

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ
Eletrônica Automotiva

Felipe de Oliveira Gomes Pereira
Rodrigo Ferreira de Lima Lino de Souza

Segurança Veicular Ativa
Sistemas de Monitoramento do Motorista

Santo André – São Paulo
2013

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ
Eletrônica Automotiva

Felipe de Oliveira Gomes Pereira
Rodrigo Ferreira de Lima Lino de Souza

Segurança Veicular Ativa
Sistemas de Monitoramento do Motorista

*Monografia apresentada ao Curso de Tecnologia
Autotrônica da FATEC Santo André, como
requisito parcial para conclusão do curso em
Tecnologia em Autotrônica*

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Fernandes

Santo André – São Paulo
2013

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 06 DE DEZEMBRO DE 2013.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA
“SEGURANÇA VEICULAR ATIVA SISTEMA DE
MONITORAMENTO DO MOTORISTA” DOS ALUNOS DO 6º
SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. DR. DIRCEU LAVOISIER GRACI FERNANDES



MEMBROS:

PROF. ORLANDO DE SALVO JR.



PROF. LUCIANO BREVE ABRAHÃO

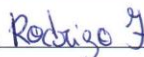


ALUNO:

FELIPE DE OLIVEIRA GOMES



RODRIGO FERREIRA DE LIMA LINO DE SOUZA



Dedicamos este trabalho a nossa família e
aos nossos amigos que sempre estiveram
próximos durante esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer em primeiro lugar à Deus por ter nos dado a oportunidade de estudar numa instituição de ensino gratuita e ter nos capacitado a chegar até aqui. Agradecemos também à nossa família, aos colegas de sala que mantiveram estímulos nos momentos mais árduos desta jornada, aos professores, em especial aos professores Dirceu Fernandes e Wagner Massarope que nos deu todo suporte na realização deste trabalho, e aos colaboradores e funcionários da Fatec Santo André que sempre estiveram prontos a nos ajudar.

“Os nossos pais amam-nos porque somos seus filhos, é um fato inalterável. Nos momentos de sucesso, isso pode parecer irrelevante, mas nas ocasiões de fracasso, oferecem um consolo e uma segurança que não se encontram em qualquer outro lugar.”

Bertrand Russell

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo dissertar sobre segurança veicular ativa. Itens que compreende os sistemas instalados no veículo para evitar a ocorrência de situações de risco e acidentes. Este trabalho será focado em dispositivos que têm por objetivo monitorar o condutor, como por exemplo: o detector de sonolência e o sensor de direção e irá mostrar os aspectos de segurança destes sistemas, como suas aplicações, funções, descrições, evoluções, normas técnicas, legislação, estatísticas, tecnologias atuais e futuras. Cada vez mais a indústria automotiva investe nestas tecnologias, o que ajudam a reduzir a ocorrência de acidentes e a melhorar a imagem destas empresas na sociedade, contribuindo para a segurança veicular.

Palavras chaves: Segurança veicular, Detector de Sonolência, Monitoramento, Sensor de Direção.

ABSTRACT

The objective of this paper is talk about active vehicle safety. Items that comprises the vehicle systems to prevent the occurrence of hazardous conditions and accidents. This work will be focused on devices that are designed to monitor the driver, such as: drowsiness detector and direction sensor and will show the security aspects of these systems, and their applications, functions, descriptions, developments, technical standards, legislation , statistics, current and future technologies. Increasingly the automotive industry invests in these technologies, which help reduce accidents and improve the image of these companies in society, contributing to the vehicle safety.

Keywords: Automotive safety, Drowsiness Detector, Monitoring, Sensor Direction

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Primeiro automóvel construído em 02 de Julho de 1771 por Joseph Cygnot. (BERTOCCHI, M., 2005) ..	13
Figura 2: Primeiro acidente automotivo registrado em Londres com vítimas fatais, registrado pelo jornal Londrino em 1889. (BERTOCCHI, M., 2005)	14
Figura 3: Veículo com seus sistemas de segurança e respectivos componentes.	18
Figura 4: Ilustração sobre a relação entre segurança passiva e ativa com a condução do veículo e o apoio ao.(BOSCH, 2005).....	19
Figura 5: Incidência das lesões em cada parte do corpo nos casos de colisão entre pedestres e veículos. (BERTOCCHI, M.; 2005)	20
Figura 6: Béla Barényi ao lado de um veículo de teste (www.mercedes-benz.de)	23
Figura 7: Publicações da empresa Volvo utilizando a segurança veicular como marketing. (www.volvoclub.org.uk)	24
Figura 8: Foto de um acidente causado por sonolência. (www.uol.com.br)	29
Figura 9: Sonolência ao dirigir. (Mecânica Tório, 2012).....	30
Figura 10: Sistema de alerta (Visual e Sonoro) para o condutor.	31
Figura 11: Capacitor .MOS (Banco de dados de imagens Gstatic).	34
Figura 12: Diagrama de blocos de circuitos acoplados ao CCD. (Goretti, K., 2006).	35
Figura 13: Detecção das extremidades do rosto. (Neeta P., 2002)	37
Figura 14: Cálculo dos segmentos de reta perpendiculares a borda. (RHODY, H., 2005).	39
Figura 15: Aplicação de Hough para detecção dos círculos com múltiplos raios. (RHODY, H., 2005).	40
Figura 16: Detecção da localização das bordas e olhos. (Nee ta P., 2002).....	40
Figura 17: Exemplo de fluxo de dados do software.	41
Figura 18: Fluxo de funcionamento do sistema de controle de mudança de faixa.	42
Figura 19: Ilustração do Campo De Visão Do Radar Volkswagen. (VOLKSWAGEN AG; 2005).	43
Figura 20: Alcance Do Radar. Volkswagen. (VOLKSWAGEN AG; 2005).....	44
Figura 21: Representação do risco de acidente. (VOLKSWAGEN AG; 2005).....	45
Figura 22: Equipamento de diagnose VAS 5051B. (VOLKSWAGEN AG, 2005).	47
Figura 23: Processo de calibração do assistente de mudança de faixa. (VOLKSWAGEN AG, 2005).	48
Figura 24: Visão proporcionada pelo espelho retrovisor externo. (BOSCH, 2005).	49
Figura 25: Visão proporcionada pelo espelho retrovisor interno. (BOSCH, 2005).	49
Figura 26: Carroceria novo Gol. (VOLKSWAGEN AG, 2009).	50
Figura 27: Ponto cego do veículo. (CAVALCANTI, F., 2009).	51
Figura 28: Sensor detector de Álcool. (www.nissan-global.com)	52
Figura 29: Monitoramento facial. (www.nissan-global.com/)	53
Figura 30: Monitoramento operacional do veículo. (www.nissan-global.com).....	53
Figura 31: Configuração do sistema. (www.nissan-global.com).....	53
Figura 32: : FLUXO DE FUNCIONAMENTO DO ASSISTENTE DE EMERGÊNCIA (TELEMATICS NEWS -FORD)	54

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Evolução do sistema de segurança. (Associação Brasileira de Prevenção dos Acidentes de Trânsito; 2006.)</i>	17
<i>Tabela 2: Dados sobre a eficiência do uso de sistemas de Airbag em conjunto com Cinto de Segurança. (Associação Brasileira de Prevenção dos Acidentes de Trânsito; 2006.)</i>	25
<i>Tabela 3: Distribuição da porcentagem total de acidentes rodoviários ocorridos no ano de 2002. (Associação Brasileira de Prevenção dos Acidentes de Trânsito; 2006)</i>	27

LISTA DE SIGLAS, ACRÔNIMOS E ABREVIATURAS

NHTSA- *National Highway Traffic Safety Administration*
ACC - *Adaptive Cruise Control*
ABS - *Antilock Braking System*
ESP - *Electronic Stability Program*
TCS - *Traction Control System*
CCD – *Charged Coupled Device*
OBD - *On Board Diagnostic*
UC – Unidade de Controle
VAS – Volkswagen Audi System
CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
ABRAMET – Associação Brasileira de Medicina no Trânsito
CNH – Carteira Nacional de Habilitação
SAOS – Síndrome de Apnéia Obstrutiva do Sono
ABPAT – Associação Brasileira de Prevenção dos Acidentes de Trânsito
ONG – Organização Não Governamental

SUMÁRIO

1	Introdução	13
1.1	Objetivos e motivação	15
1.2	Conteúdo.....	15
1.3	Metodologia.....	15
2	Revisão Literária	16
2.1	Segurança veicular	16
2.1.1	Segurança passiva	19
2.1.2	Segurança ativa	21
2.2	Testes e Legislação.....	23
2.3	Acidentes Automotivos	26
3	SISTEMAS DE MONITORAMENTO DO MOTORISTA	28
3.1	Deteccção de Sonolência.....	28
3.1.1	Fatores humanos	28
3.1.2	Qualidade do sono.....	30
3.1.3	Funcionamento do Detector de Sonolência	31
3.1.3.1	Técnicas para detectar motoristas sonolentos	31
3.1.3.2	Meios utilizados para detecccção	32
3.1.3.2.1	Captura da imagem	33
3.1.3.2.2	Interface	35
3.2	Sistema de controle de Mudança de faixa	42
3.2.1	Funcionamento do sistema	43
3.2.1.1	Diagnose	45
3.2.1.2	Calibração.....	47
3.2.2	Critérios para composição do sistema de mudança de faixa.....	48
3.2.2.1	Visibilidade	48
3.2.2.2	Espeelho retrovisor externo	48
3.2.2.3	Espeelho retrovisor interno.....	49
3.2.2.4	Vidro traseiro.....	49
3.2.2.5	Carroceria.....	50
3.2.2.6	Ponto cego	50
4	NOVAS TECNOLOGIAS	52
4.1	Sensor de Detecccção de Álcool	52
4.2	Assistente de Emergência.....	54
5	CONCLUSÃO	55
6	TRABALHOS FUTUROS	56
7.	Referências	57

1 INTRODUÇÃO

Certa vez Roger Bacon (1219 a 1292) disse: “...e irá ser possível construir veículos que se movimentem sem serem puxados por animais, propelidos por uma força inimaginável”. Ele parecia ser um homem de visão e estava certo em suas palavras, pois o primeiro automóvel ficou pronto no dia 02 de Julho de 1771, era um veículo movido a vapor e se deslocava a uma velocidade de 4 Km/h. Porém apenas em 19 de Janeiro de 1886 saiu a primeira patente de um veículo auto-propelido do mundo para Karl Benz.

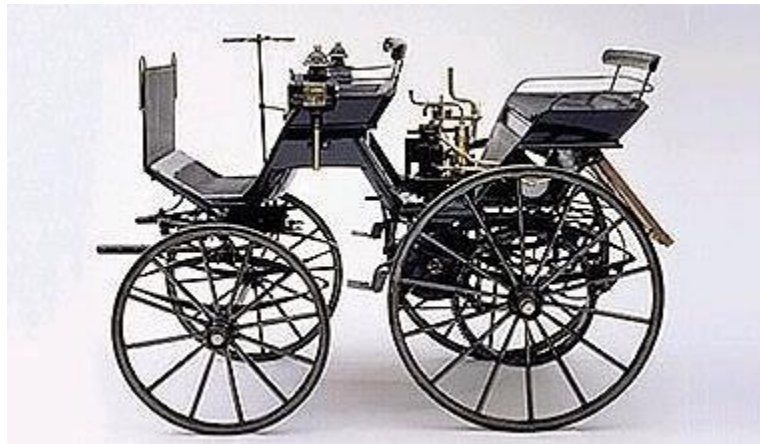


Figura 1: Primeiro automóvel construído em 02 de Julho de 1771 por Joseph Cugnot. (BERTOCCHI, M., 2005)

Com o surgimento dos veículos automotores iniciaram também os acidentes automobilísticos. E foi justamente com a criação do primeiro automóvel que aconteceu o primeiro acidente da história. Cugnot perdeu o controle da direção ao tentar realizar uma curva e destruiu um muro no pátio de manobras no Quartel Real de Vienes (França). A causa do acidente foi a falta de freios.

