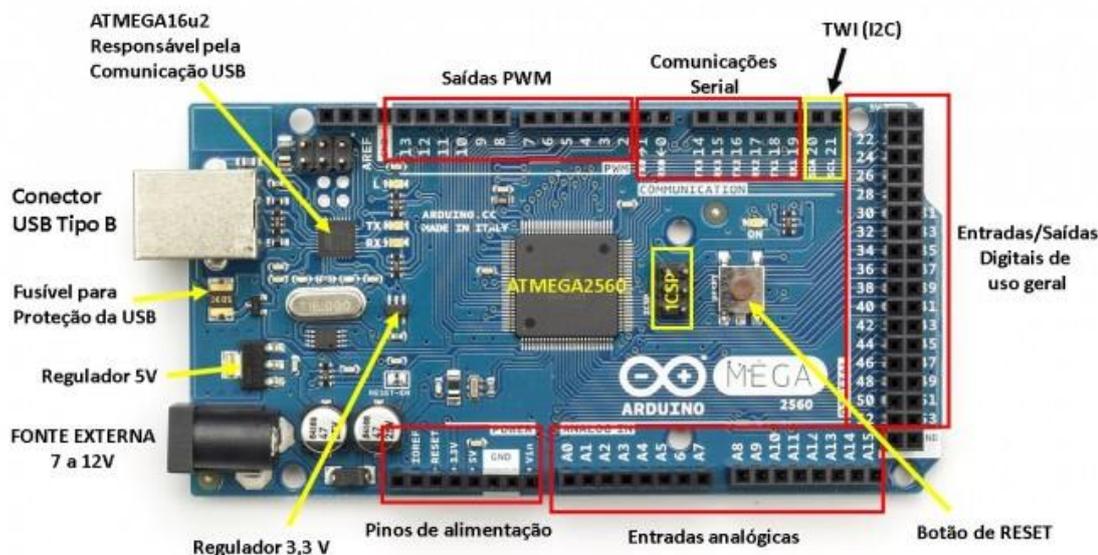
Fonte: Próprio autor.

Esta seção apresentou a plataforma Arduino como um todo, e na subseção a seguir são mostradas as características da placa Arduino MEGA 2560, dispositivo adotado do desenvolvimento do sistema.

2.3.1 Arduino MEGA 2560

A placa Arduino MEGA 2560, tal como mostrado na Figura 7, é uma placa da plataforma Arduino que possui recursos para prototipagem de projetos elaborados. Baseada no microcontrolador ATMega2560, possui 54 pinos de entradas e saídas digitais onde 15 destes podem ser utilizados como saídas PWM (modulação por largura de pulso). Possui também 16 entradas analógicas e 4 portas de comunicação serial. Além da quantidade de pinos, o Arduino MEGA 2560 conta com maior quantidade de memória que Arduino UNO, sendo uma ótima opção para projetos que necessitem de muitos pinos de entradas e saídas além de memória de programa com maior capacidade.

Figura 7 - Arduino MEGA 2560 e seus componentes.



Fonte: Souza, 2014.

Apresentado os conceitos referentes à plataforma Arduino, passa-se agora aos principais conceitos que envolvem sistemas automotivos, tal qual externado na próxima seção.

2.4 Sistemas Automotivos

A indústria automotiva hoje é o sexto maior segmento econômico do mundo, produzindo cerca de 70 milhões de carros por ano e fazendo importante contribuição de impostos para governos ao redor do mundo. Assim como outros tipos de indústrias, o segmento automotivo tem obtido melhoramentos em funcionalidades como performance, conforto, segurança, entre outros, graças a eletrônica e softwares embarcados no veículo. A partir da década de 1990, o setor de eletrônica e *software* embarcado tem crescido a uma taxa anual de 10%. Em 2006, o custo do sistema eletrônico embarcado no veículo representava pelo menos 25% do seu custo total e chegava a 35% em veículos de alto padrão. Hoje, um veículo chega a ter mais de 500MB de *software* embarcado, distribuídos em mais de setenta microprocessadores conectados por meio de uma rede veicular (DOS ANJOS, 2011).

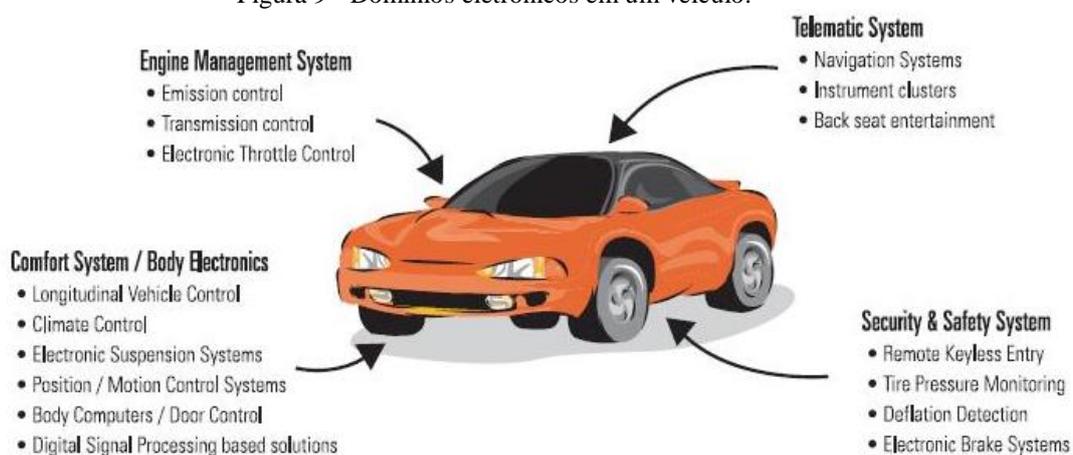
A eletrônica ao longo do tempo teve avanços consideráveis e nos dias de hoje a qualidade dos equipamentos eletrônicos disponíveis – tanto em performance, quanto em robustez e confiabilidade – permite que eles sejam utilizados em sistemas cada vez mais críticos. Ao mesmo tempo, o custo desses equipamentos eletrônicos tem permitido que eles

2.4.1 Domínios funcionais de um veículo

As fabricantes de automóveis distinguiram alguns domínios para a aplicação de sistemas embarcados em um automóvel, apesar que em algumas vezes é difícil determinar se determinada função é pertencente a somente um domínio. De acordo com Simonot-Lion e Trinquet (2009), um domínio funcional é definido como uma esfera de conhecimento, influência e atividade no qual um ou mais sistemas são designados para lidar. O termo domínio pode ser usado também para se agrupar sistemas mecânicos e eletrônicos.

Historicamente, quatro domínios funcionais são definidos: *powertrain* também conhecido como *engine management* (sistema de propulsão), chassi ou *security safety system*, *body* ou *comfort* (carroceria e ambientes internos do veículo) e telemática, mostrados na Figura 9. O domínio *powertrain* é relacionado a propulsão longitudinal do veículo, incluindo o motor, sistema de transmissão, câmbio, algumas vezes o diferencial e todos os componentes subordinados. O domínio do chassi se refere as quatro rodas e suas posições relativas e movimentos. Os sistemas relacionados a esse domínio são o de direção e do de freios. Já o domínio *body* inclui todas as entidades que não estão relacionadas à dinâmica do veículo, sendo aquelas que auxiliam os usuários do veículo, tais como *airbags*, limpador de para-brisa, vidros e travas elétricas, ar-condicionado, reguladores de assento, entre outros. Por fim, o domínio da telemática é relacionado aos componentes que propiciam a comunicação do veículo com o mundo externos, como por exemplo, sistemas de rádio, sistemas de navegação, acesso à internet, entre outros (SIMONOT-LION; TRINQUET, 2009).

Figura 9 - Domínios eletrônicos em um veículo.



Fonte: INFOSYS. Automotive Embedded Systems Service. 2011.

Esta seção apresentou de forma sucinta os principais conceitos que envolvem sistemas automotivos, bem como conceitos importantes utilizados no desenvolvimento deste trabalho. Na próxima seção, é apresentado os conceitos de estatística descritiva que foram empregados no algoritmo embarcado no modelo proposto.

2.5 Estatística Descritiva

A estatística descritiva é o ramo da estatística cujo objetivo básico é o de sintetizar uma série de valores de mesma natureza, permitindo assim que se tenha uma visão global da variação desses valores e organiza e descreve os dados de três maneiras: por meio de tabelas, de gráficos e de medidas descritivas (GUEDES; MARTINS, 2015). Dentre essas medidas que descrevem um conjunto de dados as mais utilizadas são:

- **Média aritmética simples:** é a soma de todos os valores observados da variável dividida pelo número total de observações. Sob uma visão geométrica a média de uma distribuição é o centro de gravidade e representa o ponto de equilíbrio de um conjunto de dados. É a medida de tendência central mais utilizada para representar a massa de dados (FARIAS, 2013).
- **Desvio padrão:** é a medida mais comum da dispersão estatística. Ele mostra a quantidade de variação existente em relação à média (ou valor esperado). Um baixo desvio padrão indica que os dados tendem a estar próximos da média; um desvio padrão alto indica que os dados estão espalhados por uma gama de valores (FARIAS, 2013).
- **Coefficiente de Variação:** O coeficiente de variação é usado para analisar a dispersão em termos relativos a seu valor médio quando duas ou mais séries de valores apresentam unidades de medida diferentes. Sendo assim, pode-se dizer que o coeficiente de variação é uma maneira de expressar a variabilidade dos dados excluindo a influência da ordem de grandeza da variável. É importante ressaltar que quanto mais próximo de zero está a média de uma determinada amostra, menos representativo será o coeficiente de variação, sendo neste caso recomendado o uso do desvio padrão (FARIAS, 2013).

Apresentado os conceitos que serviram como base no desenvolvimento do sistema que foi proposto pelo presente trabalho de conclusão de curso, o próximo capítulo apresenta a metodologia de desenvolvimento que foi adotada para a implementação do mesmo.

3 DESENVOLVIMENTO DO MODELO PROPOSTO

Esse capítulo tem como objetivo apresentar os passos adotados no desenvolvimento do sistema proposto, tal qual os cenários estudados a fim de se suprir a carência de dados reais disponíveis, a análise estatística desses cenários no *software* R (THE R PROJECT, 2016), passando pela escolha das variáveis que compõe o sistema, os métodos estatísticos que foram empregados, também pela interface gráfica computacional desenvolvida, a simulação computacional do modelo e por fim implementação física do modelo na plataforma Arduino.

3.1 Cenários estudados

A carência de dados e estudos disponíveis relacionados aos padrões de variáveis do veículo em diferentes tipos de ambientes (urbano e rodovias) fez com que se definisse para estudo neste trabalho trechos de diferentes tipos de rodovias a fim de se inferir dados como, de velocidade média, ângulo de volante e rotações por minuto do motor, necessários para se realizar a atividade proposta.

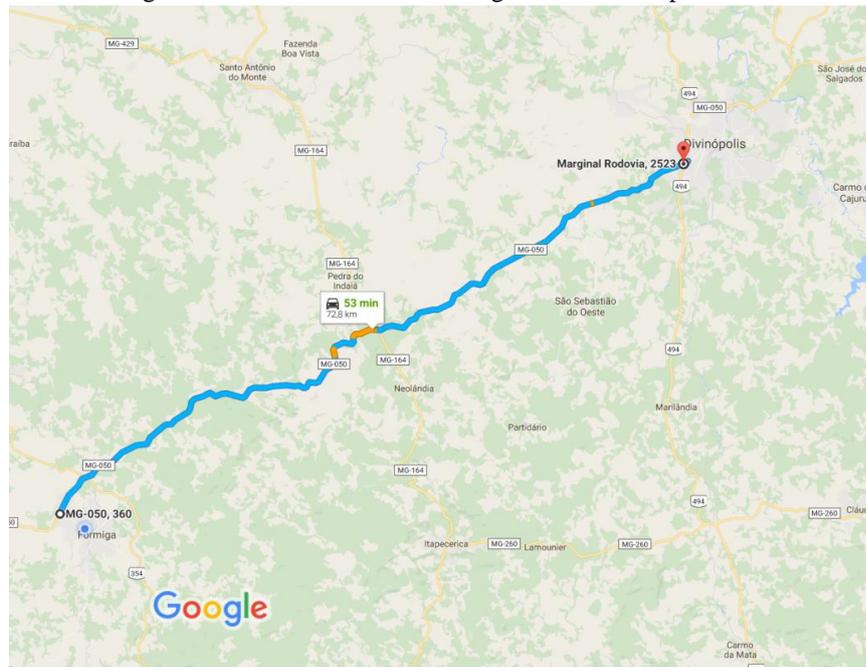
Os dados foram extraídos de informações provenientes do Google *Maps*, que fornece algumas informações sobre os trechos analisados tais como, tempo de viagem esperado e distância entre os locais. Os três cenários estudados são apresentados e descritos resumidamente a seguir.