A primeira pessoa a ser diagnosticada morta por um acidente automobilístico foi o Londrino Bridget Driscoll no ano de 1896 em um acidente em um veículo desconhecido numa velocidade de aproximadamente 6,5 Km/h.



Figura 2: Primeiro acidente automotivo registrado em Londres com vítimas fatais, registrado pelo jornal Londrino em 1889. (BERTOCCHI, M., 2005)

Segundo o site *Car Accident* anualmente morrem no mundo cerca de 1,2 milhões de pessoas em acidentes automobilísticos e outras 2mi sofrem algum tipo de lesão grave, gerando um déficit de receita de 520bi de dólares na economia mundial. São valores consideráveis para que sejam tomadas algumas medidas para se não evitar, ao menos minimizar os danos causados por estes acidentes.

Os acidentes de trânsito podem ter inúmeras causas, como fatalidades, defeitos nas vias, fenômenos da natureza, imprudências de outros motoristas ou mesmo de pedestres. Estudos do NHTSA (*National Highway Traffic Safety Administration*) distrações como falar ao celular, enviar uma mensagem de texto ou mesmo procurar uma estação de rádio são responsáveis por 80% dos acidentes de trânsito nos Estados Unidos. No Brasil, de acordo com estudos realizados pelo Laboratório de Psicofísica e Percepção da Universidade de São Paulo, 98% dos acidentes são provocados por fatores humanos, sendo 72% deles por falta de atenção.

Por esses motivos foram realizados estudos para minimizar tantos acidentes e mortes nas ruas, avenidas e rodovias.

Esses estudos resultaram no desenvolvimento de diversos equipamentos que melhoram as condições de segurança para os ocupantes do veículo e para quem está fora dele, tais como: ABS (*Antilock Braking System*), ESP (*Electronic Stability Program*), ACC (*Adaptive Cruise Control*), TCS (*Traction Control System*), visão noturna, detector sonolência, sensor de fadiga, detector de álcool e sensor de direção, *Airbag*, entre outros.

1.1 Objetivos e motivação

Este trabalho tem o objetivo de apresentar a importância, funcionamento e aplicações dos equipamentos de segurança veicular ativa, em especial com foco nos sistemas de monitoramento do motorista.

A maior motivação é de conhecer e apresentar uma dissertação sobre os equipamentos de segurança atuais dos veículos e de novas tecnologias, como os sistemas de monitoramento do motorista, além disso, de poder selecionar este tema com o conhecimento adquirido durante o curso.

1.2 Conteúdo

Este trabalho estará assim dividido nos seguintes capítulos; o capítulo 2 discorrerá sobre uma revisão bibliográfica mostrando os caminhos percorridos para que fosse possível o desenvolvimento de equipamentos altamente tecnológicos para prevenir os ocupantes do veículo de danos corporais e até mesmo fatais. No capítulo 3 iniciaremos a apresentação das tecnologias atuais aplicadas em nossos veículos para monitoramento do motorista, informando características, normas, legislação, aplicação, funcionalidade. No capítulo 4 discutiremos sobre novas tecnologias, testes realizados, normas e legislações referente às implementações nos veículos e sobre estatísticas de acidentes veiculares. Finalmente, no capítulo 5 discorreremos sobre as conclusões obtidas e no capítulo 6 a proposição de novos e futuros estudos.

1.3 Metodologia

Este estudo de caso foi desenvolvido com base em informações de livros, apostilas, consultas em sites e revistas. De forma geral, nossas pesquisas foram realizadas na seguinte sequência: Histórico da fabricação do primeiro veículo; Registro do primeiro acidente; Segurança veicular; Estatísticas de acidentes; Estudos sobre Detecção de sonolência; Estudos sobre Sistemas de controle de mudança de faixa e por fim, Novas tecnologias voltadas para segurança veicular. Todos os artigos foram lidos e removidos apenas conteúdos mais importantes e condizentes com o tema do trabalho.

2 REVISÃO LITERÁRIA

2.1 Segurança veicular

No desenvolvimento do primeiro veículo havia disponível para o condutor apenas dois sistemas de segurança, o de freios e de iluminação, no qual até os dias de hoje são considerados itens básicos. Foi justamente a falha de um desses sistemas que ocasionou o primeiro acidente veicular da história, como mencionado anteriormente.

A mais de 100 anos atrás Bertha Benz empreendeu a primeira viagem de automóvel. Os maiores perigos vinham do péssimo estado das estradas. O buraco mais próximo podia significar um eixo partido e o fim antecipado da viagem.

Com o passar dos anos, a quantidade de veículos de duas rodas e acima foi aumentando nas ruas e rodovias e a falta de estrutura e más condições das vias fizeram o número de acidentes graves crescerem. Esse crescimento fez com que as pessoas mudassem o modo de pensar e o tema segurança veicular começou a ter prioridade nos anos 1960 com a criação de novas leis nos EUA, que abordavam a importância de desenvolver carros mais seguros. Os para-choques tiveram que passar a ter capacidade para absorver uma determinada quantidade de energia, os para-brisas tinham que estar a uma determinada distância da cabeça do condutor e novas formas no design do automóvel passaram a ser necessárias para cumprir determinadas exigências. Além disso, a evolução tecnológica cresceu consideravelmente e agregou indiscutivelmente melhoras nos sistemas iniciais.

Na tabela 1 podemos identificar quando os sistemas de segurança foram implementados nos automóveis.

Tabela 1: Evolução do sistema de segurança. (Associação Brasileira de Prevenção dos Acidentes de Trânsito; 2006.)

Ano de introdução	Sistema
1899	Freio por cintas externas
1902	Freio a tambor com sapatas internas
1919	Freio hidráulico servo-assistido
1955	Freio a disco
1968	Cinto de segurança de três pontos
1978	ABS <i>"Antilock Braking System"</i>
1979	Tensionador do cinto de segurança pirotécnico
1979	<i>"Airbag"</i>
1987	TCS <i>"Traction Control System"</i>
1989	Barra de proteção de capotamento automática para conversíveis
1995	ESP <i>"Electronic Stability Program"</i>
1995	Limitador de força no cinto de segurança
1995	<i>"Airbag"</i> lateral
2001	ACC <i>"Adaptive Cruise Control"</i>
2001	SBC <i>"Sensotronic Brake Control"</i>

O desenvolvimento da segurança veicular não foi realizado apenas para garantir a integridade física dos ocupantes do automóvel mas também para garantir a proteção dos demais seres que compartilham as vias e o próprio meio ambiente. A figura 3, publicada pela Bosch (BOSCH, 2005), apresenta um sumário cronológico dos principais dispositivos de segurança encontrados nos veículos modernos.

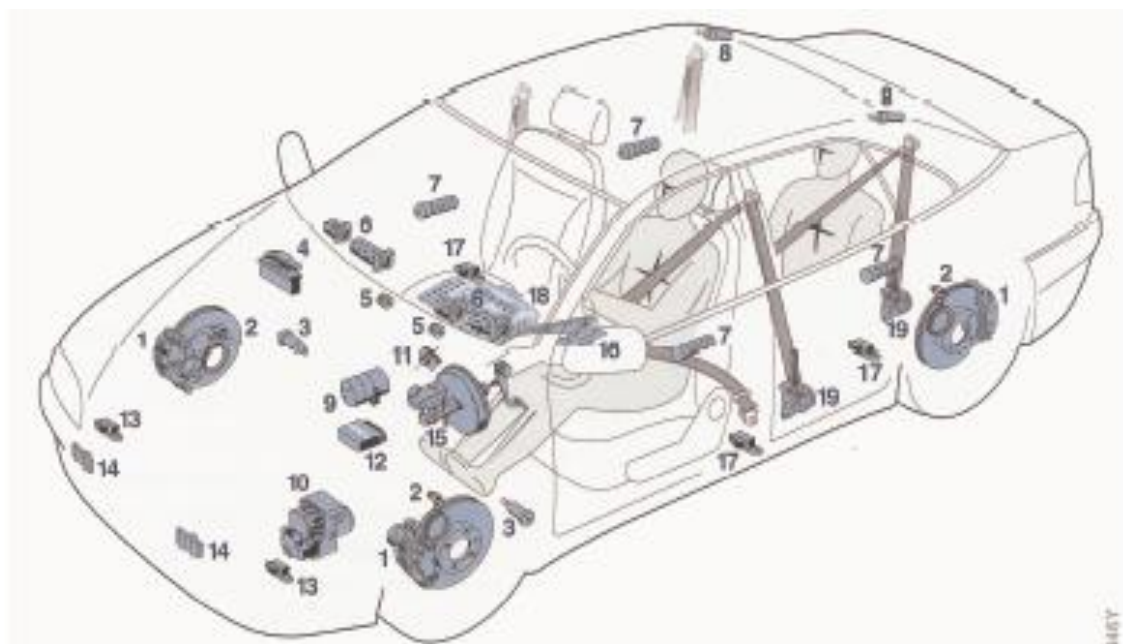


Figura 3: Veículo com seus sistemas de segurança e respectivos componentes.

Os sistemas de segurança são divididos em duas classes de atuação: segurança ativa e segurança passiva. O objetivo de ambos os sistemas é garantir a integridade física dos passageiros, porém em momentos diferentes. Na figura 4 temos o comparativo entre a segurança ativa, segurança passiva e a relação delas com a condução do veículo e o apoio ao motorista em um sistema de segurança e conveniência baseados em sensores de varredura do ambiente. Em cada um dos quadrantes encontram-se sistemas que tendem para a segurança ou a conveniência, além de informar se são sistemas ativos ou passivos. (LIMA, M. 2011)

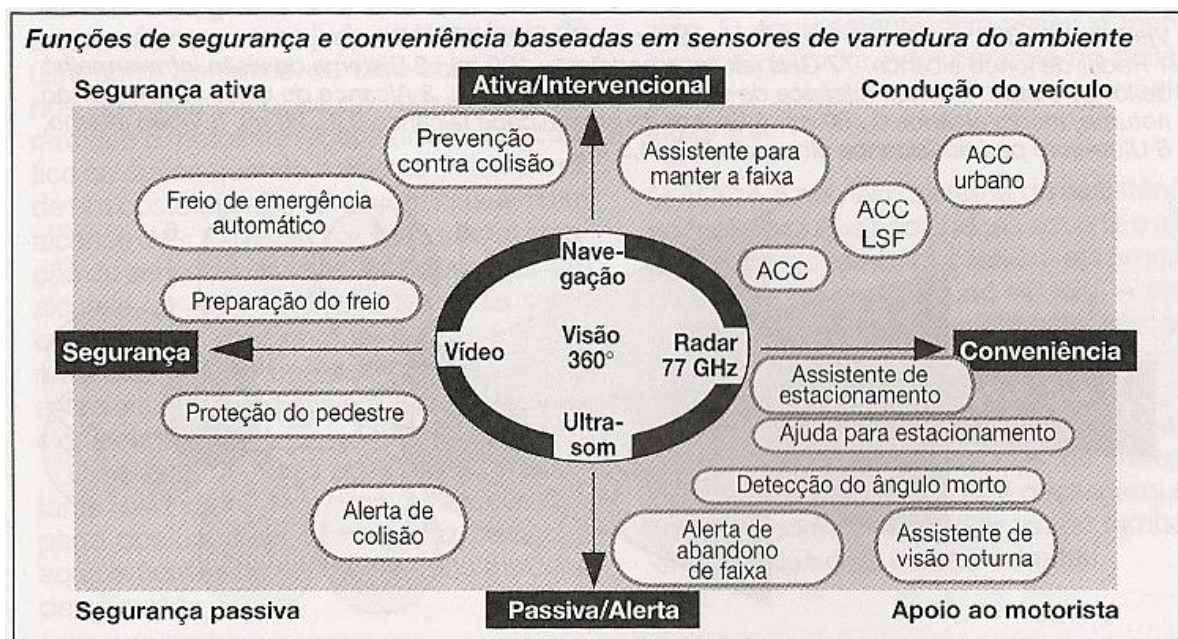


Figura 4: Ilustração sobre a relação entre segurança passiva e ativa com a condução do veículo e o apoio ao. (BOSCH, 2005)

2.1.1 Segurança passiva

Segurança passiva são todas as medidas destinadas a minimizar as consequências de um acidente tanto aos passageiros dos veículos como aos pedestres.

Esta classe de segurança é dividida em dois ambientes que devem se complementar para que a eficiência do sistema seja garantida, são eles: segurança externa e segurança interna. (BOSCH, 2005)

É considerado segurança externa todas as medidas tomadas com relação ao veículo que são realizadas para minimizar os efeitos de um acidente sobre pedestres, ciclistas e motociclistas. Para isso, fatores como o comportamento deformável da carroceria do veículo e o formato externo da mesma são determinantes para a segurança externa.

O principal objetivo da segurança externa é, através da concepção adequada das zonas de possível contato, reduzir ao mínimo as consequências geradas por uma colisão primária (colisão entre pessoas no exterior do veículo com o próprio veículo).

Estudos são realizados baseados em simulações de impacto e levantamento de dados estatísticos para mensurar quais as zonas de maior impacto no veículo e os pontos que provocam maiores lesões no carro de atropelamentos. A figura 6 ilustra um estudo realizado

pela IRCOBI, onde é retratado a incidência das lesões sofridas por cada parte do corpo humano no caso de uma colisão entre pedestres e veículo. (BERTOCCHI, M.; 2005)

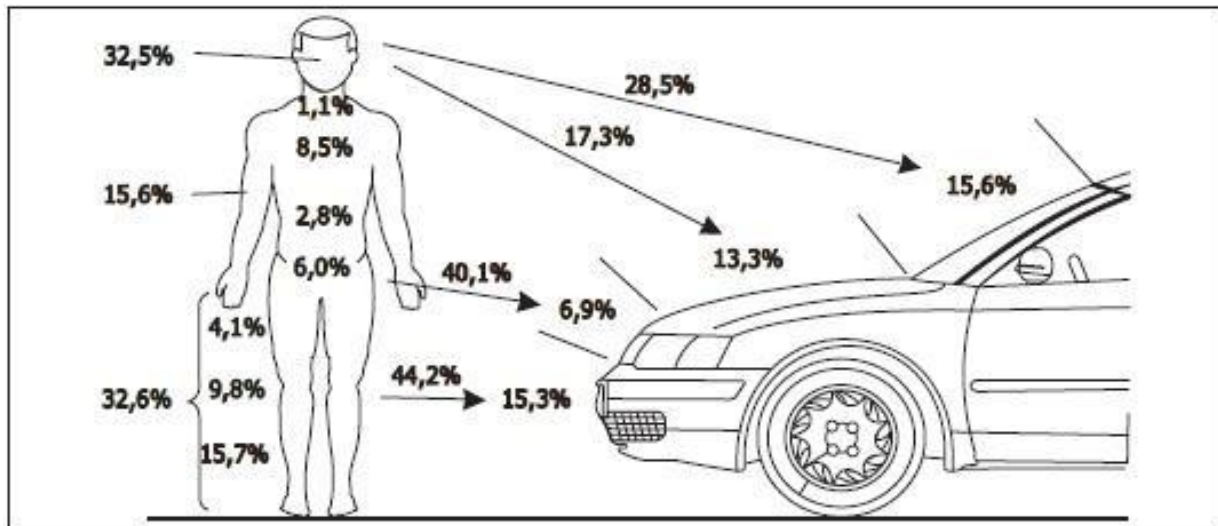


Figura 5: Incidência das lesões em cada parte do corpo nos casos de colisão entre pedestres e veículos. (BERTOCCHI, M.; 2005)

Quando o acidente envolve um veículo automotor e um segundo de duas rodas (bicicletas e motocicletas), a quantidade de energia cinética envolvida no sistema será maior em função da velocidade em que ambos encontram-se, a altura do assento do motorista do veículo de duas rodas e da dispersão dos pontos de contato, sendo que as consequências deste acidente dificilmente podem ser influenciadas por meio de providências conceptivas na estrutura do automóvel. Em virtude disto, medidas passíveis de implementações utilizadas para tal podem ser: faróis deslocáveis, limpadores de para-brisas recuados, calhas recuadas, maçanetas das portas recuadas, etc. (BOSCH, 2005)

Assim como na segurança ativa, as vias rodoviárias também devem conter itens para amenizar o resultado do impacto no caso de um acidente onde o veículo se colida com as proteções da pista. Com esta concepção, itens como as defensas entre pistas (guard-rail), valetas que separam pistas e proteção em pilares de pontes são empregados em vias públicas para que o resultado do acidente não seja ainda maior. (PROJETO IMPACTO, 2007).

Já a segurança interna abrange soluções implementadas no veículo, com o intuito de amenizar os danos causados aos ocupantes dos mesmos. Os itens destinados a este tipo de proteção possuem como principal objetivo minimizar as acelerações e as forças atuantes sobre

os corpos durante um acidente, além de também garantir espaço suficiente para sobrevivência e manter funcionais os componentes necessários para libertação dos ocupantes no caso de uma colisão mais grave. (BOSCH, 2005)

Fazem parte da segurança passiva interna: o cinto de segurança, os air bags, vidros não estilhaçáveis, para-choques dianteiro e traseiro, sistema de freios ABS, a capacidade da carroceria absorver a energia do impacto com a menor deformação possível no ambiente do habitáculo, a proteção contra incêndio através da estanqueidade do combustível, etc. (BOSCH, 2005) (PROJETO IMPACTO, 2007).

2.1.2 Segurança ativa

Segurança ativa são todas as medidas destinadas a evitar os acidentes. Na segurança ativa, a condição das ruas e rodovias tem um papel muito importante, assim como a sinalização. Nos veículos, houve uma grande evolução nos últimos 15 anos, muitas invenções foram desenvolvidas e melhoraram decisivamente aspectos como a estabilidade direcional, a travagem, a visibilidade e a ergonomia, assim com assistentes à travagem controlados eletronicamente, sistemas anti-bloqueio, programas de estabilidade, controles de tração e muitos outros até ao assistente de transposição de Bermas e novos conceitos de ergonomia como o *I-Drive* ou os comandos por voz indicam novos caminhos na segurança ativa dos nossos automóveis.

Esta classe de segurança é dividida em quatro ambientes que devem se complementar para que a eficiência do sistema seja garantida, são eles: segurança de circulação, segurança condicional, segurança perceptiva e segurança operacional. (BOSCH, 2005)

A segurança de circulação é responsável pela concepção harmoniosa do chassi em relação ao alinhamento das rodas, pelo balanceamento do sistema de suspensão e pelo sistema de direção e freios. Este conjunto de variáveis interfere diretamente no comportamento dinâmico do veículo, sendo que problemas nesta parte podem colocar em risco a vida dos ocupantes.

A segurança condicional trata da sobrecarga psicológica dos ocupantes do veículo por exposições a oscilações, ruídos e influências climáticas. O quão menor for a exposição do motorista à estes fatores maior é o conforto psicológico dos mesmos. Quando a exposição à

estes fatores é excessiva, a percepção e o reflexo do motorista podem ser afetados, podendo causar acidentes.

Já a segurança perceptiva tem como objetivo utilizar a capacidade da percepção humana através do sistema audiovisual para incrementar a segurança veicular. Esta vertente utiliza de recursos não somente nos veículos, mas também nas ruas e rodovias. No veículo são utilizados itens como os faróis, o conjunto de lanternas traseiras e dianteiras e também os sistemas de alertas sonoros. Do mesmo modo, o sistema rodoviário deve ser equipado com itens que auxiliem o motorista a manter a própria segurança e a dos demais no trânsito. Itens como os semáforos, as identificações de faixas, as pinturas refletivas, os obstáculos horizontais que auxiliam na identificação dos limites de faixas quando há pouca visibilidade e no controle de velocidade, as placas de identificações de limite de velocidade e todos os outros tipos de sinalização vertical fazem parte deste sistema.

Para cada item de identificação visual nas rodovias existem legislações de trânsito que regulamentam o modo de aplicação e também o que cada sinalização representa, como a resolução CONTRAN nº180/2005 que descreve as normas para identificação de sinalização vertical de regulamentação (placas de trânsito). (DENATRAN, 2005).

Em dezembro de 2006 a prefeitura de São Paulo colocou em vigor um decreto onde se limita e regulamenta a exposição de faixas, banners, outdoors e qualquer outro tipo de mídia visual encontrada em vias urbanas no município, conhecida como “Lei da Cidade Limpa”. Esta lei tem como principal objetivo diminuir a poluição visual que os motoristas encontram nas vias urbanas da cidade. Esta poluição se mistura com a sinalização das ruas e avenidas e faz com que, em muitos casos, não seja possível identificar placas e outros tipos de sinalização que são de alta importância para a segurança veicular. Com isso, padrões e limites foram impostos a fim de não prejudicar a percepção dos condutores e também retirar o excesso de propagandas que até então eram efetuadas livremente. Para as empresas ou pessoas que não cumprirem ou que infringirem alguma das regras da lei nº 14.223 e do decreto nº 47.950/06, penalizações como multas a partir de R\$10 mil são aplicadas. (Prefeitura Municipal de São Paulo, 2006).

Por fim, a segurança operacional é responsável pelo posicionamento ergométrico do motorista e dos passageiros. É importante que os acionamentos do veículo fiquem posicionados de forma prática e de fácil acesso para que o motorista não exerça grandes esforços físicos, o que causaria uma desconcentração momentânea e possivelmente seria um fator que levaria a um acidente. (BOSCH, 2005).

2.2 Testes e Legislação

No ano de 1935, nos Estados Unidos da América (EUA), a taxa de fatalidade proveniente de acidentes automotivos era cerca de 17 mortes a cada 1 milhão de milhas, o que representa aproximadamente 11 mortes a cada 1 milhão de quilômetros. Estes relatos fizeram com que começasse a se pensar em uma forma de diminuir essas incidências e aumentar a segurança dos condutores. Nesta mesma época, empresas já consolidadas como a Mercedes-Benz, Volvo e General Motors deram início a trabalhos que tratavam de estudos sobre a dinâmica de colisões veiculares. (BERTOCCHI, M., 2005).

No dia primeiro do mês de Agosto de 1939, a Mercedes-Benz formou o primeiro Departamento de Segurança Veicular, chefiado pelo austríaco Béla Barényi. As primeiras atividades realizadas por esse departamento foram sobre a proteção contra impactos laterais e inovações referentes ao habitáculo do veículo. (BERTOCCHI, M., 2005)

A figura 6 ilustra o austríaco Béla Barényi no Departamento de Segurança Veicular ao lado de um veículo de teste, onde a propulsão do veículo era feita através do acoplamento de foguetes na região traseira do mesmo.



Figura 6: Béla Barényi ao lado de um veículo de teste (www.mercedes-benz.de)

Conforme a tendência de segurança veicular ganhava força e os consumidores começaram a entender a necessidade de alguns itens serem adicionados ao veículo, tais como: o cinto de segurança, o airbag e a estrutura do carro mais reforçada para proteger os passageiros em uma colisão. Os produtores automotivos da época, como a Volvo, passaram a

utilizar esta necessidade para agregar valor ao produto final e utilizando-a como estratégia de marketing. (BERTOCCHI, M., 2005)

A figura 7 ilustra duas situações onde a empresa Volvo usa a segurança veicular como uma estratégia de marketing. À esquerda uma publicação da marca que descrevia sobre acidentes severos onde a tecnologia implantada no carro Volvo salvou vidas, baseado em fatos verídicos de seus clientes. Já à direita esta a capa de um livro publicado pela Volvo em 1974, com o intuito de divulgar o seu plano para proteger as famílias que adquiriam carros da marca.