3.1.1 Trecho viário 1: Formiga – MG à Divinópolis – MG

Trecho localizado na região do centro-oeste de Minas Gerais, pertencente à rodovia MG-050, que liga a região metropolitana de Belo Horizonte à região sudoeste do estado, terminando na cidade de São Sebastião do Paraíso. O percurso é caracterizado por ser de pista simples, em trecho acidentado e sinuoso. O trajeto, mostrado na Figura 10, compreendido entre as cidades de Divinópolis e Formiga, tem distância de 72,8 km e tempo médio de viagem de 53 minutos, logo a velocidade média é dada pela Equação 1.

$$V_{med} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{72,8}{53/60} = 82,4 \text{ km/h} \quad (1)$$

Figura 10 - Trecho viário 1: Formiga/MG – Divinópolis/MG.



Dados do mapa ©2016 Google 5 km

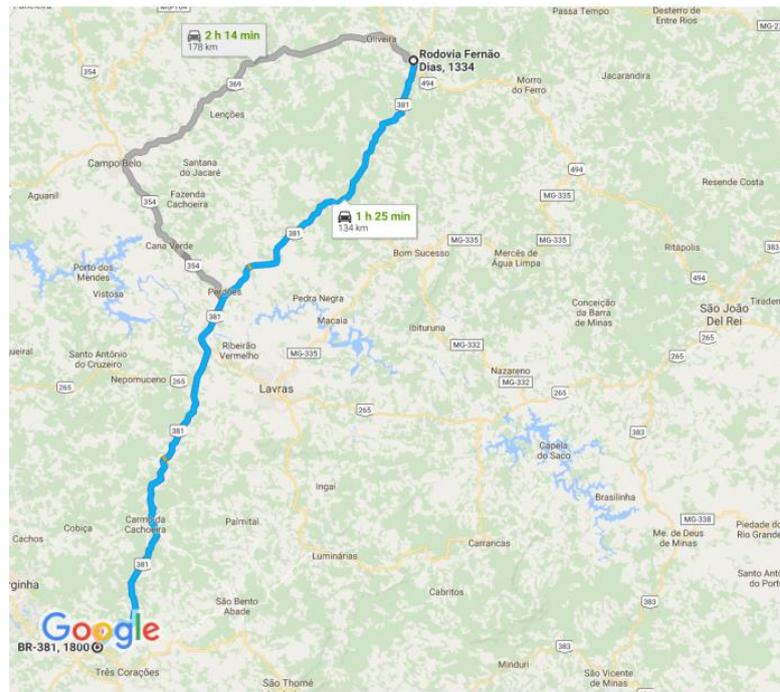
Fonte: Google Maps, 2016.

3.1.2 Trecho viário 2: Trevo de Oliveira – MG ao Trevo de Três Corações – MG

Trecho viário localizado na rodovia federal Fernão Dias, BR-381, que liga Belo Horizonte – MG à São Paulo – SP. Esse percurso é caracterizado por ser de pista duplicada, porém em trecho acidentado e sinuoso. Os dados do Google Maps mostrado na Figura 11, mostram que a distância entre os trevos das cidades de Oliveira e Três Corações, é de 134 km e é realizado por um carro em tempo médio de 1 hora e 25 minutos. Logo a velocidade média é dada pela Equação 2.

$$V_{med} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{134}{1 + 25/60} = 94,6 \text{ km/h} \quad (2)$$

Figura 11 - Trecho viário 2: Oliveira/MG – Três Corações/MG.



Dados do mapa ©2016 Google 10 km

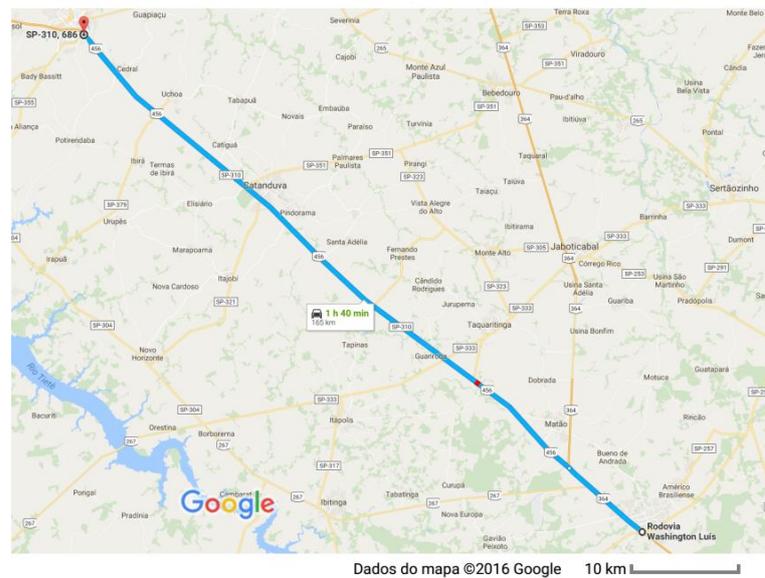
Fonte: Google Maps, 2016.

3.1.2 Trecho viário 3: Araraquara – SP à São José do Rio Preto – SP

Trecho viário analisado é parte da rodovia Washington Luís, SP-310. Trata-se de uma rodovia radial e faz a ligação de São Paulo aos municípios de Rio Claro, São Carlos, Araraquara, Catanduva e São José do Rio Preto, dentre outros. O trecho analisado, entre as cidades de Araraquara e São José do Rio Preto, tem pista duplicada e sem muitas curvas e aclives/declives. De acordo com os dados do Google Maps, o trecho analisado, como mostrado pela Figura 12, tem distância de 165 km e é percorrido em tempo médio de 1 hora e 40 minutos, logo a velocidade média é dada pela Equação 3.

$$V_{med} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{165}{1 + 40/60} = 99 \text{ km/h} \quad (3)$$

Figura 12 - Trecho viário 3: Araraquara/SP – S. J. do Rio Preto/SP.



Fonte: Google Maps, 2016.

Apresentadas as principais características dos cenários estudados, a próxima seção expõe a análise estatística destes cenários no *software* R.

3.2 Análise estatística dos cenários no *software* R

Tal qual citado anteriormente, a carência de dados sobre o comportamento de variáveis do veículo em diferentes tipos de rodovias dificulta o desenvolvimento do trabalho. A fim de se contornar tal situação, e desenvolver o modelo objetivado, algumas análises experimentais empíricas foram realizadas utilizando-se do *software* estatístico gratuito R (THE R PROJECT, 2016). É importante salientar que tanto a escolha de variáveis, como os dados obtidos, são resultados de dados oriundos de observações e na experiência de condutores de automóveis, visto que o objetivo do trabalho é desenvolver um modelo de simulação que futuramente pode ser melhor calibrado com outros dados de entrada reais, bem como a inserção de outras variáveis que possam ser pertinentes ao objetivo de se acionar os faróis em rodovias, e portanto esses dados e variáveis escolhidas tem como o objetivo preencher a lacuna que a falta de dados disponíveis deixa e assim não comprometer o desenvolvimento do modelo. Os cenários analisados são os mesmo que apresentados na seção 3.1 do presente trabalho. Os resultados das simulações, por meio de curvas gaussianas, são apresentados a seguir. O código do R utilizado é encontrado no APÊNDICE A do presente trabalho. Outra decisão importante tomada no desenvolvimento deste modelo é a escolha de quais variáveis disponíveis no barramento do veículo serão utilizadas. Esta análise é explanada na próxima subseção.

3.2.1 Escolha de variáveis

Durante a fase de planejamento do projeto, foram levantadas diversas variáveis presentes no barramento de comunicação da maioria dos automóveis. Em uma análise primária foram selecionadas as seguintes variáveis:

- Velocidade;
- Rotações por minuto do motor;
- Angulação do volante;
- Sensor de luminosidade;
- Marcha;
- Posição do acelerador;

Após testes preliminares concluiu-se que algumas variáveis citadas não eram adequadas para composição do modelo a ser proposto, isto fruto da análise estatística realizada. A primeira a ser descartada foi a posição do acelerador, por muitas vezes o condutor não está pisando no mesmo, por acionar os freios, ou por qualquer outro motivo. Outra variável que não faz parte do sistema desenvolvido é o sensor de marcha, que é proporcional à rotação do motor e à velocidade em que o veículo se encontra, podendo assim ser desconsiderado neste momento. Contudo, para a função gatilho (apresentada posteriormente) essa variável se torna útil, portanto, não é descartada totalmente do sistema.

Já o sensor de luminosidade é um sensor prioritário, isto é, se a luminosidade estiver em níveis abaixo do aceitável, o farol é acionado sem a necessidade de o algoritmo entre em operação, estando em um nível hierárquico acima da circunstância que o modelo proposto apresenta.

Dessa forma as variáveis que definem se o farol deve permanecer aceso, de caráter preliminar são:

- Velocidade;
- Rotações por minuto do motor;
- Angulação do volante.

A fim de se determinar os dados de entrada, visto que não existem dados disponíveis das variáveis citadas, foi necessário se trabalhar com ferramentas disponíveis, tal qual o *Google Maps* e observação do comportamento de um veículo operando em rodovia, onde foi selecionado trechos de rodovias com características distintas e realizada uma análise empírica das características peculiares de cada uma das variáveis citadas. Partindo do pressuposto que

cada uma das três variáveis obedece uma distribuição normal de probabilidade, e, de posse dos valores médios de velocidade (calculado por meio de dados oriundo do Google *Maps*, tal qual apresentado na seção 3.1), rotação do motor (oriundo de observações práticas de condutores) e angulação do volante (onde na rodovia não são feitas mudanças bruscas no trajeto, então assume-se que a média do ângulo é 0°) é possível se estimar por meio de métodos empíricos, qual o desvio padrão, que juntamente com a média pré-estabelecida, que traça a curva normal de cada uma das variáveis mais apropriada para cada um dos trechos. O pior caso para cada um dos desvios padrão de cada variável servirá como parâmetro de entrada do algoritmo.

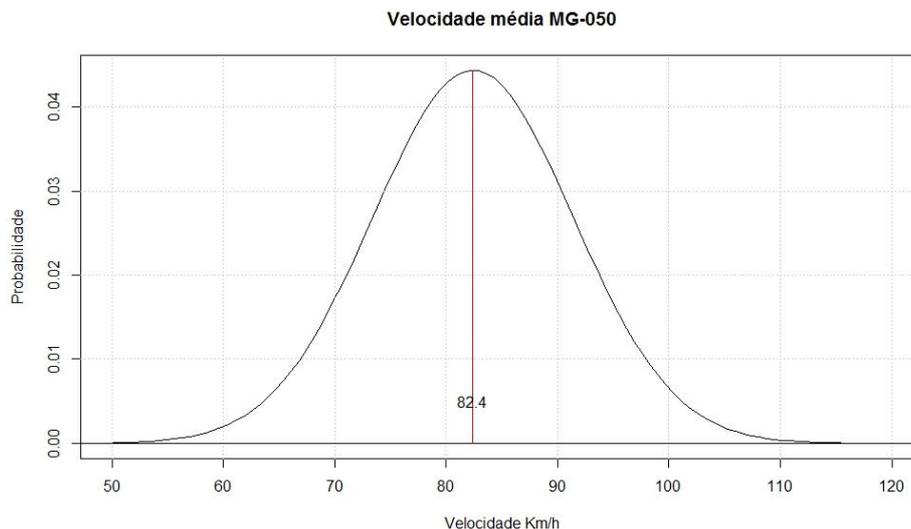
Ciente dessas condições, passa-se agora a análise estatística de cada uma delas nos diferentes cenários estudados, iniciando-se pelo trecho viário 1, tal qual apresentado na próxima subseção.

3.2.2 Análise estatística do trecho viário 1

3.2.2.1 Análise estatística da velocidade no trecho viário 1

Conforme apresentado na seção anterior, o trecho viário que liga as cidades de Formiga/MG à Divinópolis/MG tem como velocidade média 82,4 km/h, sendo esta a média da curva gaussiana para a velocidade do veículo. Ciente de que a rodovia é de pista simples, percurso sinuoso acidentado, pode-se inferir que o desvio padrão da velocidade que molda a dispersão da curva será aproximadamente de 9 km/h. Tal curva é apresentada na Figura 13.