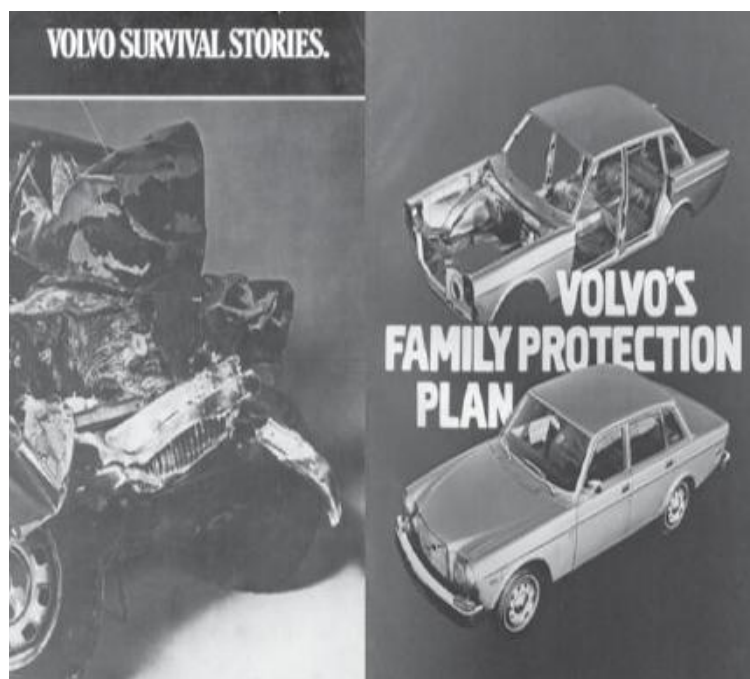


Figura 7: Publicações da empresa Volvo utilizando a segurança veicular como marketing.
(www.volvoclub.org.uk)

A necessidade dos fabricantes de automóveis testarem o seu produto levando ele a uma condição extrema, motivou a criação de alguns testes simulatórios onde se podia visualizar até que ponto o veículo era ou não seguro. Estes testes foram desenvolvidos com o auxílio de órgãos governamentais que passaram a regulamentar alguns itens de segurança que cada veículo automotor deveria possuir.

Um dos testes desenvolvidos para verificar a dinâmica do veículo e a segurança dos passageiros do mesmo durante uma colisão foi o crash test. Este teste consiste na colisão do veículo com um obstáculo, onde bonecos, com massa e geometria similares a dos seres

humanos, são dotados de sensores para mensurar a eficiência de cada item de segurança e os possíveis danos causados ao ser humano depois do impacto.

Em virtude de resultados obtidos em testes como o crash test e do índice de acidentes registrados ao longo de um determinado tempo, órgãos governamentais como o CONAMA decretaram leis que tornaram obrigatório o uso de determinados itens de segurança. Para tais leis foram estipulados prazos de aplicação na produção para que a frota brasileira recebesse estes itens de segurança e pudessem ser fiscalizada pelos órgãos responsáveis pelo setor de transportes e segurança veicular, como também pelas polícias rodoviárias.

Um item que pode ser citado é o cinto de segurança de três pontos, que no Brasil é considerado como item de segurança passiva fundamental e obrigatório no sistema automotivo desde 1968, quando o CONTRAN (Conselho Nacional de Transito) regulamentou a obrigatoriedade do sistema através da resolução nº 391/68. Essa resolução passou por diversas atualizações, sendo que em 1985 citou a obrigatoriedade do uso de cinto de segurança de 3 pontos nos assentos dianteiros, conforme resolução nº 658/85. (BERTOCCHI, M., 2005).

A utilização do airbag como sistema de segurança passiva para proteção do motorista e dos passageiros, apesar de extremamente aconselhável, ainda não é um item de segurança obrigatório nos veículos. Entretanto, a resolução nº 311/09 do CONTRAN estabeleceu que toda a frota de veículos nacionais e importados devem ter como item de série o airbag até janeiro de 2014. (AZEREDO, E., 20009).

A tabela 2 a seguir resume uma estatística do uso do cinto de segurança de 3 pontos em conjunto com o airbag na prevenção de fatalidades para motorista e passageiro dianteiro em acidentes. (BERTOCCHI, M., 2005).

Tabela 2: Dados sobre a eficiência do uso de sistemas de Airbag em conjunto com Cinto de Segurança.
(Associação Brasileira de Prevenção dos Acidentes de Trânsito; 2006.)

Dispositivo de Proteção	Eficiência na Prevenção de fatalidades
Cinto de segurança (3pontos)	42%
Cinto de segurança (3pontos) + airbag	47%
Somente airbag	13%

A resolução nº 312/09 do CONTRAN estabeleceu que os veículos nacionais e importados devem ter o sistema ABS para melhorar a segurança ativa de veículos. Para veículos de passeio deve-se ter ABS com 8% de produção a partir de 2010, chegando a totalidade da produção destes veículos com ABS em 2014 e para veículos comerciais tem-se 40% da produção em 2013 e 100% da produção em 2014. (DENATRAN, 2005).

2.3 Acidentes Automotivos

Os acidentes em vias públicas surgiram antes da utilização de automóveis como meio de transporte. Há registros de acidentes envolvendo cavalos, carroças e pedestres em vias de circulação, datados da segunda metade do século XIX. O primeiro relato de um acidente com vítima fatal ocorreu em Londres, em 1889, conforme apresentado na Figura 2. Este fato foi anunciado por um jornal da época, descrevendo um veículo que trafegava a cerca de 20 a 25Km/h (velocidade considerada alta naqueles tempos para uma rua de paralelepípedos). Os aros de madeira da roda quebraram-se quando o motorista tentou uma manobra de frenagem. Então, o condutor e um ocupante foram ejetados do veículo e morreram. (BERTOCCHI, M., 2005).

No Brasil, o primeiro registro deste tipo é datado do final do século XIX, na Estrada Velha da Tijuca (RJ). O veículo estava sendo conduzido pelo poeta Olavo Bilac, que ao perder o controle da direção, chocou-se contra uma árvore. Nesse acidente não houve vítimas graves. (BERTOCCHI, M., 2005).

Os acidentes automotivos podem ser divididos quanto sua região de impacto no veículo, ou seja, em zonas frontais, traseiras, laterais e envolvendo objetos externos, como no caso do atropelamento.

A ABPAT (Associação Brasileira de Prevenção dos Acidentes de Trânsito) é uma ONG (Organização Não Governamental) que trabalha com a conscientização dos perigos das ruas e estradas, com a finalidade de diminuir a incidência de mortes causadas por acidentes. Em 2002, esta associação elaborou um ranking que traz a distribuição em porcentagem dos acidentes em rodovias federais, tal trabalho utilizou como base os acidentes mais corriqueiros neste tipo de circuito, dividindo-os em 14 classes distintas. A seguir, observa-se a tabela 3 com os resultados obtidos, na qual podemos observar que a colisão do tipo traseira é a que recebe a maior frequência de incidência. (ONG POR VIAS SEGURAS, 2006).

Tabela 3: Distribuição da porcentagem total de acidentes rodoviários ocorridos no ano de 2002. (Associação Brasileira de Prevenção dos Acidentes de Trânsito; 2006)

Colisão traseira	25%
Saída de pista	18%
Abalroamento lateral mesmo sentido	12%
Choque com objeto fixo	9%
Abalroamento transversal	7%
Atropelamento	5,2%
Abalroamento lateral sentido oposto	4,8%
Atropelamento de animal	3,7%
Capotagem	3,3%
Tombamento	3,2%
Colisão frontal	2,8%
Atropelamento e fuga	1,4%
Choque com veículo estacionado	0,5%
Outros tipos	4,6%
Total	100%

3 SISTEMAS DE MONITORAMENTO DO MOTORISTA

3.1 Detecção de Sonolência

Fadiga do condutor é um fator significativo no número de acidentes com veículos. Estatísticas recentes estimam que anualmente 1.200 mortes e 76.000 feridos podem ser atribuídos a falhas relacionadas a fadiga e sonolência. Com isso, o desenvolvimento de novas tecnologias para detectar e prevenir a sonolência ao volante é um desafio importante no campo dos sistemas de prevenção de acidentes, devido ao perigo que a sonolência apresenta nas ruas, avenidas e estradas. (Weirwille, W.W. 1994).

Uma tecnologia, dentre outras, foi desenvolvida para atuar na prevenção de acidentes causados por sonolência. Essa tecnologia, conhecida como Detecção de Sonolência por meio de reconhecimento facial, será apresentada neste capítulo.

Através do monitoramento dos olhos, acredita-se que os sintomas de sonolência do condutor pode ser detectado a tempo para evitar um acidente. Detecção de sonolência envolve um monitoramento sequencial de imagens do rosto, e da observação dos movimentos oculares e de piscar.

A análise das imagens facial é uma área de pesquisa popular com aplicativos como o reconhecimento do rosto, ferramentas virtuais , sistemas de segurança e de identificação humana. Este estudo de caso é focado na localização dos olhos , o qual envolve a observação de toda a imagem do rosto, e a determinação da posição dos olhos através de algoritmo de processamento de imagem. Uma vez que a posição dos olhos está localizado, o sistema é desenhado para determinar se os olhos estão abertos ou fechados, e detectar a sonolência.

3.1.1 Fatores humanos

Sono, cansaço, fadiga, inúmeros são os adjetivos para descrever o momento em que nosso organismo chega ao seu limite de trabalho. Quem nunca ouviu a expressão “estou caindo de sono”, ou então “estou bêbado de sono”? O sono, a fadiga, o cansaço são fatores normais nos seres humanos, mas muitas vezes achamos ser superiores e assumimos riscos que podem nos custar a vida ou até mesmo a vida de terceiros.

Estatísticas mundiais mostram que entre 26% e 32% dos acidentes de trânsito são provocados por motoristas que dormem na direção. Eles são responsáveis por índices entre 17% e 19% das mortes no local do acidente, de acordo com Marco Túlio de Mello,

coordenador do Centro de Estudo Multidisciplinar em Sonolência e Acidentes da Unifesp e chefe da disciplina Medicina e Biologia do Sono. Os números foram obtidos em pesquisa da Universidade de Gênova, na Itália, já que no Brasil não há dados sobre o assunto. “Motoristas com distúrbios do sono correm duas a três vezes mais riscos de se envolver em acidentes. Quando tratados, a redução é de 70%”, afirma Mello.

No Brasil, em 2006, 35156 pessoas morreram em acidentes de trânsito, segundo o Ministério da Saúde. Aplicando a média mundial, cerca de 6600 perderam a vida por causa do sono ao volante.



Figura 8: Foto de um acidente causado por sonolência. (www.uol.com.br)

Dados da NHTSA indicam que a cada ano ocorrem, nos Estados Unidos, cerca de 100000 acidentes, sendo 1550 fatais, em decorrência de motoristas que dormem ao volante. Pesquisas da Austrália, Inglaterra, Finlândia e de países da Europa apontam o sono ao volante como causa de 10% a 30% dos acidentes.

O risco de acidentes aumenta não no horário de maior trânsito, mas naquele em que o ser humano tem um declínio na temperatura corporal, afirma Marco Mello, da Unifesp. Isso ocorre entre 12h30 e 14h e das 22h às 6 da manhã, sendo que o período crítico fica entre 3h30 e 5h30. “Com a temperatura corporal baixa, começamos a liberar melatonina, que induz ao sono.”



Figura 9: Sonolência ao dirigir. (Mecânica Tório, 2012)

3.1.2 Qualidade do sono

O ser humano precisa dormir. O sono não é uma questão de escolha, é essencial e inevitável. Quanto mais alguém permanece acordado, maior a necessidade de dormir e, mais difícil é para resistir ao sono. A necessidade de dormir varia entre indivíduos, mas dormir por 8 horas das 24 horas é comum, e de 7 a 9 horas de sono é necessária para otimizar o desempenho. Os padrões de sono são regidos pelo ritmo circadiano (o *bodyclock*) que completa um ciclo, aproximadamente uma vez a cada 24 horas. Os seres humanos estão normalmente acordados durante o dia e dormindo durante a noite, sendo que existem dois picos de sonolência: as primeiras horas da manhã e as do meio da tarde.

Para não sentir sono ao volante, o ideal é dormir de maneira regular e habitual, afirma o diretor do Departamento de Sono da Associação Brasileira de Medicina no Trânsito (Abramet), Ademir Baptista Silva. “O próprio ato de dirigir pode ser monótono: pistas unidirecionais e o conforto do carro ajudam a embalar o motorista”, diz. Quem está sem dormir sente isso ao parar. “A falta de sono é cumulativa e, dependendo do caso, é preciso até um mês para colocá-lo em dia. Toda vez que o sono é inibido, ao lavar o rosto ou tomar um café, ele volta”, afirma Silva. A única solução é parar de dirigir.