Figura 13 - Curva gaussiana para velocidade no trecho 1.

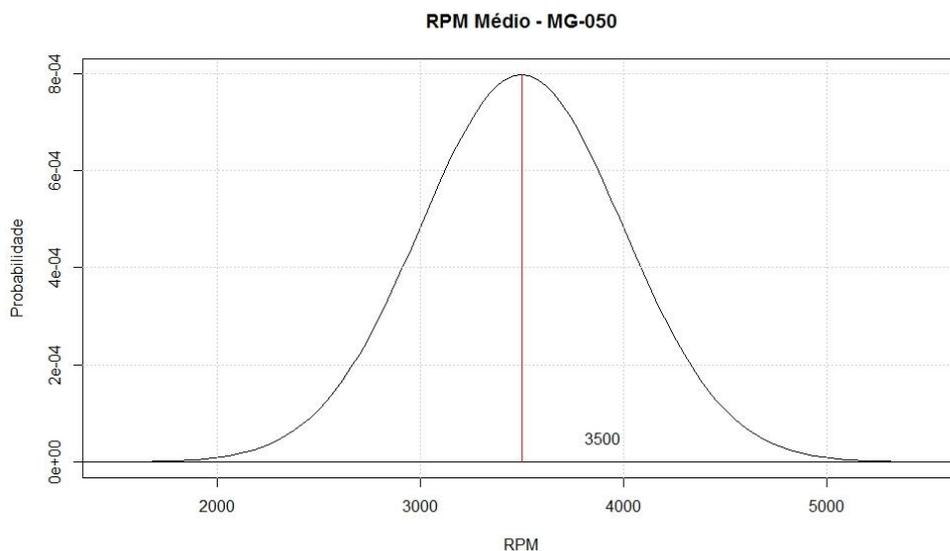


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.2.2 Análise estatística da rotação do motor no trecho viário 1

A análise para a rotação do motor partiu do princípio em que o giro do motor tenha como média 3.500 rpm. Tal número foi obtido por meio de observações práticas em um veículo de motor 1.0. Como o trecho é passivo de ultrapassagens que demandam de um giro maior do motor, inferiu-se que o desvio padrão para o giro do motor para o trecho 1 foi de 500 rpm. Tal análise gerou a curva gaussiana apresentada na Figura 14.

Figura 14 - Curva gaussiana para giro do motor no trecho 1.

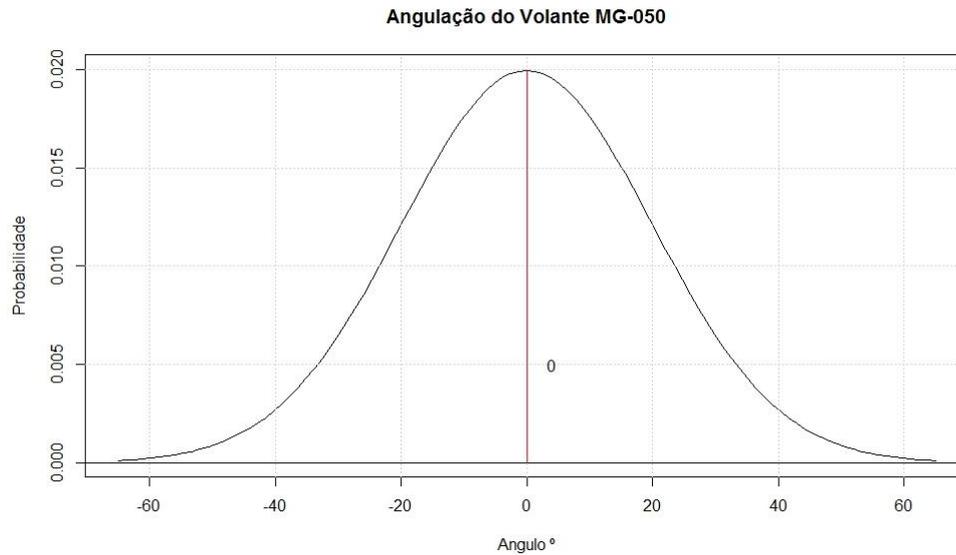


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.2.3 Análise estatística do ângulo do volante no trecho viário 1

O ângulo do volante tem como média em todos os trechos estudados de 0° , pelo fato de que em uma rodovia, por mais sinuosa que seja, o volante esteja reto na maior parte do trajeto. Porém no caso do trecho 1, por se tratar de um trecho sinuoso e passível de ultrapassagens, espera-se que os valores colhidos tenham dispersão maior que em outras rodovias, como no caso das duplicadas. Após análise, inferiu-se que um desvio padrão aceitável para o trecho é de 20° . Tais parâmetros resultaram na curva gaussiana apresentada na Figura 15.

Figura 15 - Curva gaussiana para angulação do volante no trecho 1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

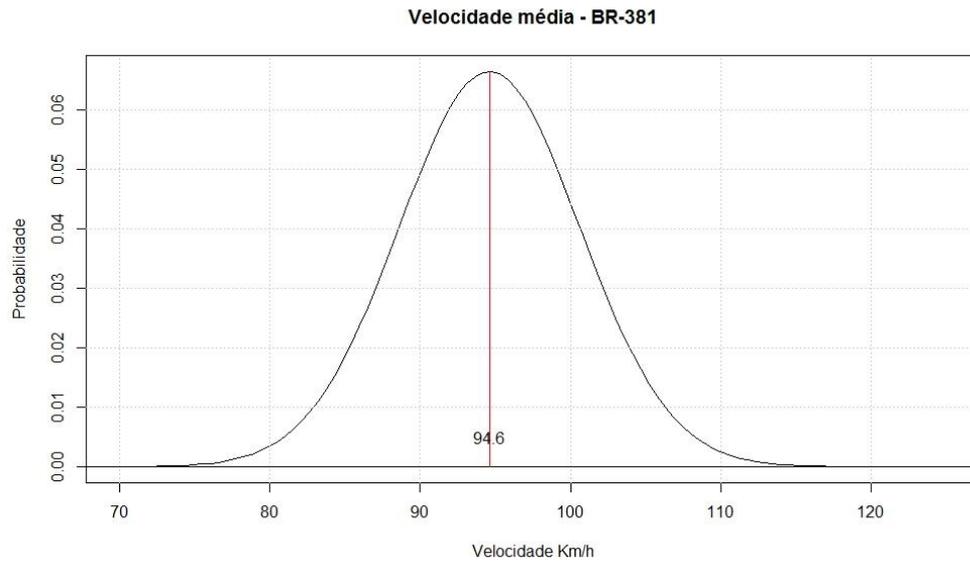
Feita a análise do trecho viário 1, passa-se agora ao estudo estatístico do trecho viário 2, apresentado na próxima subseção.

3.2.3 Análise estatística do trecho viário 2

3.2.3.1 Análise estatística da velocidade no trecho viário 2

O trecho que liga o trevo de Oliveira/MG ao trevo de Três Corações/MG, na rodovia Fernão Dias, tem como velocidade média 94,6 km/h, conforme análise apresentada na seção 3.1.2. Sabe-se que o trajeto tem pista duplicada e, portanto, a variação de velocidade é menor se comparado ao trecho 1. Após análise, pode-se inferir que o desvio padrão para a velocidade do trecho foi de 6 km/h. Tais parâmetros geraram a curva gaussiana apresentada na Figura 16.

Figura 16 - Curva gaussiana para velocidade no trecho 2.

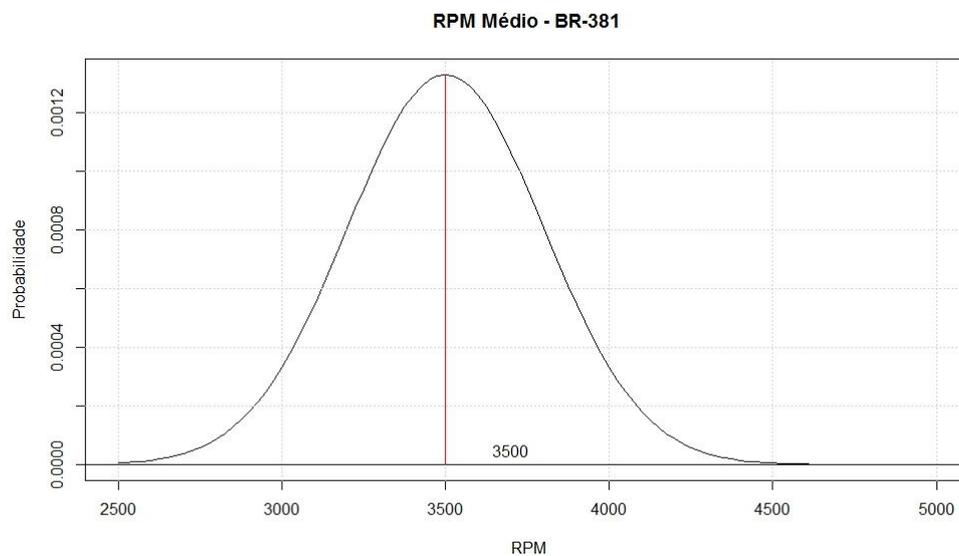


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.3.2 Análise estatística da rotação do motor no trecho viário 2

O trecho estudado da rodovia Fernão Dias tem como média apurada de rotações por minuto do motor também 3500 rpm. Porém, como a rodovia exige menos variações no giro, por não necessitar de aumento repentino no giro do motor com frequência. Com isso o desvio do padrão do giro do motor inferido foi de 300 rpm. Tal curva é apresentada na Figura 17.

Figura 17 - Curva gaussiana para o giro do motor no trecho 2.

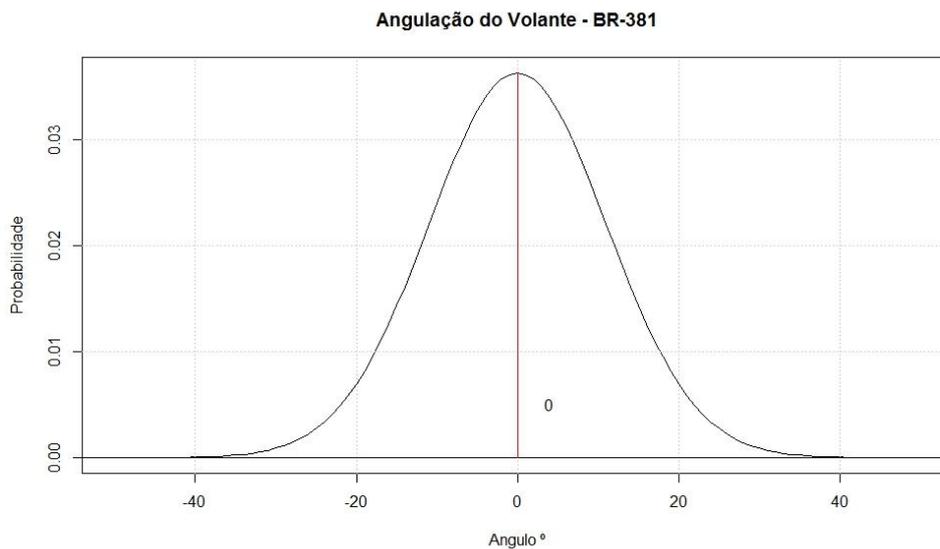


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.3.3 Análise estatística do ângulo do volante no trecho viário 2

O trecho 2 analisado da rodovia Fernão Dias é um trecho que tem, como todos os outros analisados, um ângulo de volante médio de 0° . Apesar de ter um percurso sinuoso e acidentado como o trecho 1, a variação do ângulo do volante é menor se comparado ao trecho 1, pelo fato de ser pista duplicada, e, portanto, com um traçado mais uniforme. A partir dessa informação, inferiu-se um desvio padrão do ângulo do volante de 11° . A curva gaussiana gerada por tais parâmetros é apresentada na Figura 18.

Figura 18 - Curva gaussiana para o ângulo do volante no trecho 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Realizada a análise estatística do trecho viário 2, passa-se agora à análise estatística do trecho viário 3, que é encontrada na próxima subseção.

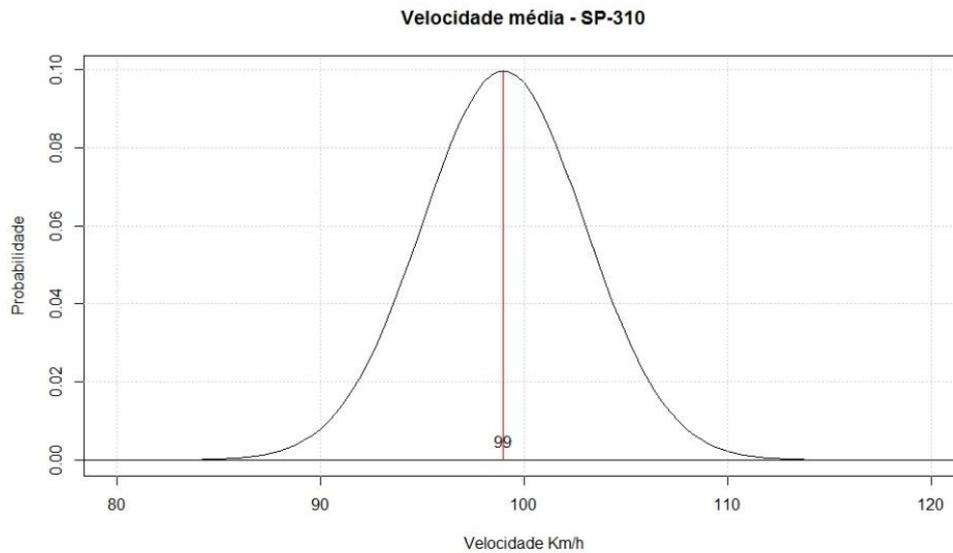
3.2.4 Análise estatística do trecho viário 3

3.2.4.1 Análise estatística da velocidade no trecho viário 3

O trecho que liga o Araraquara/SP à São José do Rio Preto/SP, na rodovia SP-310 (rodovia Washington Luís), tem como velocidade média 99 km/h , conforme análise apresentada na seção 3.1.2. Sabe-se que o trajeto tem pista duplicada e, portanto, a variação de velocidade é menor se comparado ao trecho 1 e por ser menos sinuoso e acidentado, a velocidade sofre

menos variações ao longo do percurso. Após análise, pode-se inferir que o desvio padrão para a velocidade do trecho foi de 4 km/h. Tais parâmetros geraram a curva gaussiana apresentada na Figura 19.

Figura 19 - Curva gaussiana para a velocidade no trecho 3.

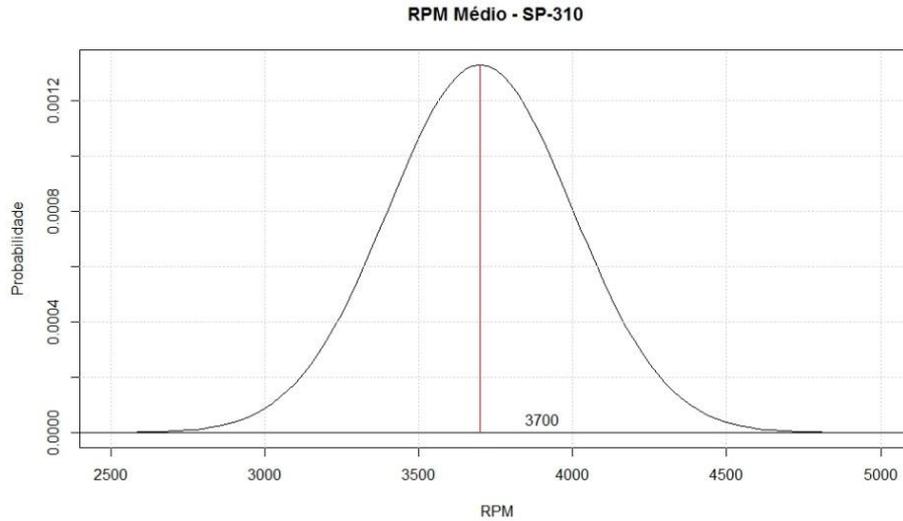


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.4.2 Análise estatística da rotação do motor no trecho viário 3

O trecho estudado da rodovia Washington Luís tem como média apurada de rotações por minuto do motor de também 3500 rpm. Porém exige menos variações no giro, por não necessitar de aumento repentino no giro do motor com frequência. Com isso o desvio do padrão do giro do motor inferido foi de 300 rpm, tal qual no trecho 2. Tal curva é apresentada na Figura 20.

Figura 20 - Curva gaussiana para o giro do motor no trecho 3.

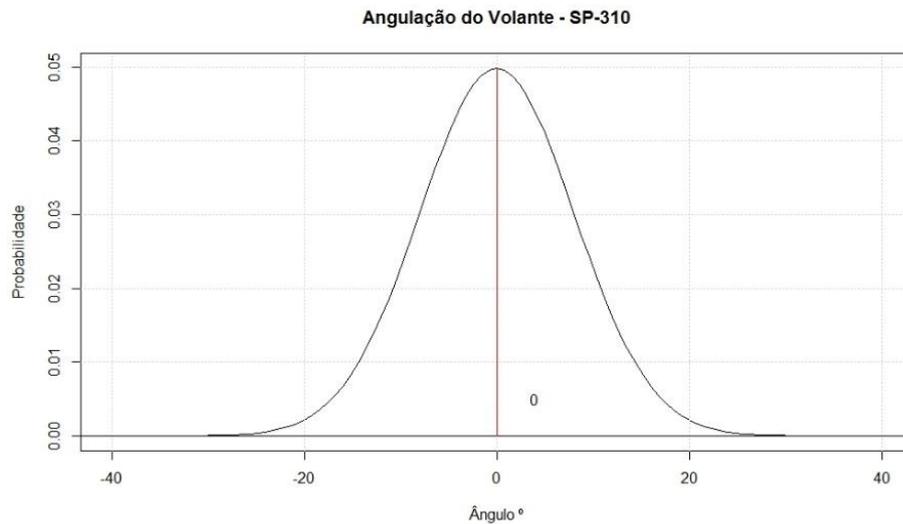


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.4.3 Análise estatística do ângulo do volante no trecho viário 3

O trecho 3 analisado da rodovia Washington Luís, SP-310, é um trecho que tem, como todos os outros analisados, um ângulo de volante médio de 0° . Como não possui um trajeto sinuoso e acidentado, a variação do ângulo do volante é menor se comparado aos outros trechos, pelo fato de ser pista duplicada e sem curvas acentuadas. A partir dessa informação, inferiu-se um desvio padrão do ângulo do volante de 8° . A curva gaussiana gerada por tais parâmetros é apresentada na Figura 21.

Figura 21 - Curva gaussiana para o ângulo do volante no trecho 3.



Fonte: Elaborado pelo autor.

É importante salientar que a análise apresentada nesta seção é utilizada para se desenvolver a base do modelo e são passíveis de alterações de acordo com a disponibilidade de dados oriundos de *logs* de veículos. Realizada a análise estatística de todos os cenários no *software* R, inicia-se agora apresentação do estudo dos métodos estatísticos que foram empregados no algoritmo. Este estudo é apresentado na próxima seção do presente texto.

3.3 Métodos estatísticos aplicados no algoritmo

Um dos grandes desafios no desenvolvimento do trabalho foi a ausência de dados reais das variáveis do veículo para assim aplicá-las ao algoritmo elaborado e avaliá-lo em diferentes situações de operação. Ciente disso, partiu-se do princípio de que o veículo em uma rodovia não sofre variações bruscas em nenhuma das variáveis analisadas. Mesmo em pista simples e com trajeto sinuoso e acidentado, as variações são suaves em condições de operação normais.

O que se observa na cidade é uma situação oposta, visto que por muitas vezes o veículo para em cruzamentos, semáforos e travessia de pedestres, o que faz com que a velocidade oscile de um certo patamar a zero em diversas ocasiões, que conseqüentemente faz com que o desvio padrão da velocidade analisado em uma amostragem de tempo seja superior se comparado ao de uma rodovia. Outro fator que contribui para a diferenciação entre as duas situações é o ângulo do volante, em que diversas conversões de 90° ou mais são realizadas e em seguida retornam à posição zero. O giro do motor é outra variável que sofre considerável variação na cidade, visto que a cada parada, o condutor sai da primeira marcha, evolui o câmbio para marchas mais altas. A cada vez que essa comutação acontece, ocorre uma variação considerável nos níveis de giro do motor, o que não ocorre na estrada, onde raramente o veículo não opera na marcha mais alta, ou em próximas a esta.

Partindo desta hipótese, o coeficiente de variação do vetor de leituras dessas três variáveis do veículo (velocidade, giro do motor e angulação do volante) se torna uma ferramenta importante na identificação e manutenção da condição de rodovia do sistema. De posse dos dados inferidos no item anterior do presente trabalho temos os dados de média e desvio padrão das três variáveis analisadas em cada trecho apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros obtidos nos cenários estudados.

Variável	Trecho 1		Trecho 2		Trecho 3	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Velocidade (km/h)	72,8	9	94,6	6	99	4
RPM	3500	500	3500	300	3500	300
Ângulo do volante (°)	0	20	0	11	0	8

Fonte: Elaborado pelo autor.

É importante ressaltar mais uma vez que esses dados são frutos de observações, uma vez que não existem dados disponíveis na literatura e o objetivo do trabalho é um sistema genérico que poderá ser calibrado futuramente por dados reais, assim este trabalho tem por objetivo a apresentação do modelo simplificado a ser aplicado.

Com isso, tem-se que na pior hipótese de desvio padrão (DP) (trecho 1) e, por conseguinte, o pior caso do coeficiente de variação. O coeficiente de variação (CV) é usado para analisar a dispersão em termos relativos a seu valor médio quando duas ou mais séries de valores apresentam unidades de medida diferentes. Dessa forma, pode-se dizer que o coeficiente de variação é uma forma de expressar a variabilidade dos dados excluindo a influência da ordem de grandeza da variável, fornecendo medidas de quão heterogêneo são os dados analisados. É importante ressaltar que quanto mais próximo de zero estão os valores, menos representativo é o valor do coeficiente de variação. Por esta razão a medida de dispersão utilizada para mensurar a variabilidade do ângulo do volante é seu desvio padrão. A Tabela 4 apresenta os valores do coeficiente de variação que servirão de parâmetros para calibrar o algoritmo a ser implementado.

Tabela 4 - Coeficiente de Variação dos trechos analisados.

Variável	Trecho 1	Trecho 2	Trecho 3
	Coeficiente de Variação	Coeficiente de Variação	Coeficiente de Variação
Velocidade (km/h)	12,36%	6,34%	4,04%
RPM	14,28%	8,57%	8,57%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os métodos estatísticos apresentados nesta seção foram ferramentas importantes no desenvolvimento na lógica de acionamento e manutenção da condição de farol aceso. A explanação de como esta lógica opera é apresentado na seção seguinte.

3.4 Lógica de acionamento e manutenção da condição de farol aceso

No momento em que o veículo entra em uma rodovia é necessário que a ação de acionar o farol seja feita de maneira rápida. Para tal, foi elaborada a chamada condição gatilho. Sabe-se que o veículo quando entra em uma rodovia, acelera de tal modo a alcançar a velocidade nominal da pista. Até chegar a velocidade desejada, o veículo é acelerado, alcançando um giro relativamente alto. Também, espera-se de que não aconteça variações bruscas da direção do veículo, logo a angulação do volante também não varia bruscamente. Outro ponto observado nessa situação é a progressão de marchas que é feita, saindo de marchas mais baixas até as marchas altas em um curto espaço de tempo. Partindo das hipóteses mencionadas, a Tabela 5 apresenta os valores de gatilho das variáveis monitoradas em tempo real que acionarão o farol de forma automática.

Tabela 5 - Parâmetros de gatilho para acionamento do farol.

Velocidade	Rotação do motor	Ângulo do volante	Marcha
>65km/h	>3500 rpm	Entre -15° e 15°	≥ 4ª

Fonte: Elaborado pelo autor.

Depois que o farol esteja aceso, por meio das condições mencionadas acima, são feitas análises estatísticas das variáveis do veículo de tal modo a preservar ou não a condição de farol aceso. A cada 500 ms é feita uma leitura de cada uma das três variáveis (velocidade, giro do motor e angulação do volante) durante um minuto, totalizando assim 120 leituras. Então é realizada análise estatística desse conjunto de medidas de forma a calcular o coeficiente de variação de cada uma das variáveis. Se todos os valores estiverem com variações não condizentes com uma situação de rodovia, o algoritmo estabelece uma situação de alerta.

Se por quatro vezes seguidas essa situação de alerta é estabelecida, então o sistema emite um alerta ao usuário, comunicando que o farol será desligado a menos que o usuário confirme que ainda deseje que o farol seja mantido acionado. Os valores das medidas em que a situação de alerta é estabelecida, são os valores de coeficiente de variação do trecho 1, pior caso em relação à dispersão de medidas, arredondados para cima, tal como mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores de coeficiente de variação em que a situação de alerta é estabelecida.