3.1.3 Funcionamento do Detector de Sonolência

Este estudo, irá avaliar um sistema de detecção de sonolência que utiliza uma câmera que é posicionada de tal forma que fique diretamente focada no rosto do motorista e monitora seus olhos, a fim de detectar a sonolência. Em tal caso, quando a sonolência é detectada, um sinal de alerta é emitido para alertar o condutor sem causar ruídos em sua direção.

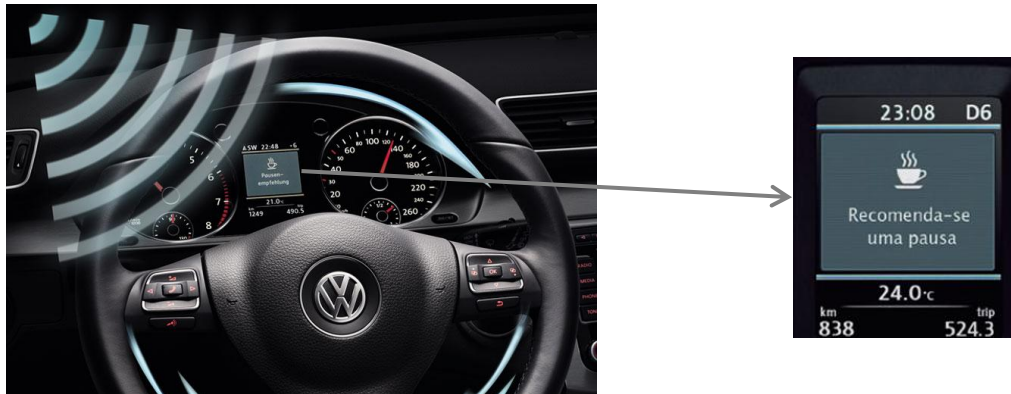


Figura 10: Sistema de alerta (Visual e Sonoro) para o conduto.

Este estudo descreverá como o sistema de detecção de sonolência localiza os olhos , do motorista e também como determina se os olhos estão abertos ou fechados.

O sistema de detecção facial usa as informações obtidas através da imagem para localizar as extremidades do rosto , na qual se estreita até localizar uma área onde possam existir os olhos. Uma vez que essa área do rosto é definida, os olhos são encontrados pelo cálculo das médias horizontais da região detectada. Uma vez que os olhos são localizados , se contestado que o motorista está com os olhos fechados por mais de 20% do tempo, para uma média estabelecida, é atestada a sonolência do mesmo e um alarme é enviado ao motorista. (PERCLOS, 1998).

3.1.3.1 Técnicas para detectar motoristas sonolentos

Existem algumas técnicas que podem ser utilizadas para a detecção de sonolência em motoristas, como por exemplo: Detecção através de características fisiológicas, sensores que controlam a resposta do veículo, monitorando a resposta do motorista, entre outras.

Entre estes métodos, as técnicas mais eficazes e precisas são as técnicas que estudam os fenômenos fisiológicos humano. Tais técnicas podem ser implementadas de duas maneiras:

a primeira medindo mudanças nos sinais fisiológicos, como as ondas cerebrais, frequência cardíaca e piscar de olhos, e por fim medir as mudanças físicas, tais como postura, inclinação da cabeça e os estados aberto / fechado dos olhos. Estudos mostram que a primeira técnica é mais precisa porém, para esta aplicação, não é eficaz, pois uma vez que os eletrodos de medição teriam de ser ligados diretamente no corpo do motorista, isso provocaria distração ao mesmo, podendo provocar um acidente ao invés de evitar. Além disso, a transpiração do condutor sobre os sensores, devido os eletrodos permanecerem no corpo por um longo período, poderia impactar no resultado final, pois reduziria a capacidade dos sensores de controlar com precisão. Já a segunda técnica é bem adequada para as condições necessárias, uma vez que podem ser não-invasivo por meio de sensores ópticos de câmaras de vídeo para detectar as variações dos olhos. (Weirwille, W.W. 1994).

Outro método não-invasivo, porém limitado ao tipo de veículo e as condições de motorista, para realizarmos a detecção da sonolência é através do comportamento do condutor e do veículo. Esse método pode ser feito por monitoramentos como: movimento do volante, padrões de aceleração ou de frenagem, a velocidade do veículo, a aceleração e deslocamento lateral.

Além das técnicas descritas acima para detecção da sonolência existem outros métodos, como mencionado anteriormente neste tópico, porém não serão aprofundados nesse estudo por não serem muito conhecidos e tão pouco eficazes.

Com isso, devido à eficácia e precisão do método, iremos focar nosso trabalho utilizando a técnica de fenômenos fisiológicos humano através das mudanças físicas, que nesse caso será a abertura e fechamento dos olhos.

3.1.3.2 Meios utilizados para detecção

Como o foco do nosso trabalho é estudar um método de detecção de sonolência que utiliza fenômenos fisiológicos humano, necessitaremos avaliar componentes que são capazes de capturar, ler e entender a mudança física do condutor, transformar essa informação e “acordar” o motorista, caso necessário, de forma a não atrapalhar a direção do veículo.

O aspecto mais importante para a implementação de um sistema de detecção de sonolência por intermédio de captura de imagem é a aquisição da própria imagem, pois qualquer deficiência pode causar problemas na análise e interpretação da mesma. Isso pode

ocorrer por falta de detalhes devido ao contraste insuficiente ou mau posicionamento da câmera, podendo assim fazer, com que o rosto do condutor fique irreconhecível.

3.1.3.2.1 Captura da imagem

Como o sistema de detecção de sonolência necessita estar apto para operar dia e noite, é necessário, para captação da imagem, uma câmera com sistema infravermelho. Isto é devido à necessidade de iluminar o rosto do condutor no período noturno. Observamos que para esse tipo de aplicação as câmeras mais eficazes são as que contemplam o sistema CCD.

CCD (Charged Coupled Device) é um dispositivo de estado sólido, ou seja, é um circuito integrado feito de silício, que é composto por vários transistores e diodos montados em um mesmo circuito e interligados até mesmo em um mesmo píxeis do chip, que geram pequenas cargas elétricas quando a luz incide sobre a superfície do rosto.

Para simplificar o funcionamento do CCD podemos representar como sendo uma matriz que pode ser quadrada ou retangular, que se faz a amostragem de uma imagem bidimensional em duas direções ortogonais, x e y, que geram uma matriz matemática de M e N, por exemplo, onde podemos considerar M como número de colunas e N o número de linhas. A intersecção das duas variáveis M e N gera uma determinada equação matemática, ou até mesmo um número que pode ser inteiro ou fracionário, que é interpretado e processado pelo código fonte.

O CCD tem características de funcionamento semelhante aos painéis de captação da energia solar para transformação em energia elétrica, onde a luz solar incide na superfície da placa de captação, a energia do sol é absorvida pelas células da placa e depois é passada por um meio de coleta, que transforma toda a energia térmica em energia elétrica.

O funcionamento do sensor CCD também tem suas possíveis semelhanças, tendo como o seu princípio fundamental de funcionamento as células que são sensíveis à luz, que também podemos chamar de píxel (Goretti, K., 2006). Os pixels têm como característica padrão a organização de uma matriz composta por linhas e colunas, como mencionado anteriormente.

Os sensores CCD são fabricados com a tecnologia MOS (Metal-Oxide Semicondutor), isso se caracteriza por cada píxel ter um circuito eletrônico nele, e esse circuito contido em cada píxel pode ser considerado um capacitor MOS que converte os

fótons em cargas elétricas que logo após é lida é processada posteriormente, como pode ser visto na figura 13.

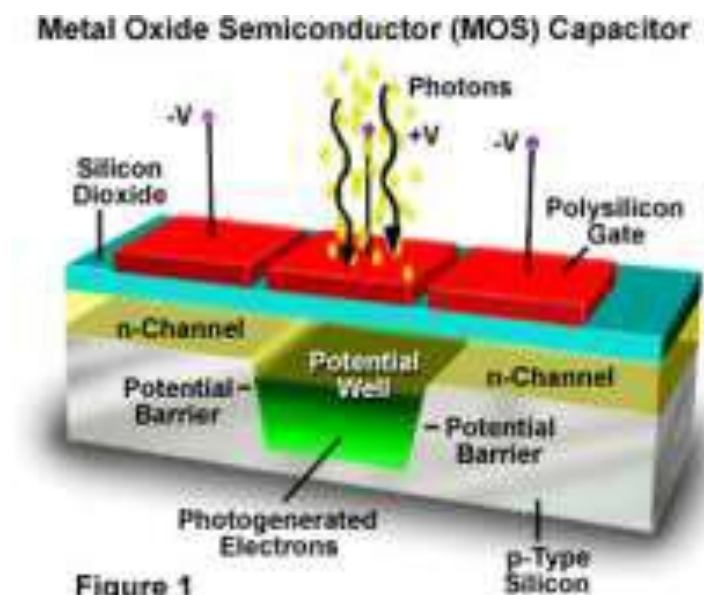


Figura 11: Capacitor .MOS (Banco de dados de imagens Gstatic).

Para que os resultados finais do sistema de detecção de sonolência sejam positivos, alguns critérios devem ser seguidos, como por exemplo: a distância entre a câmera e o condutor, o rosto do motorista deve tomar a maior parte da imagem e estar aproximadamente no centro dela e, além disso, a câmera deve ter uma faixa espectral entre 400-1000nm, e pico aproximadamente de 800nm, pois o sistema CCD trabalha, normalmente, com um *range* de 770 – 890nm (infravermelho). (Capacitor Mos – Molecular Expressions: Images from the microscope), (Goretti, K. “Estruturas APS Resistentes à Radiação para Aplicações Espaciais” 2006), (Lemos, H. “Projeto De Circuitos Para Compressão De Imagens No Plano Focal De Câmeras CMOS” 2012), (Lunardi, D., 2009).

Os dispositivos CCD são caracterizados com relação à função de seu mecanismo de transferência de dados, o mecanismo trabalha com quadros (*frames*), onde são divididos em quatro categorias (Goretti, K., 2006). *Full Frame*: Transferência do quadro completo; *Frame Transfer*: Transferência de quadro; *Split Frame Transfer*: Transferência parcial de quadro; *Interline Transfer*: Transferência entre linhas.

O sensor CCD é um tipo de dispositivo que pode-se acoplar e fazer uma integração de circuitos junto a ele para processar cargas de uma matriz de píxels em único substrato, e pode ser apreciado na figura 14.

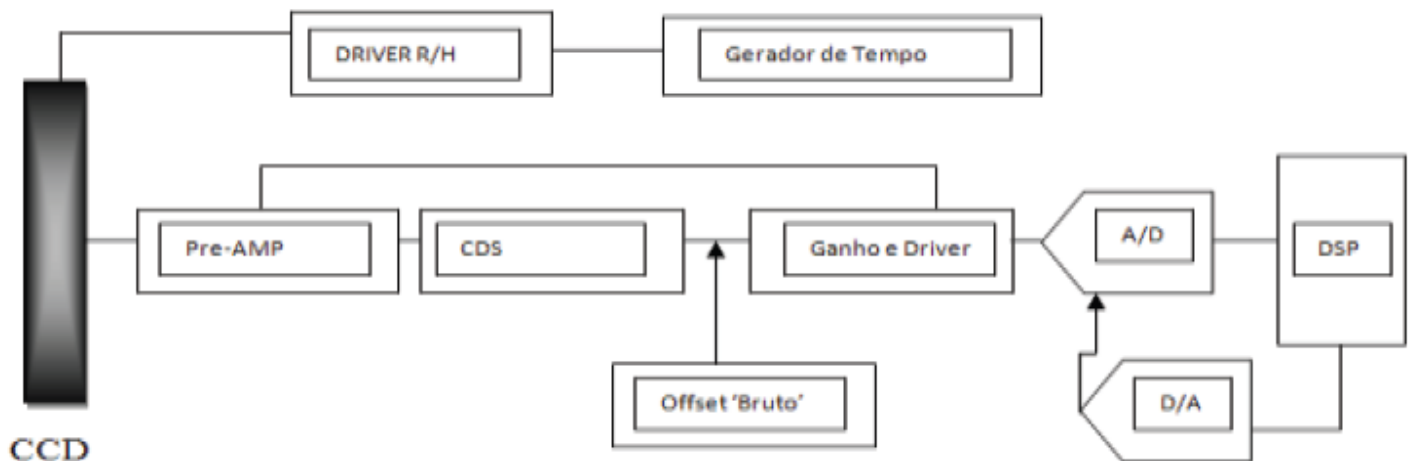


Figura 12: Diagrama de blocos de circuitos acoplados ao CCD. (Goretti, K., 2006).