Velocidade (CV)	Rotação do motor (CV)	Ângulo do volante (DP)
>13%	>15%	>20°

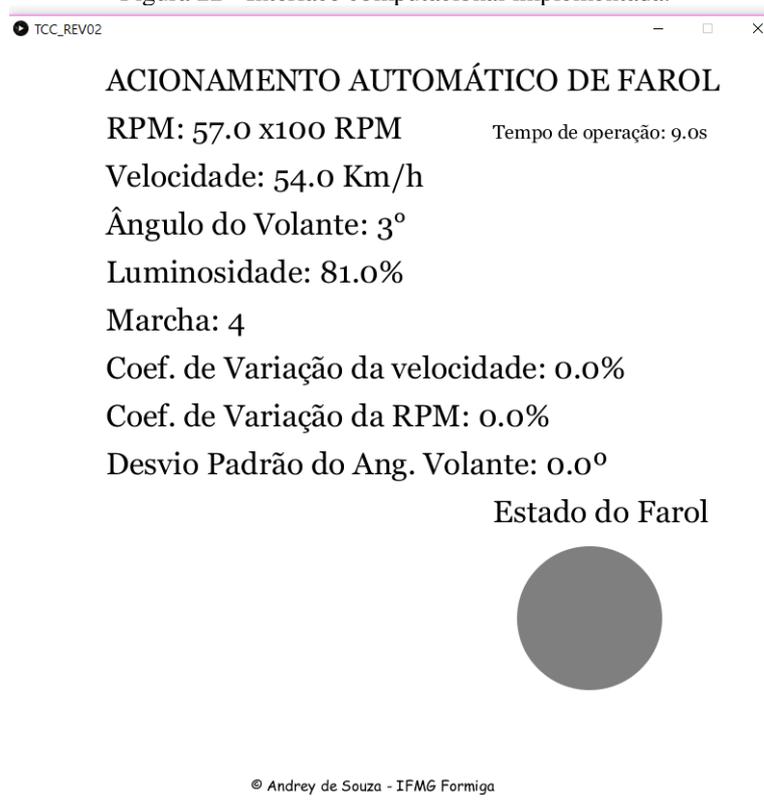
Fonte: Elaborado pelo autor.

Explanada a forma em que o algoritmo opera, é apresentada na próxima seção uma interface gráfica computacional, sendo a mesma uma importante ferramenta para análise do sistema.

3.5 Interface Gráfica Computacional

Uma ferramenta importante no desenvolvimento do trabalho é a interface computacional desenvolvida na linguagem *Processing*. *Processing* é um ambiente e uma linguagem de programação *open-source* para pessoas que querem criar imagens, animações e interações. Inicialmente desenvolvida para servir como livro de esboços (*sketchbook*) e para ensinar fundamentos de programação de computadores em um contexto visual, *Processing* pode vir a ser também uma ferramenta para criar trabalhos profissionais (FRIZZARIN, 2013). Esta interface tem o intuito de monitorar em tempo real as variáveis simuladas, bem como o estado do farol e os valores calculados de coeficiente de variação, em caso do mesmo estar acionado em condições de operação em rodovia. A interface gráfica implementada é mostrada na Figura 22.

Figura 22 - Interface computacional implementada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o desenvolvimento da interface gráfica computacional completo, passa-se então à fase de implementação e simulação do algoritmo desenvolvido, o qual é apresentado na próxima seção.

3.6 Implementação e simulação do algoritmo

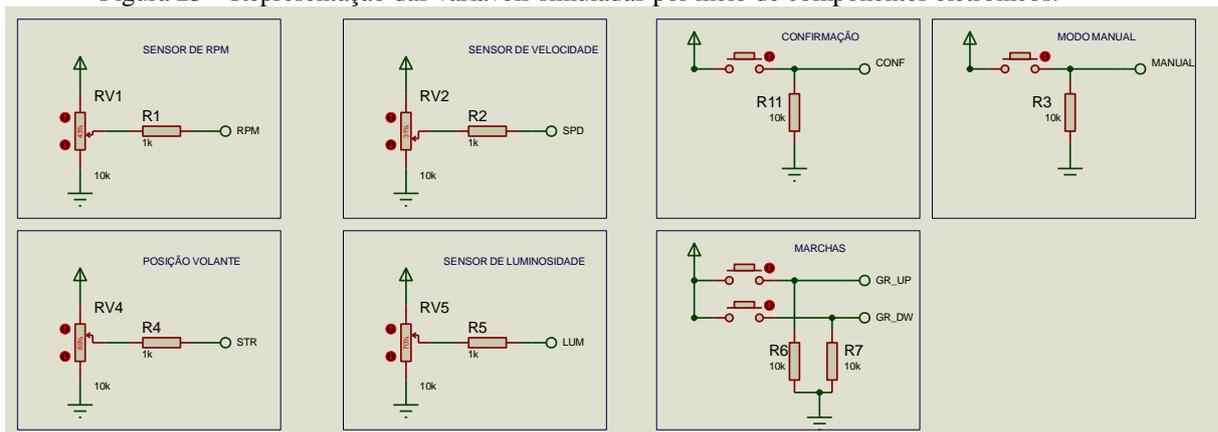
Simulação de sistemas embarcados é uma ferramenta interessante no desenvolvimento de sistemas para finalidades diversas por economizar tempo na implementação e reduzir custos para produção de protótipos. A seguir é apresentado a forma que o algoritmo proposto neste trabalho foi implementado e simulado.

3.6.1 Implementação do modelo no Proteus

O algoritmo foi implementado na plataforma Arduino e previamente simulado utilizando o *software* de desenvolvimento eletrônico Proteus Módulo ISIS. A simulação prévia permite que o desenvolvimento do sistema seja validado antes da montagem física do mesmo.

No *software* de desenvolvimento Proteus, foi utilizada a biblioteca de simulação de Arduino Simulino (BLOG EMBARCADO, 2013), que permite que placas Arduino sejam simuladas no ambiente do Proteus. Os sensores das variáveis utilizadas no algoritmo são representados por meio de potenciômetros no caso de variáveis contínuas (velocidade, giro do motor, angulação do volante e luminosidade) e no caso das discretas são utilizados *push buttons* na configuração *pull-down* (para a representação do câmbio, confirmação de ação e farol operando em modo manual). A representação no Proteus desses componentes é mostrada na Figura 23.

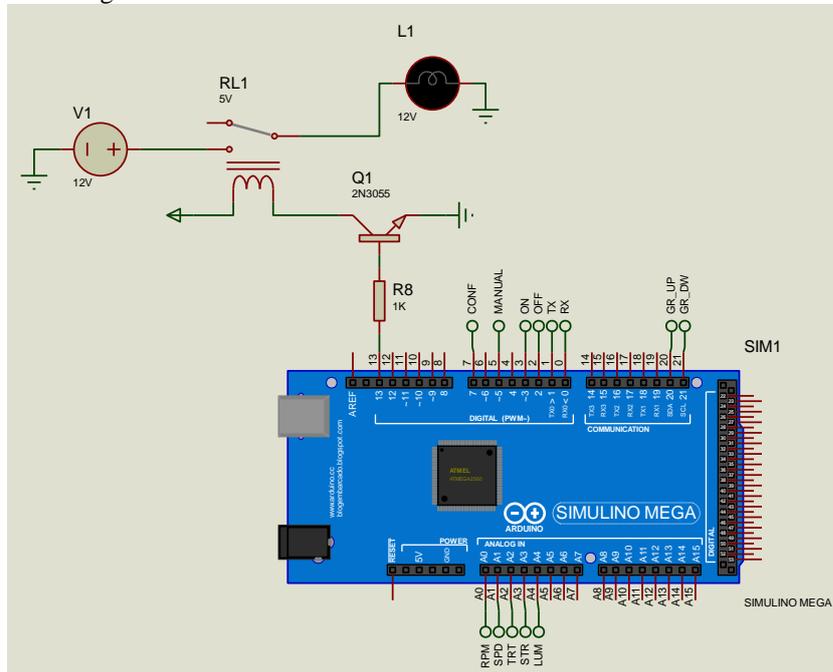
Figura 23 – Representação das variáveis simuladas por meio de componentes eletrônicos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A interface do sistema embarcado com o farol é feita por meio de um relé que aciona o farol se a porta do Arduino responsável estiver em nível lógico alto. A amplificação do sinal é feita por um transistor PNP. Essa configuração, bem como o módulo de simulação Simulino são mostrados na Figura 24.

Figura 24 - Módulo Simulino e sistema de acionamento do farol.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A interface desenvolvida para o monitoramento e acompanhamento do sistema exige que a comunicação serial do Arduino esteja disponível para que a transferência de dados seja feita. Na simulação do sistema em ambiente Proteus, foi necessária a criação de uma porta serial virtual, por meio de um emulador e também de um componente de interface serial dentro do próprio Proteus, para que o sistema proposto fosse simulado com êxito.

3.6.2 Implementação do algoritmo

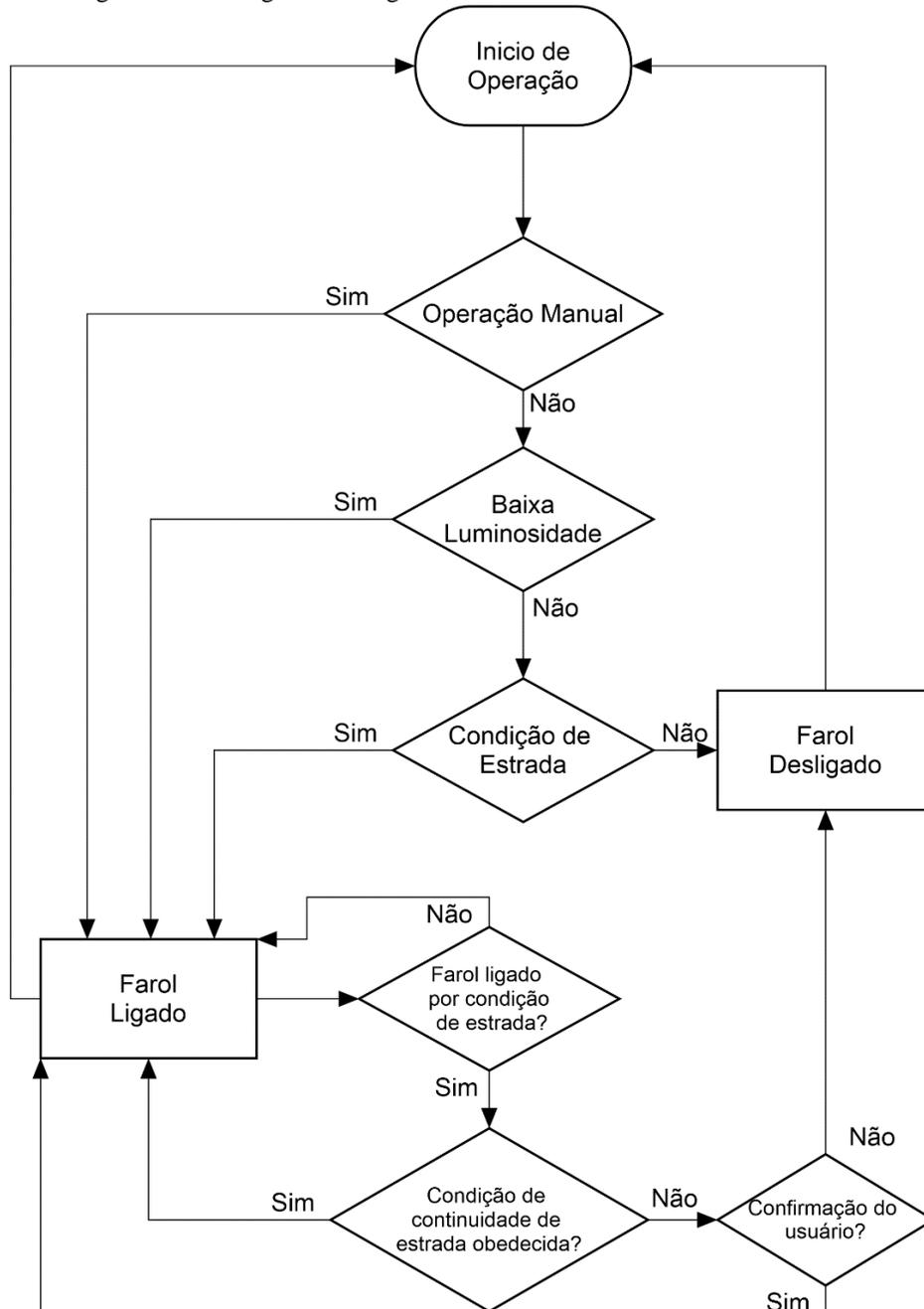
Para a implementação do algoritmo foi necessária uma análise minuciosa de todas as possibilidades, limitações e ações prioritárias que o sistema deve analisar. Para tal, um sistema hierárquico de prioridades foi elaborado, conforme descrito a seguir:

1. Farol em operação manual: se o usuário decidir acionar o farol de modo manual a qualquer momento o dispositivo deve ser acionado sem que qualquer outra medida de acionamento automático seja tomada até que o mesmo seja desligado.