3.1.3.2.2 Interface

O próximo passo do desenvolvimento de um projeto deste tipo é definir a forma que a imagem captada será convertida para um formato que seja possível ser lido por um computador (algoritmos).

Para isso é necessário o desenvolvimento de um software capaz de identificar a face do motorista, localizar os olhos do mesmo e jugá-los aberto ou fechado. O método mais comum, de acordo com nossas pesquisas, de detecção de imagens para este tipo de aplicação é o filtro de Sobel.

O operador Sobel é usado no processamento digital de imagens para detecção de bordas nas mesmas. Sendo um operador de diferenciação discreta, calcula, em cada ponto, uma aproximação do gradiente da função de intensidade da imagem, fornece a direção da maior variação de claro para escuro e quantiza a variação nesta direção. Para tal processo, o operador convoluciona os pontos da imagem com um pequeno filtro de inteiros na horizontal e vertical, o gradiente de uma função de duas variáveis (a função de intensidade da imagem) é em cada ponto da imagem, um vetor de duas dimensões com componentes fornecidas pelas

derivativas nas direções horizontais e verticais. (YING-DONG, Q; CHENG-SONG, C.; SAN-BEN C.; JIN-QUAN L., 2005).

O Sodel utiliza duas matrizes 3x3 no qual são convolucionadas com a imagem original para calcular as aproximações das derivativas, uma para mudanças horizontais e outra para mudanças verticais. Na formulação seguinte, “A” representa os pontos abordados da imagem original, “Gx” e “Gy” serão os valores que em cada ponto conterão as aproximações derivativas horizontais e verticais. (MACIONKI, A.; STUMPF, K. 2009).

$$G_y = \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \times A \qquad G_x = \begin{bmatrix} +1 & 0 & -1 \\ +2 & 0 & -2 \\ +1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \times A$$

A coordenada X é definida como crescente para a direita e a coordenada Y é definida como crescente para baixo. A cada ponto da imagem, as aproximações do gradiente resultante podem ser combinadas para fornecer a magnitude do gradiente usando a seguinte fórmula: (YING-DONG, Q; CHENG-SONG, C.; SAN-BEN C.; JIN-QUAN L., 2005).

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Com esta informação também pode ser calculada a direção do gradiente:

$$\Theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$

Onde θ é zero para uma borda vertical mais escura no lado esquerdo.

Como a função de intensidade de uma imagem digital é conhecida somente em pontos discretos, funções derivativas desta não podem ser definidas a não ser que seja assumido que exista uma função de intensidade continua que foi amostrada nos pontos da imagem. Com alguns pressupostos, a derivativa da função de intensidade continua pode ser calculada como uma função de intensidade amostrada, no caso, a imagem digital.

Como consequência de sua definição, o operador Sobel pode ser implementado com maneiras simples em software e hardware. Apenas oito pontos em volta do ponto abordado são necessários para calcular o resultado correspondente e um único inteiro aritmético é

necessário para calcular a aproximação do vetor gradiente. Os dois filtros discretos descritos acima podem então ser separados: (MACIONKI, A.; STUMPF, K. W., 2009).

$$\begin{bmatrix} +1 & 0 & -1 \\ +2 & 0 & -2 \\ +1 & 0 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} +1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} +1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

As duas derivativas G_x e G_y podem então ser calculadas como:

$$G_x = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} \times ([+1 \ 0 \ -1] \times A)$$

$$G_y = \begin{bmatrix} +1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix} \times ([1 \ 2 \ 1] \times A)$$

Após a aplicação do operado Sobel, teremos as bordas do rosto detectadas, como mostrado na figura abaixo.



Figura 13: Detecção das extremidades do rosto. (Neeta P., 2002)

Como vimos acima, o operador Sobel é usado no processamento digital de imagens para detecção de bordas nas mesmas, porém como o objetivo deste trabalho é identificar se o motorista está com os olhos abertos ou fechados é necessário, de acordo com nossas pesquisas, de um processador de imagens que seja capaz de identificar formas geométricas,

pois isso facilitaria na detecção dos olhos. Para essa aplicação, vimos que a transformada de *Hough* é muito eficaz, pois é utilizada no processamento digital de imagens para extrair propriedades geométricas das mesmas. (RHODY, H., 2005).

Podemos dizer, de modo geral, que os olhos tem um formato circular e círculos são estruturas geométricas comuns de interesse nas aplicações de computação gráfica. Portanto, é realizado o uso desta transformada para localizar tais estruturas. Um círculo pode ser transformado em um grupo de três parâmetros, representando seu centro e seu raio. (MACIONKI, Anderson e STUMPF, K. W., 2009).

A idéia da transformada é que perpendiculares aos pontos de borda de um círculo cruzam no centro do mesmo. Portanto, se linhas perpendiculares forem desenhadas a todos os pontos de borda, deve-se obter a concentração destas no centro do círculo. Para visualizar esta prática, é mostrada, no estudo teórico, o desenho de segmentos de reta no espaço (a, b), sendo: (MACIONKI, Anderson e STUMPF, K. W., 2009).

$$\left. \begin{aligned} a &= r \sin \theta \\ b &= r \cos \theta \end{aligned} \right\} \text{ onde } r \in (\min r, \max r)$$

$$A(i \pm a, j \pm b) \leftarrow A(i \pm a, j \pm b) + E(i, j)$$

Onde, (minr e maxr) é o range dos possíveis raios do círculo que são levados em consideração (pode ser customizado), A é a disposição (array) do espaço (a, b), E (i, j) é a intensidade da borda, dada após a aplicação do filtro Sobel. (RHODY, H., 2005).

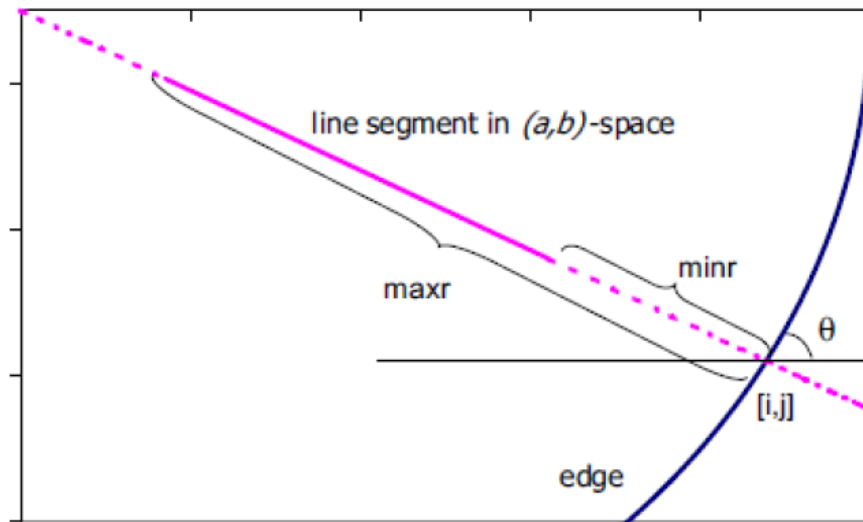


Figura 14: Cálculo dos segmentos de reta perpendiculares a borda. (RHODY, H., 2005).

A transformada verifica os pontos onde os centros dos possíveis círculos devem ser encontrados. Entretanto, os pontos podem ser difusos, particularmente se os círculos são distorcidos em elipses, porém este não é o caso na detecção do olho humano.

Especificamente no projeto, a variação do raio deve ser muito pequena, pois a câmera utilizada já processa o rastreamento da face e procura mantê-la centralizada e com o mesmo tamanho na imagem (através de zoom automático). Isto reduz os recursos computacionais utilizados pelo algoritmo. (MACIONKI, Anderson e STUMPF, K. W., 2009).

Portanto, se desejar parametrizar apenas uma circunferência, descrevendo raio como R e o centro como (a, b) , as seguintes equações são utilizadas:

$$\begin{aligned} x &= a + r \sin \theta \\ y &= b + r \cos \theta \end{aligned}$$

Se o ângulo θ passar pelos 360 graus, os pontos (x, y) traçam o perímetro do círculo. Quando a imagem contém muitos pontos, alguns são inclusos nos perímetros dos possíveis círculos, então o trabalho do programa é encontrar os parâmetros $(a, b$ e $R)$ que descrevam os círculos, como visto anteriormente. Esta busca por círculos com raios desconhecidos pode ser conduzida utilizando acumulação em uma matriz tridimensional. (MACIONKI, Anderson e STUMPF, K. W., 2009).



Figura 15: Aplicação de Hough para detecção dos círculos com múltiplos raios. (RHODY, H., 2005).

Sendo assim, após a aplicação dos dois métodos apresentados será mais fácil identificar os olhos. A imagem a seguir mostra uma possível imagem após a utilização dos estudos acima.

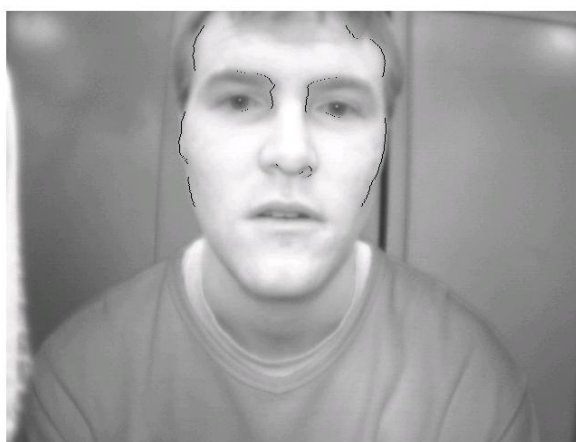


Figura 16: Detecção da localização das bordas e olhos. (Neeta P., 2002)

Com as soluções apresentadas, o software pode ser desenvolvido com mais facilidade. As linguagens utilizadas para o desenvolvimento do código fonte pode ser linguagem C#, LabView, entre outras, porém, os dois métodos de programação citados são mais eficazes devido a facilidade de desenvolvimento e quantidade de recursos disponibilizados para esta aplicação.

Como o objetivo do nosso estudo não é desenvolver um sistema de detecção, iremos apresentar uma possível solução para o desenvolvimento do software.

Abaixo é apresentado um fluxograma que pode ser utilizado como base para a criação do código fonte.

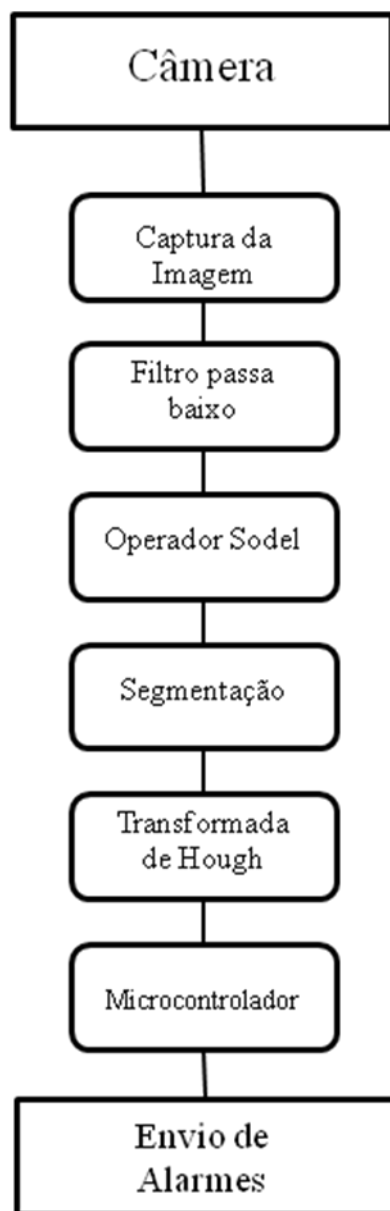


Figura 17: Exemplo de fluxo de dados do software.

Descrevendo o fluxograma, temos o passo a passo para realização do software, onde o mesmo realiza a captura da imagem da webcam, aplica um filtro de média (passa baixa) para remoção de ruídos na imagem capturada, já transformando a mesma de colorida para níveis de cinza. Nesta nova imagem é aplicado o operador Sobel para detecção de bordas, a imagem é segmentada para aplicação da transformada de Hough e com a mesma é feito a detecção dos círculos referentes aos olhos. Para constatar se os olhos estão abertos ou fechados, o programa deverá estar apto a realizar contagem de pixels, pois é através da

contagem dos pixels que poderemos constatar se os estão abertos ou fechados. (MACIONKI, Anderson e STUMPF, K. W. 2009).

Para finalizar, deve ser verificado o percentual de abertura dos olhos no decorrer do tempo, se contestado que o motorista está com os olhos fechados por mais de 20% do tempo, para uma média estabelecida, é atestada a sonolência do mesmo e um alarme é enviado ao motorista. (PERCLOS, 1998).

3.2 Sistema de controle de Mudança de faixa

O controle de mudança de faixa, é um sistema desenvolvido para monitora o campo ao redor do veículo, no caso de uma aproximação de um segundo veículo que não está no campo de visão dos retrovisores. O sistema foi desenvolvido para alertar o condutor de forma que auxilie na realização manobras e mudanças de faixas em vias ou estradas.

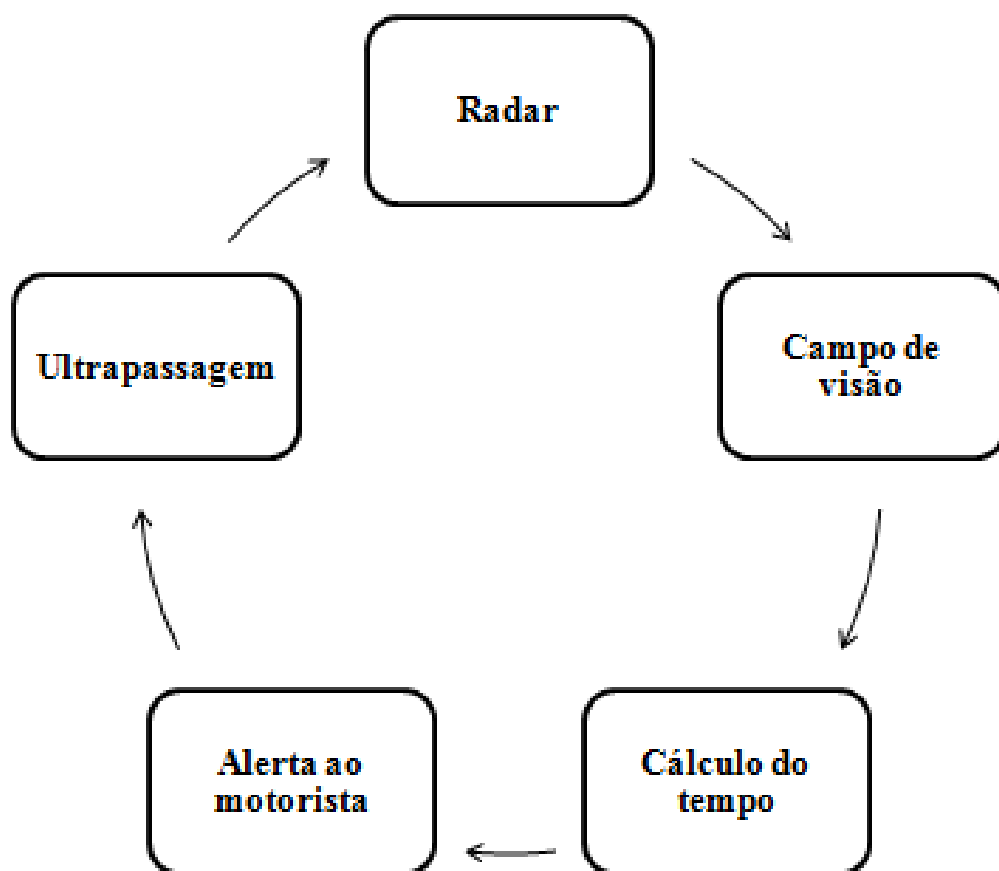


Figura 18: Fluxo de funcionamento do sistema de controle de mudança de faixa.

3.2.1 Funcionamento do sistema

Quando a velocidade do veículo encontra-se inferior a 50km/h, o sistema permanecerá ativo, mas em estado passivo. No painel de instrumentos acenderá uma luz de cor amarela que tem por objetivo indicar o funcionamento do sistema. Se a velocidade do veículo atingir, ou até mesmo ultrapassar 60km/h, o sistema também se encontrará ativo, porém agora a luz no painel ficará verde.

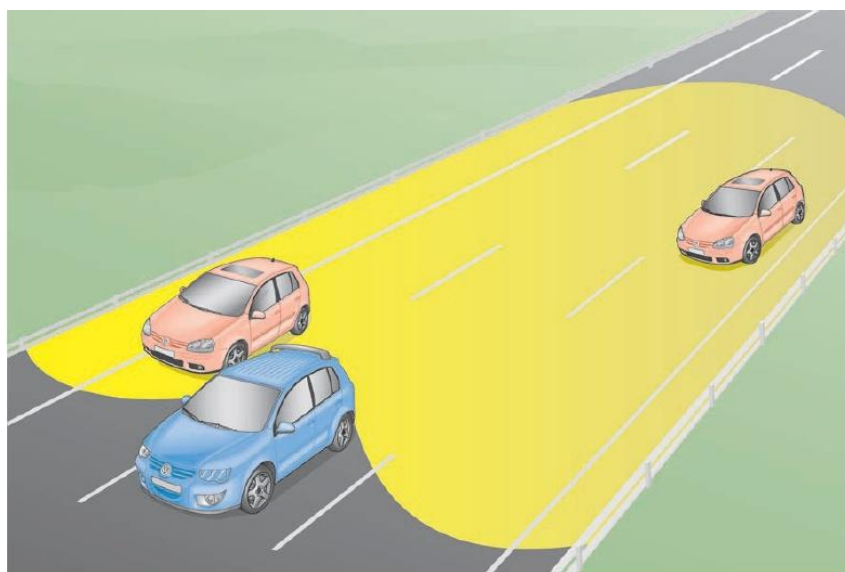


Figura 19: Ilustração do Campo De Visão Do Radar Volkswagen. (VOLKSWAGEN AG; 2005).

O sistema detecta obstáculos na zona traseira e nas zonas laterais do veículo. A zona de detecção alcança uma largura de aproximadamente 3,8m e abrange desde a coluna B até 50m atrás do veículo. (VOLKSWAGEN AG; 2005).

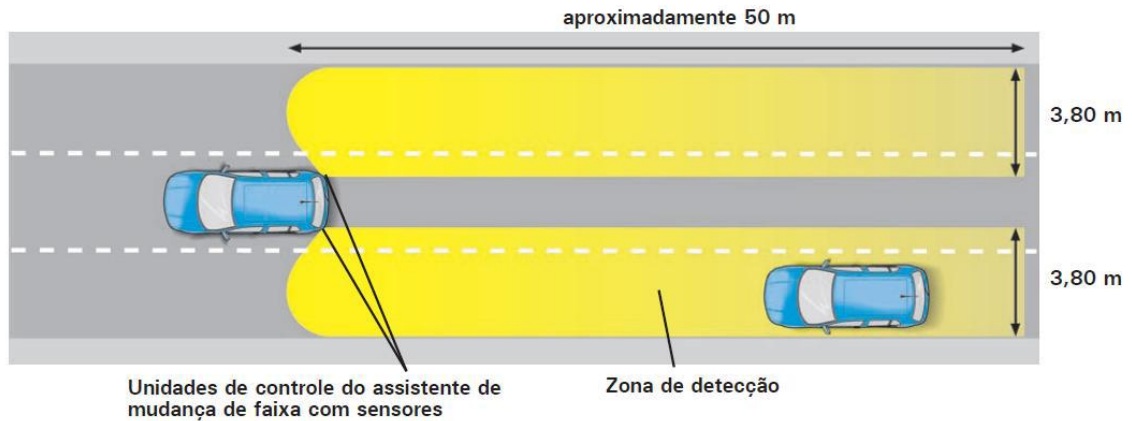


Figura 20: Alcance Do Radar. Volkswagen. (VOLKSWAGEN AG; 2005).

Os sensores que são alojados nas unidades de controle detectam, mediante ondas de radar, a presença de obstáculos dentro da zona do ponto cego. Estes obstáculos são detectados pela respectiva unidade de controle do assistente de mudança de faixa, e é calculado o tempo até uma hipotética colisão. Dessa forma é comprovado se o obstáculo detectado dentro do ponto cego mantém a mesma velocidade do veículo, se afasta lentamente ou se aproxima. Se o tempo calculado é inferior a um valor pré-determinado, o sistema irá alertar o condutor, caso o mesmo possa ter acionado as luzes indicadoras de direção .

Com o auxílio do sensor radar, o assistente de mudança de faixa vigia as zonas de circulação laterais e traseira do veículo, se o condutor tem a intenção ou inicia a manobra para a mudança de faixa sinalizando através dos indicadores de direção o sistema envia um sinal para que os led's, localizados nos espelhos retrovisores, acendam e o condutor possa corrigir a manobra, deste modo evita uma colisão do veículo. Se dentro da zona de detecção existe um veículo, ou o mesmo se aproxima com uma velocidade maior, o sistema avisa o condutor. Caso o condutor tente mudar de faixa nesta situação, o sistema aciona as luzes de advertência, indicando uma possível colisão.

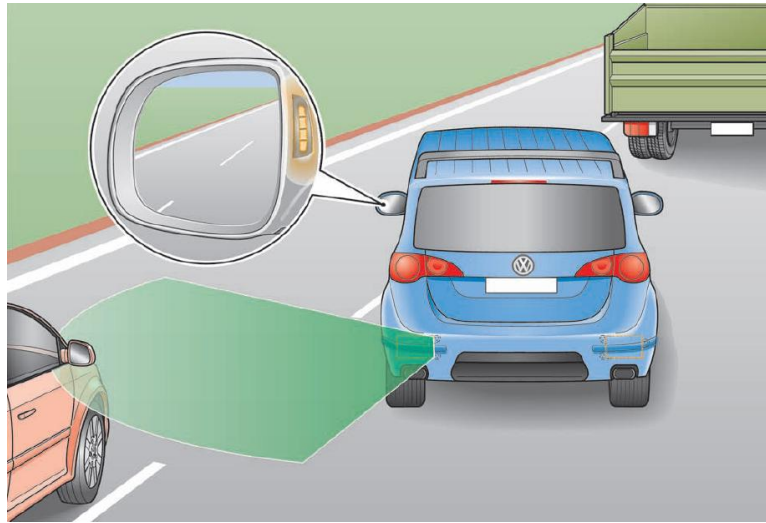


Figura 21: Representação do risco de acidente. (VOLKSWAGEN AG; 2005).

As luzes de advertência são localizadas nos espelhos retrovisores externos. Diante de uma possível colisão, as luzes do assistente de mudança de faixa são acesas do lado correspondente e a mesma permanecem acesas até que o veículo saia do campo de detecção.

Os alertas são emitidos quando for detectada a presença de um veículo e o condutor acionar as luzes indicadoras de direção para indicar sua intenção de mudança de faixa na direção desse mesmo veículo. A luz de aviso do assistente de mudança de faixa do lado correspondente assume o estado intermitente, mas o fará durante um tempo limitado, retornando ao nível informativo. Só será emitido um novo aviso quando as luzes de direção estiverem acionadas, ou o sistema deixar de detectar um possível perigo e em seguida os sensores detectarem novamente a presença de um veículo. Além disso, o aviso volta a ser ativado quando as luzes de direção forem desativadas e ativadas novamente. (VOLKSWAGEN AG; 2005).