2. Farol em operação em baixa luminosidade: se o sensor de luminosidade detectar nível de luminosidade abaixo do aceitável, o farol deve ser acionado sem que o sistema de detecção de estrada entre em operação. Se os níveis de luminosidade estiverem em níveis normais o dispositivo deve ser desligado e o sistema de detecção de estrada entra em operação imediata.

3. Farol em operação em rodovia: se as leituras de variáveis apontarem que o veículo opera em rodovia o farol é acionado e o sistema passa a trabalhar com as condições citadas na seção 3.4. O fluxograma do algoritmo implementado é mostrado na Figura 25.

Figura 25 - Fluxograma do algoritmo de acionamento de faróis automático.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tendo passado a fase de implementação do algoritmo, é apresentado na próxima subseção a simulação do algoritmo desenvolvido no *software* Proteus módulo ISIS.

3.6.3 Simulação do algoritmo

O *software* Proteus módulo ISIS possui a interessante função de simulação de circuitos eletrônicos e microcontrolados que permite a análise prévia desses tipos de sistemas. O algoritmo elaborado na plataforma Arduino quando compilado gera um arquivo de extensão *.hex* que pode ser carregado pelo módulo Simulino no Proteus e simulado para a realização de testes com o intuito de se corrigir possíveis *bugs* e aprimorar o desempenho do sistema. O modelo desenvolvido foi simulado, testado e pré-validado antes de sua implementação física. Esta implementação física do modelo proposto é apresentada na próxima seção do presente trabalho.

3.7 Montagem do modelo

A implementação física do modelo de simulação das variáveis do veículo foi realizada utilizando os componentes apresentados na Tabela 7, onde complementarmente é apresentado o custo estimado dos mesmos.

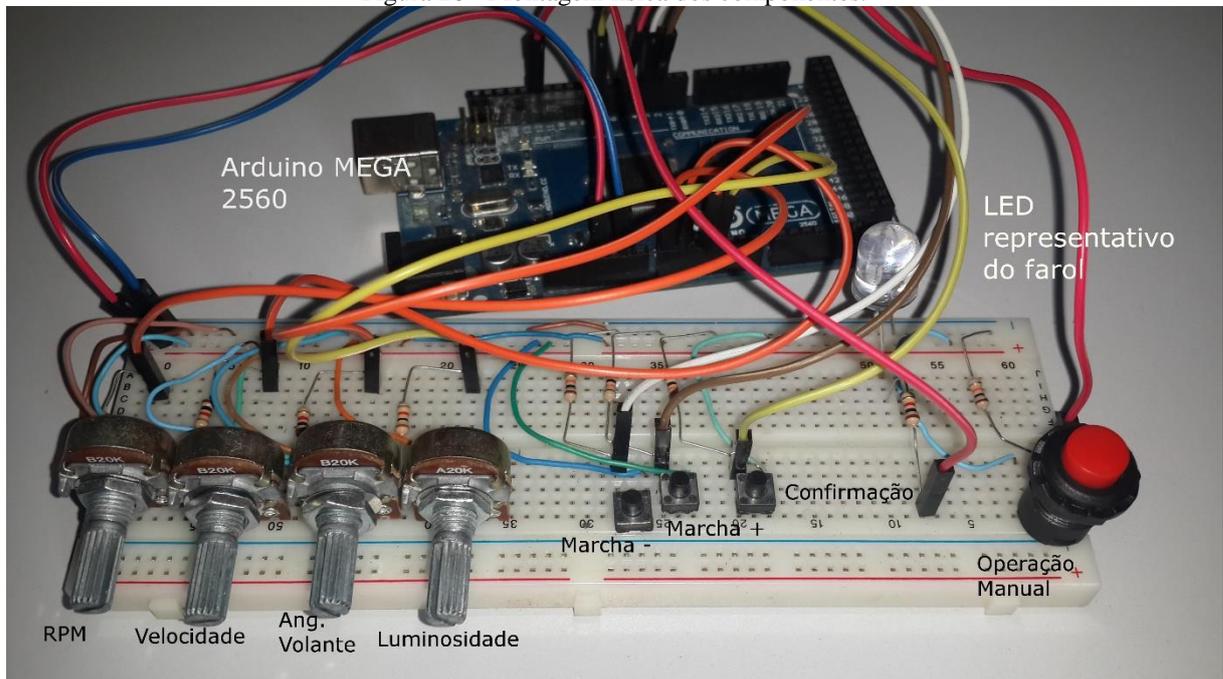
Tabela 7 - Lista de componentes utilizados e seus respectivos custos.

Descrição	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Potenciômetro linear de 20K Ω	4	1,20	4,80
<i>Push buttons</i>	3	0,29	0,87
<i>Push button</i> com trava	1	0,90	0,90
Resistor de 1K Ω	4	0,19	0,76
Resistor de 10K Ω	5	0,19	0,95
LED	1	0,19	0,19
Arduino Mega 2560	1	79,90	79,90
Conectores	1 pacote	12,00	12,00
<i>Protoboard</i>	1	15,00	15,00
		Total	115,37

Fonte: Loja Flípeflop. Disponível em: <http://www.filipeflop.com>. (Acesso em: 27 set. 2016).

É válido destacar que o modelo implementado é fiel ao simulado no Proteus. Tal modelo físico é mostrado na Figura 26.

Figura 26 - Montagem física dos componentes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conclui-se assim a fase de desenvolvimento do modelo para acionamento automático de acendimento de faróis automotivos em rodovias. No próximo capítulo são apresentados os testes que foram realizados, simulando-se diversas possibilidades e que validam o modelo proposto.

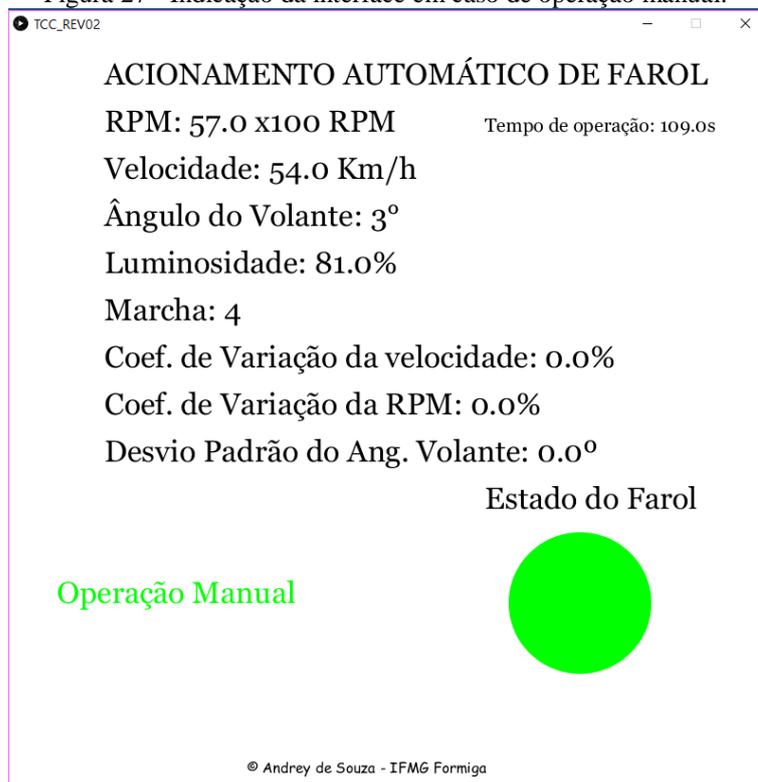
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o sistema de simulação de variáveis do veículo devidamente montado, foi possível a realização de diversos testes com o objetivo de avaliar o desempenho do modelo de sistema automático de acionamento de faróis em rodovias. O sistema em si pode ser caracterizado por duas partes: o protótipo de simulação desenvolvido em Arduino e a interface gráfica computacional desenvolvida na linguagem *Processing*. Alguns cenários foram analisados e cada um deles é detalhado a seguir.

4.1 Condição de operação manual

Essa condição se trata de quando o condutor deseja o acionamento do farol independente das condições das variáveis tratadas. Quando a entrada digital que corresponde à operação manual estiver em nível lógico alto, o farol é acionado e assim permanece independentemente de outras condições. Quando essa mesma entrada estiver em nível lógico baixo, o sistema de detecção de rodovia entra em operação novamente. A interface gráfica emite um alerta de operação manual e indica que o farol está aceso, como mostrado na Figura 27.

Figura 27 - Indicação da interface em caso de operação manual.

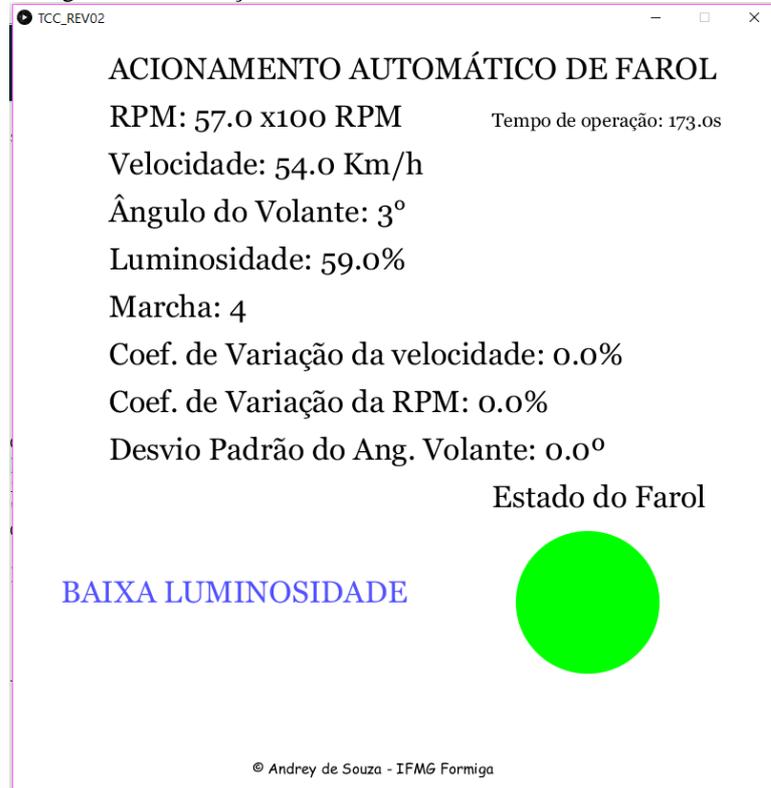


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 Condição de operação em baixa luminosidade

Outra condição em que o farol deve ser acionado independente se o veículo opera em rodovia ou não, está relacionada com a luminosidade do ambiente em que o veículo se encontra. Muitos veículos saem de fábrica hoje com o chamado sensor crepuscular, que aciona o farol em condições nas quais a visibilidade é comprometida, seja por operação noturna ou passagem por um túnel, por exemplo. No sistema proposto, se a luminosidade estiver a 70% da condição ideal o farol é acionado e outras condições não serão tratadas enquanto as condições de luminosidade não estiverem acima do limiar. A interface gráfica emite um alerta de baixa luminosidade e indica que o farol está aceso, como mostrado na Figura 28.

Figura 28 - Indicação da interface em caso de baixa luminosidade.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Condição de operação em rodovia

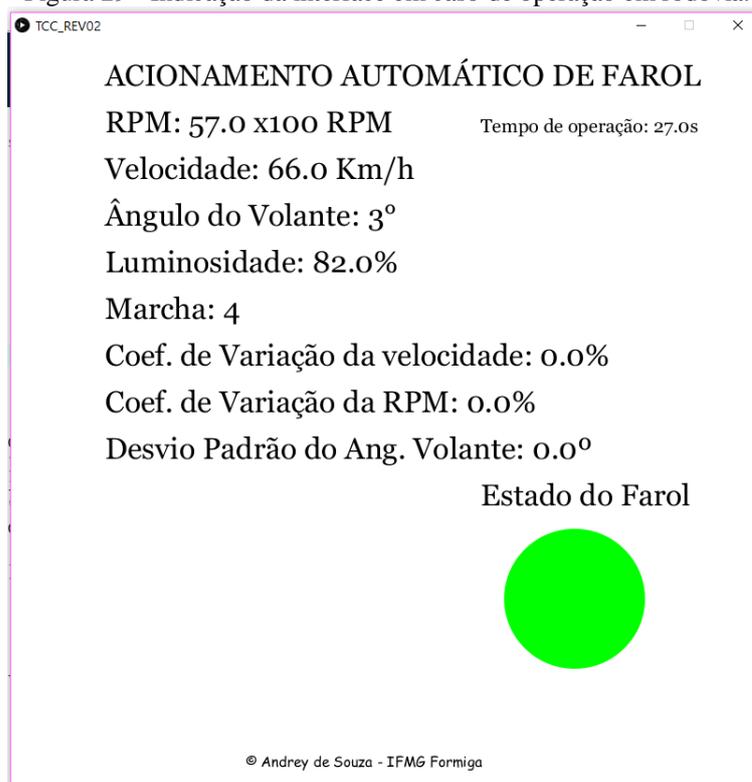
Conforme mencionado anteriormente, o algoritmo de detecção de rodovia para acendimento de farol é composto por três estágios:

1. Detecção de condição de rodovia por meio de monitoramento das variáveis em tempo real e se os quatro parâmetros analisados (velocidade, giro do motor, ângulo do volante e câmbio) estiverem nas condições estipuladas, o farol é acionado imediatamente. A variável câmbio é analisada somente nessa circunstância, pois espera-se que o veículo atinja marchas mais altas rapidamente quando o mesmo opera em uma rodovia.
2. Manutenção da condição de rodovia por meio de análise de dispersão das variáveis analisadas (velocidade, giro do motor e ângulo do volante).
3. Desligamento da condição de rodovia se caso por quatro vezes consecutivas a dispersão das variáveis de manutenção de condição de rodovia estiverem em padrões não condizentes com um trecho de rodovia. O desligamento do farol é feito automaticamente após cinco segundos do alerta emitido. Nesse meio tempo, o usuário pode optar em manter o farol acionado e o algoritmo continua a verificação de condições de estrada.

4.3.1 Detecção de condição de rodovia

Uma das preocupações com o sistema é o acionamento do farol de forma rápida e ao mesmo tempo que estivesse dentro de condições que indicassem que o veículo opera em uma rodovia. Partindo desse princípio, a saída encontrada foi o monitoramento em tempo real das variáveis, de tal modo que se todas elas estivessem dentro de patamares que sinalizam que o veículo opera em rodovia. A Tabela 6 apresenta os valores de gatilho que são parâmetros para realizar o acionamento dos faróis em caso de rodovia. A interface, quando o farol é acionado por meio dessas condições não apresenta nenhum tipo de alerta, porém, inicia-se o monitoramento da dispersão das variáveis analisadas. A interface computacional gerada nesse tipo de situação é representada na Figura 29.

Figura 29 - Indicação da interface em caso de operação em rodovia.

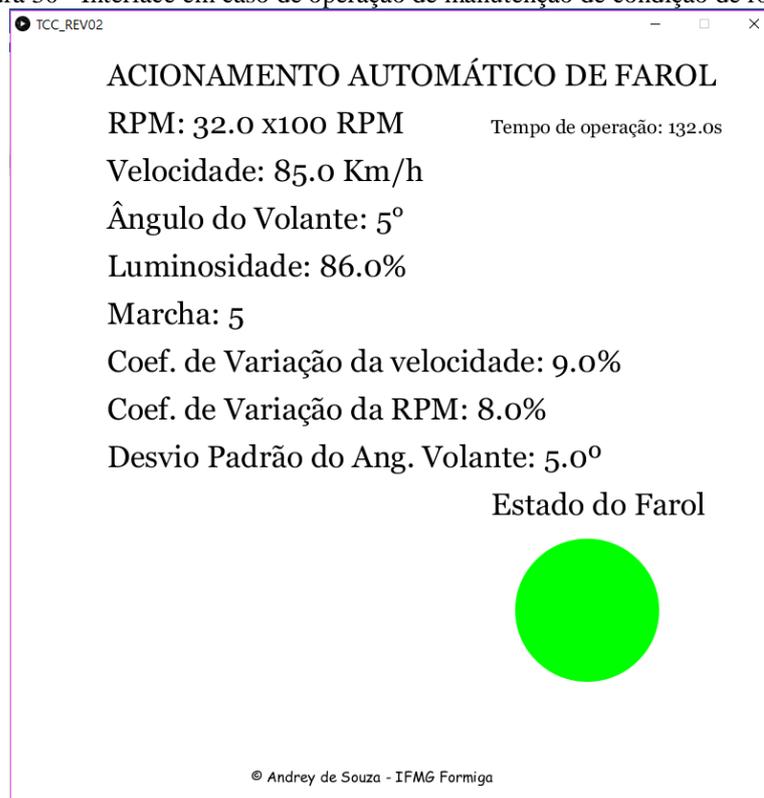


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.2 Manutenção da condição de rodovia

Uma das principais características do sistema automático de detecção de rodovias é o sistema de manutenção da condição de rodovia por meio de análise de dispersão de leituras amostradas das variáveis trabalhadas. Os testes realizados demonstram que pequenas variações nos parâmetros não resultam em coeficientes de variação (no caso da velocidade e do giro do motor) e desvios padrões (no caso do ângulo do volante) expressivos. Em testes onde os parâmetros ultrapassam os valores nominais de forma isolada, o algoritmo encara como condições anormais que são recorrentes em estradas, como um pedágio ou uma passagem rápida por um trecho urbano, com lombadas e outros obstáculos. Se as leituras seguintes passam a estar dentro dos valores nominais o sistema de manutenção segue operando normalmente. A interface gerada por esse tipo de situação é mostrada na Figura 30.

Figura 30 - Interface em caso de operação de manutenção de condição de rodovia.

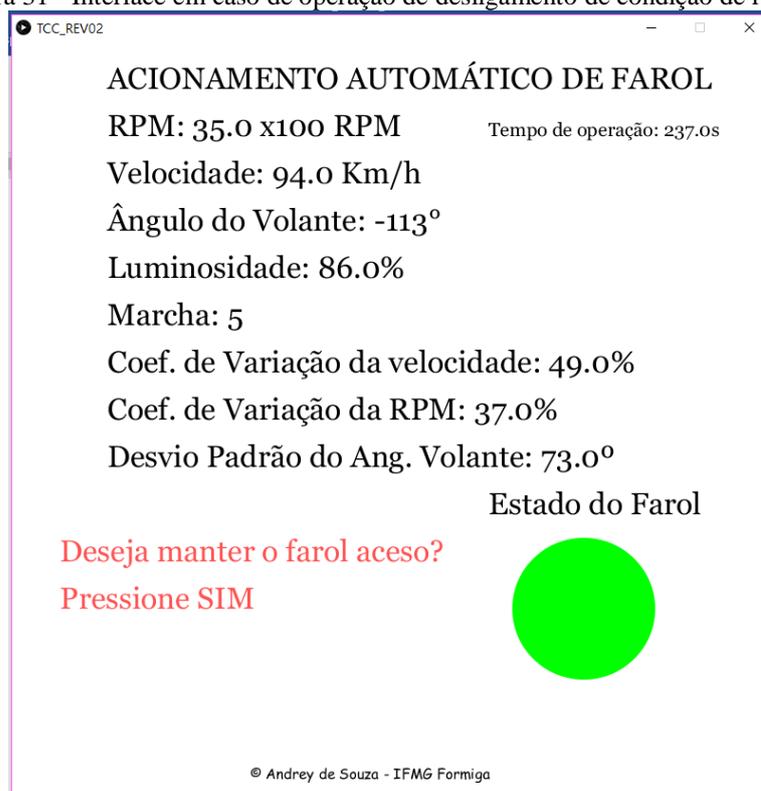


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.2 Desligamento da condição de rodovia

Quando todas as variáveis apresentam conjuntos de dados que possuem valores de dispersão não condizentes de uma condição de rodovia por quatro amostras consecutivas, um alerta é emitido ao condutor informando-o que o farol será desligado nos próximos segundos. Caso o condutor deseje que o farol seja mantido aceso, ele deve confirmar junto ao sistema sua opção por meio de um botão de confirmação. Essa medida é de caráter cautelar, pois pode ocorrer de a rodovia apresentar leituras discrepantes das variáveis por diversos motivos, como passagem por perímetro urbano, congestionamento, acidentes, pedágio, entre outros. Tal característica visa garantir a confiabilidade do sistema, uma vez que o farol será desligado após total aval do operador. A interface, nessa situação, emite um alerta ao usuário, que deve tomar sua decisão rapidamente, apertando o botão de confirmação, localizado no *protoboard* onde o modelo foi montado, caso deseje que o farol permaneça aceso, ou apenas aguardar caso o dispositivo possa ser apagado em condições em que a Lei seja respeitada. A interface gerada por esse tipo de situação é mostrada na Figura 31.

Figura 31 - Interface em caso de operação de desligamento de condição de rodovia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados apresentados neste capítulo validam o modelo para acionamento automático de acendimento de faróis automotivos em rodovias, onde diversas circunstâncias foram levadas em consideração. O próximo capítulo apresenta as considerações finais do presente trabalho de conclusão de curso, externando a contribuição e aplicabilidade do modelo desenvolvido.

4.4 Produções Bibliográficas

O presente trabalho resultou em um artigo aceito pela revista científica IJAREM (*International Journal of Advanced Research in Engineering & Management*), intitulado *Automatic Automotive Headlights Algorithm for Brazilian Traffic Law Application* (IJAREM, 2016), em novembro de 2016.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um modelo de sistema automático de acionamento faróis em rodovias por meio do uso de informações presentes no barramento do veículo, de tal modo, a não acrescentar custos excessivos em uma futura implementação do sistema. Esse modelo possui certo ineditismo, visto que não existem trabalhos semelhantes na literatura, até mesmo pela ausência de necessidade de acendimento dos faróis durante o dia até a aprovação da Lei 13.290/2016.

O desenvolvimento do modelo facejou o desafio da falta de dados reais disponíveis, por parte das montadoras, no caso específico de velocidade, giro do motor, angulação do volante, entre outros, em diferentes tipos de ambientes, como rodovia e cidade. Para contornar tal empecilho, foram realizadas estimativas estatísticas das características de diferentes tipos de rodovias, de tal modo a se inferir o comportamento dessas variáveis e estimar os parâmetros que deram contorno as condições do algoritmo. Pode-se, a partir da mesma estratégia apresentada no presente trabalho ou a partir de métodos distintos, aplicar a novos valores de entrada, colhidos a partir da análise de novos cenários ou *logs* de veículos.

Observou-se que tal sistema tem potencial de se tornar aplicável comercialmente, haja vista a necessidade eminente da indústria por tecnologias de reconhecimento de rodovias para o acendimento automático dos faróis. Esse tipo de sistema de detecção também teria outras aplicações, como controle de estabilidade inteligente em caso de operação em rodovias.

Contudo o sistema pode ser melhor calibrado por meio de dados reais de veículos em diferentes situações, dados estes que as montadoras e desenvolvedoras de componentes possuem. Essa calibração com dados reais serviria para ajustes finos nos parâmetros de contorno do sistema e conseqüentemente garantiria uma confiabilidade maior ao modelo proposto neste trabalho. O próximo capítulo apresenta ainda os trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos a partir do modelo desenvolvido por este trabalho de conclusão de curso.

6 TRABALHOS FUTUROS

Por se tratar de um trabalho inédito, existem diversos caminhos a serem seguidos no aprimoramento do modelo de algoritmo proposto. Partindo da hipótese de não se usar nenhum *hardware* extra, surge como opção viável o uso de métodos de classificação tais como: regressão logística, classificador de Bayes, redes neurais, entre outros. Contudo o desenvolvimento do sistema de detecção de rodovias esbarra justamente na necessidade de se ter um conjunto de dados acurado com medidas para as variáveis disponíveis (velocidade, rotação do motor, angulação do volante) e para cada conjunto destas variáveis é necessário ter o status real do veículo, ou seja, se ele está em uma rodovia ou não, para tanto, devem ser tratados dados reais.

Outra forma de se atingir o objetivo proposto é o uso de *hardware* de sistemas de *infotainment*, ou seja, que tenham conectividade GPS ou Web em que o veículo consiga por dados externos determinar se está operando em uma rodovia ou não. Esse tipo de sistema atualmente está disponível somente em modelos *high end* e não seria uma alternativa barata para a implementação do sistema em carros populares. Existem também a opção de se usar um smartphone conectado ao veículo por meio de alguma interface de comunicação (Bluetooth, USB, entre outros) e por meio de dados de aplicativos do dispositivo seria feita a determinação se o veículo está em uma rodovia ou não, contudo estudos com relação à segurança de rede e confiabilidade de dados devem ser feitos a fim de se mitigar problemas de invasão de sistemas e dados não confiáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARCELLOS, C. P. Segurança no trânsito: faróis acesos durante o dia diminuem acidentes nas estradas. **Âmbito Jurídico**, v. XVII, n. 124, 2014.

BENTES, L. M. A. Sistema de Segurança Veicular Com Uso de GPS Baseado em Arduino. p. 114, 2013.

BLOG EMBARCADO. **Simulino v4.0 + Biblioteca para Proteus**. Disponível em: <<http://blogembarcado.blogspot.com.br/2013/06/simulino-v20-biblioteca-para-proteus.html>>. Acesso em: 2 out. 2016.

CALCUTT, D.; COWAN, F.; PARCHIZADEH, H. **8051 Microcontrollers, An Applications-Based Introduction**. [s.l: s.n.].

CARRO, L.; WAGNER, F. R. Sistemas Computacionais Embarcados. **XXII Jornadas de Atualização em Informática - JAI**, p. Capítulo 2, 2003.

CHASE, O. Sistemas Embarcados. **SBAJovem 2010**, p. 7, 2007.

CUNHA, A. F. . **O que são sistemas embarcados?** [s.l: s.n.].

DOS ANJOS, E. G. P. **A evolução da eletrônica embarcada na indústria automobilística brasileira**. [s.l.] Instituto Mauá de Tecnologia, 2011.

FACENS. **Introdução aos Sistemas de Controle**, 2011.

FARIAS, A. M. L. DE. **Fundamentos de Estatística Aplicada Módulo I: Estatística Descritiva** Universidade Federal Fluminense, , 2013. Disponível em: <<http://www.professores.uff.br/anafarias/images/stories/meusarquivos/get00116-I-0.pdf>>

FRANZ, C. M.; VIEIRA, J. R. S. A história do trânsito e sua evolução. p. 24, 2012.

FRIZZARIN, F. B. **Processing: o que é e para que serve?** Disponível em: <http://www.seucurso.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=261:processing-o-que-e-e-para-que-serve&catid=906:diversos&Itemid=70>. Acesso em: 30 set. 2016.

G1. **Cresce a procura por dispositivo que acende faróis quando o carro é ligado**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2016/07/cresce-procura-por-dispositivo-que-acende-farois-quando-o-carro-e-ligado.html>>. Acesso em: 11 set. 2016.

GUEDES, D. T. A.; MARTINS, A. B. T. **Estatística Descritiva** Projeto de Ensino Aprender Fazendo Estatística, , 2015.

IJAREM. **International Journal of Advanced Research in Engineering & Management**. Disponível em: <<http://www.ijarem.org>>. Acesso em: 29 nov. 2016.

KAMAL, R. **Embedded systems 2E**. [s.l.] Tata McGraw-Hill Education, 2011.

KRAJICEK, M. E.; SCHEARS, R. M. Daytime running lights in the USA: What is the impact on vehicle crashes in Minnesota? **International Journal of Emergency Medicine**, v. 3, n. 1, p. 39–43, 2010.

MACEDO, F.; AFFONSO, J. **Justiça Federal suspende multas por farol baixo**. Disponível em: <<http://politica.estadao.com.br/blogs/fausto-macedo/justica-federal-suspende-multas-por-farol-baixo/>>. Acesso em: 12 set. 2016.

MENDES, R. F. O Código de Trânsito brasileiro e a obrigatoriedade do air bag e do ABS. **Âmbito Jurídico**, v. XII, 2009.

NAVET, N.; SIMONOT-LION, F. **Automotive Embedded Systems Handbook**. [s.l: s.n.]. v. 41

NOERGAARD, T. **Embedded systems architecture: a comprehensive guide for engineers and programmers**. [s.l.] Newnes, 2012. v. 53

OSSADA, J.; MARTINS, L. Um Estudo de Campo sobre o Estado da Prática da Elicitação de Requisitos em Sistemas Embarcados. p. 12, 2010.

SIMONOT-LION, F.; TRINQUET, Y. Vehicle Functional Domains and Their Requirements. In: **Automotive Embedded Systems Handbook**. [s.l: s.n.]. p. 1.1–1.22.

SOARES, M. J. **MICROCONTROLADORES PIC - Teoria - parte 1 REGISTRADORES E PINOS DE I/O**. Disponível em: <http://www.arnerobotics.com.br/eletronica/Microcontrolador_PIC_teorias_1.htm>. Acesso em: 31 ago. 2016.

SOUZA, F. **Arduino MEGA 2560**. Disponível em: <<http://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>>. Acesso em: 5 set. 2016.

THE AA. **Daytime running lights**. Disponível em: <http://www.theaa.com/motoring_advice/safety/daytime-running-lights.html>. Acesso em: 12 set. 2016.

THE R PROJECT. **The R Project for Statistical Computing**. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 27 set. 2016.

TRIBUNA DO NORTE. **Lei do farol baixo: 124 mil multas**. Disponível em: <<http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/lei-do-farol-baixo-124-mil-multas/355749>>. Acesso em: 11 set. 2016.

WENDLING, M. Sensores. **Unesp**, v. 2, p. 19, 2010.

APÊNDICE A – CÓDIGOS UTILIZADOS NO R

```
#TRECHO 1 FORMIGA-DIVINÓPOLIS MG-050
#DISTÂNCIA: 72,8 Km TEMPO MÉDIO: 53 min
#DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE VELOCIDADE
```

```
#traçando a curva
```

```
v1_mean=82.4;
```

```
v1_sd=9;
```

```
curve(dnorm(x,v1_mean, v1_sd),from=50,to=120, main="Velocidade média MG-050",
xlab="Velocidade Km/h", ylab="Probabilidade")
```

```
grid()
```

```
abline(h=0)
```

```
lines(c(v1_mean,v1_mean), c(0, dnorm(v1_mean,v1_mean,v1_sd)), col='red')
```

```
text(v1_mean,0.005,as.character(v1_mean))
```

```
#text(v1_mean+7,0.005,"km/h")
```

```
#DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE ANGULO DO VOLANTE
```

```
#traçando a curva
```

```
av1_mean=0; #angulo do volante médio de 0°
```

```
av1_sd=20; #devio padrão de 7°
```

```
curve(dnorm(x,av1_mean, av1_sd),from=-65,to=65, main="Angulação do Volante MG-050",
xlab="Angulo °", ylab="Probabilidade")
```

```
grid()
```

```
abline(h=0)
```

```
lines(c(av1_mean,av1_mean), c(0, dnorm(av1_mean,av1_mean,av1_sd)), col='red')
```

```
text(av1_mean+4,0.005,as.character(av1_mean))
```

```
#text(av1_mean+7,0.005,"")
```

```
#DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE RPM
```

```
#traçando a curva
```

```
rpm1_mean=3500; #rpm médio de 4000 rpm
```

```
rpm1_sd=500; #desvio padrão de 300 rpm
```

```
curve(dnorm(x,rpm1_mean, rpm1_sd),from=1500,to=5500, main="RPM Médio - MG-050",
xlab="RPM", ylab="Probabilidade")
```

```
grid()
```

```
abline(h=0)
```

```
lines(c(rpm1_mean,rpm1_mean), c(0, dnorm(rpm1_mean,rpm1_mean,rpm1_sd)), col='red')
```

```
text(rpm1_mean+400,0.00005,as.character(rpm1_mean))
```

```
#text(rpm1_mean+900,0.000045,"rpm")
```

```
#TRECHO 2 TREVO DE OLIVEIRA/MG - TREVO DE TRÊS CORAÇÕES - ROD.
FERNÃO DIAS
```

```
#DISTÂNCIA: 134 Km TEMPO MÉDIO: 1h25min
```

```
#DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE VELOCIDADE
```

```
#traçando a curva
```

```
v2_mean=94.6;
```

```
v2_sd=6;
```

```
curve(dnorm(x,v2_mean, v2_sd),from=70,to=125, main="Velocidade média - BR-381",
xlab="Velocidade Km/h", ylab="Probabilidade")
```

```
grid()
```

```
abline(h=0)
```

```
lines(c(v2_mean,v2_mean), c(0, dnorm(v2_mean,v2_mean,v2_sd)), col='red')
text(v2_mean,0.005,as.character(v2_mean))
#text(v2_mean+7,0.005,"km/h")
```

#DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE ANGULO DO VOLANTE

```
#traçando a curva
```

```
av2_mean=0; #angulo do volante médio de 0°
```

```
av2_sd=11; #desvio padrão de 11°
```

```
curve(dnorm(x,av2_mean, av2_sd),from=-50,to=50, main="Angulação do Volante - BR-381",
xlab="Angulo °", ylab="Probabilidade")
```

```
grid()
```

```
abline(h=0)
```

```
lines(c(av2_mean,av2_mean), c(0, dnorm(av2_mean,av2_mean,av2_sd)), col='red')
```

```
text(av2_mean+4,0.005,as.character(av2_mean))
```

```
#text(av2_mean+7,0.005,"°")
```

#DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE RPM

```
#traçando a curva
```

```
rpm2_mean=3500; #rpm médio de 4000 rpm
```

```
rpm2_sd=300; #desvio padrão de 300 rpm
```

```
curve(dnorm(x,rpm2_mean, rpm2_sd),from=2500,to=5000, main="RPM Médio - BR-381",
xlab=" RPM", ylab="Probabilidade")
```

```
grid()
```

```
abline(h=0)
```

```
lines(c(rpm2_mean,rpm2_mean), c(0, dnorm(rpm2_mean,rpm2_mean,rpm2_sd)), col='red')
```

```
text(rpm2_mean+200,0.00005,as.character(rpm2_mean))
```

```
#text(rpm2_mean+700,0.000045,"rpm")
```

```
#TRECHO 3 ARARAQUARA/SP - SÃO J. DO RIO PRETO - SP-310
```

```
#DISTÂNCIA: 165 Km TEMPO MÉDIO: 1h40min
```

```
#DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE VELOCIDADE
```

```
#traçando a curva
```

```
v3_mean=99;
```

```
v3_sd=4;
```

```
curve(dnorm(x,v3_mean, v3_sd),from=80,to=120, main="Velocidade média - SP-310",
xlab="Velocidade Km/h", ylab="Probabilidade")
```

```
grid()
```

```
abline(h=0)
```

```
lines(c(v3_mean,v3_mean), c(0, dnorm(v3_mean,v3_mean,v3_sd)), col='red')
```

```
text(v3_mean,0.005,as.character(v3_mean))
```

```
#text(v3_mean+7,0.005,"km/h")
```

```
#DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE ÂNGULO DO VOLANTE
```

```
#traçando a curva
```

```
av3_mean=0; #ângulo do volante médio de 0°
```

```
av3_sd=8; #desvio padrão de 8°
```

```
curve(dnorm(x,av3_mean, av3_sd),from=-40,to=40, main="Angulação do Volante - SP-310",
xlab="Ângulo °", ylab="Probabilidade")
```

```
grid()
```

```
abline(h=0)
```

```
lines(c(av3_mean,av3_mean), c(0, dnorm(av3_mean,av3_mean,av3_sd)), col='red')
```

```
text(av3_mean+4,0.005,as.character(av3_mean))
```

```
#text(av3_mean+7,0.005,"")
```

```
#DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE RPM
```

```
#traçando a curva
```

```
rpm3_mean=3700; #rpm médio de 4000 rpm
```

```
rpm3_sd=300; #desvio padrão de 300 rpm
```

```
curve(dnorm(x,rpm3_mean, rpm3_sd),from=2500,to=5000, main="RPM Médio - SP-310",  
xlab=" RPM", ylab="Probabilidade")
```

```
grid()
```

```
abline(h=0)
```

```
lines(c(rpm3_mean,rpm3_mean), c(0, dnorm(rpm3_mean,rpm3_mean,rpm3_sd)), col='red')
```

```
text(rpm3_mean+200,0.00005,as.character(rpm3_mean))
```

```
#text(rpm3_mean+900,0.000045,"rpm")
```