Se houve ultrapassagem de um veículo ou o mesmo se afasta depois da ultrapassagem, o sistema manterá ativado o nível informativo ou o de aviso enquanto a diferença de velocidade não supere os 15 km/h aproximadamente, a partir 15km/h não haverá nenhuma informação a ser visualizada sobre o objeto detectado.

3.2.1.1 Diagnose

O sistema utiliza, para seu diagnóstico, o aparelho de uso exclusivo da rede autorizada VAS scanner, que através do conector OBD II estabelece a comunicação com a

UC do assistente de mudança de faixa, o sistema de diagnóstico possui funções . (VOLKSWAGEN AG, 2005). Funções:

- Consulta a memória de avarias: Permite a verificação dos códigos de erros que estão gravados na UC do assistente, com essas informações, o técnico inicia o diagnóstico, no código de avaria está descrito qual o tipo de falha apresentada e seu respectivo componente;
- Identificação das unidades na rede: Permite ao técnico verificar se todas as unidades estão conectadas e qual o estado de cada um delas na rede;
- Leitura do bloco dos valores de medição: Essa função permite que os dados dos sensores e atuadores fiquem disponíveis para consulta. Essa ferramenta possibilita comparação através dos valores nominais e acompanhamento de atuadores;
- Apagar as memórias de erro: Essa função limpa a memória de erro, para que o erro seja apagado. É importante que o defeito esteja corrigido, caso contrário a avaria voltará a constar na memória;
- Teste de atuadores: Tem a função de realizar testes através de um programa assistido dos atuadores e seu funcionamento, através desses testes é possível observar o funcionamento dos componentes isoladamente;
- Adaptação: Realiza a adaptação de peças substituídas com a função de apresentar esse novo componente ao sistema;
- Codificação: É necessário realizar a codificação, pois é através dela que as unidades identificam os componentes que compõem todo o sistema. De acordo com cada codificação dos componentes, os mesmos podem ter comportamentos diferenciados;
- Ajuste básico: Através dessa função é possível ajustar os componentes de forma que os parâmetros de funcionamento sejam restabelecidos após uma queda de comunicação;



Figura 22: Equipamento de diagnose VAS 5051B. (VOLKSWAGEN AG, 2005).

3.2.1.2 Calibração

Quando temos uma intervenção na região dos radares, como um reparo de remoção do para-choque, uma colisão na região traseira do veículo ou mudança na posição dos radares, a calibração será necessária.

A calibração só poderá ser realizada se houver um quadro de calibração e o gerador Doppler, que são utilizados em conjunto e estabelecem um parâmetro para sistema operar corretamente.

Durante a calibração são emitidas ondas de radar que refletem o gerador Doppler, simulando um veículo em movimento. É esperado uma quantidade determinada de ondas de radar em um determinado período de tempo, a partir de uma posição definida do gerador Doppler como ilustra a Figura 33.

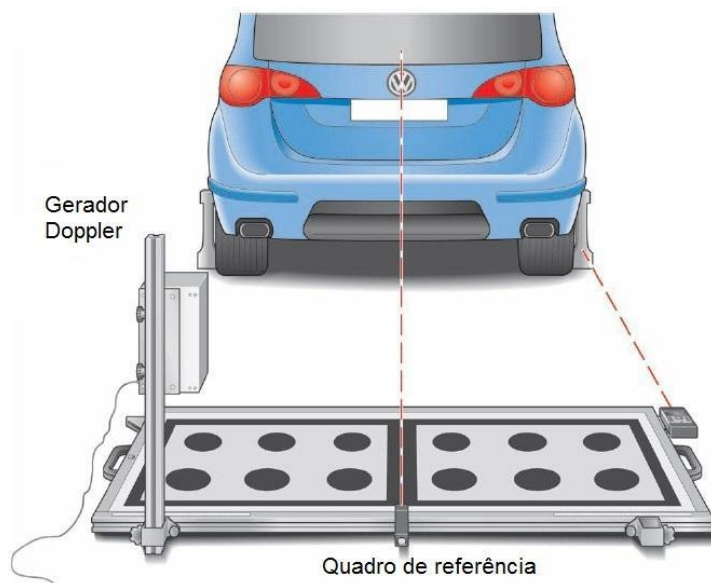


Figura 23: Processo de calibração do assistente de mudança de faixa. (VOLKSWAGEN AG, 2005).

3.2.2 Critérios para composição do sistema de mudança de faixa

3.2.2.1 Visibilidade

Uma boa visibilidade da faixa de trânsito e dos elementos que a compõem é um importante item de segurança para uma condução segura. Embora haja regulagem dos espelhos retrovisores para melhorar a visibilidade e minimizar as limitações visuais do condutor, não se pode alterar as características originais do veículo. (BOSCH, 2005).

Devido a limitações de visibilidade durante uma mudança de faixa, torna-se possível ocorrer acidentes envolvendo obstáculo ou pessoas. Visibilidade é um fator fundamental para reduzir a eminência de acidentes.

3.2.2.2 Espelho retrovisor externo

Tem como função proporcionar ao condutor uma visão da lateral do veículo, fixado nas laterais do veículo, na superfície externa do mesmo. Este componente auxilia o condutor em mudanças de faixas ou mesmo em uma manobra.

Devido à diferença da distância entre o condutor e os retrovisores externos, o do lado direito, que possui a maior distância, é construído com espelho convexo, com curvatura externa ao plano do espelho proporcionando um aumento no campo de visão do motorista. No

retrovisor do lado esquerdo, os espelhos são planos. A ampliação do campo de visão do condutor é uma alternativa encontrada pela indústria para não utilizar retrovisores muito grandes, que prejudicariam o design e estabilidade do veículo. (BOSCH, 2005).



Figura 24: Visão proporcionada pelo espelho retrovisor externo. (BOSCH, 2005).

3.2.2.3 Espelho retrovisor interno

Proporciona ao condutor uma visão traseira do veículo. Pode ser localizado na parte superior central no para-brisa do lado interno ou na parte frontal do teto do veículo. Possui um tamanho reduzido para não prejudicar a visibilidade frontal, porém, há relatos de ocorrências de acidentes causados justamente pela visibilidade reduzida. (BOSCH, 2005).

Denomina-se visibilidade traseira a visão que o condutor tem dos elementos externamente atrás do veículo.



Figura 25: Visão proporcionada pelo espelho retrovisor interno. (BOSCH, 2005).

3.2.2.4 Vidro traseiro

Influenciam diretamente na visibilidade traseira, as dimensões do vidro traseiro, formato e os acessórios, como os encostos de cabeça dos bancos traseiros.

Vidro fixo na sua grande maioria na tampa traseira do veículo (tampa do porta-malas), no caso de picapes, por exemplo, o vidro é preso à carroceria. Possibilita a visibilidade de objetos ou pessoas durante a rodagem e manobras com veículo, é através dele que o motorista visualiza com auxílio do espelho retrovisor interno. Neste vidro também pode ser instalado alguns acessórios, como desembaçador traseiro, brake-lights (luz de freio) e limpador para auxiliar em dias de chuva. (BOSCH, 2005).

3.2.2.5 Carroceria

Estrutura que envolve o veículo e na sua grande maioria define o seu formato. É constituído pelo cofre do motor, habitáculo do passageiro e porta malas. Devido à popularização do automóvel, várias especificações surgiram para definir os tipos de carroceria. Algumas são montadas separadas do chassi do automóvel, outras já fazem parte da estrutura do carro (estilo de construção conhecido como monobloco). (VOLKSWAGEN AG, 2009).

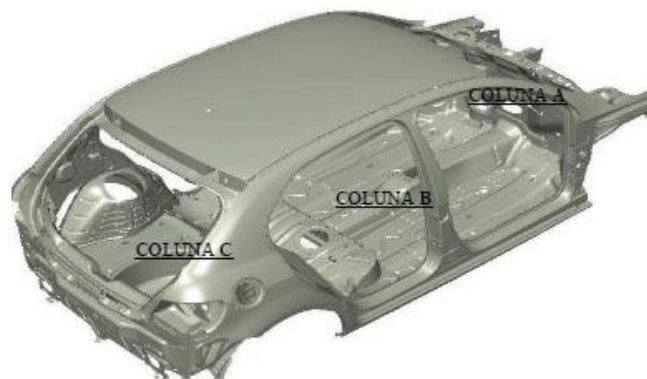


Figura 26: Carroceria novo Gol. (VOLKSWAGEN AG, 2009).

3.2.2.6 Ponto cego

São classificadas de pontos cegos as áreas em que um elemento, na parte exterior do carro é ocultado por uma obstrução ou limitação da visibilidade, ou seja, essas áreas ficam bem do lado do veículo mais fora do campo de visão do motorista. (CAVALCANTI, F. 2009).

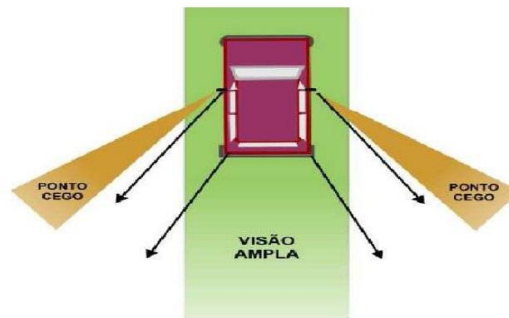


Figura 27: Ponto cego do veículo. (CAVALCANTI, F., 2009).

A necessidade para visão direta de outras áreas em torno do veículo, ou de partes diferentes na via, pode depender de circunstâncias em manobra ou em mudança de faixa, onde existe a necessidade para a detecção dos objetos no campo visual periférico. (BOSCH, 2005).

As colunas de fixação do teto, são as maiores causadoras do ponto cego, devido a sua construção limita um ponto do veículo que fica sem visibilidade para o condutor (coluna A, coluna B e coluna C) conforme a Figura 27.

Ultimamente o setor automotivo vem desenvolvendo projetos com o objetivo de aumentar a segurança veicular, e a diminuição dos pontos cegos é o principal fator analisado. Já existem no mercado alguns veículos com tecnologia de ponta, com pequenas câmeras instaladas nos pára-choques traseiros, permitindo que o condutor possa visualizar a área traseira do veículo, ao realizar a manobra de marcha à ré. (CAVALCANTI, F., 2009).

No Brasil algumas montadoras já oferecem automóveis com sensores de distância, instalados na região traseira do veículo, mais precisamente nos pára-choques, com o objetivo de detectar limitação no percurso de ré. Esse tipo de sistema emite um sinal sonoro alertando o condutor para o perigo de colisão quando o veículo está muito próximo a um obstáculo. (CAVALCANTI, F., 2009).

4 NOVAS TECNOLOGIAS

O mercado automobilístico vêm crescendo muito , tecnologicamente falando, para garantir cada vez mais a segurança e integridade dos ocupantes do veículo e fora dela. Como exemplo, citaremos abaixo duas tecnologias novas no mercado que podem melhorar ainda mais a diminuir o número de acidentes nas vias.

4.1 Sensor de Detecção de Álcool

Devido o alto número de acidentes causados pelo consumo de bebidas alcólicas foi desenvolvido um sistema que detecta o nível de álcool no organismo do condutor do veículo. Essa detecção pode ser feita de três formas diferentes:

Uma delas é através de sensores inseridos no volante e no câmbio e/ou freio de mão. Esses sensores detectam o nível de álcool através da transpiração na palma da mão do motorista. Caso o nível de álcool seja superior ao permitido, o sistema bloqueia automaticamente o veículo, deixando-o imobilizado, e informa o condutor por meio de alerta de voz e mensagem no monitor do sistema de navegação. Além disso, sensores de odor também são instalados dentro do veículo para auxiliar na detecção.

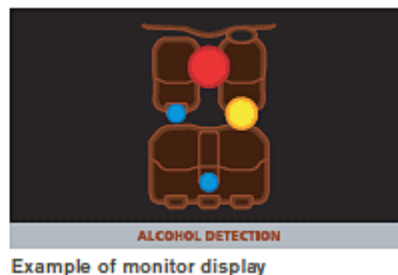
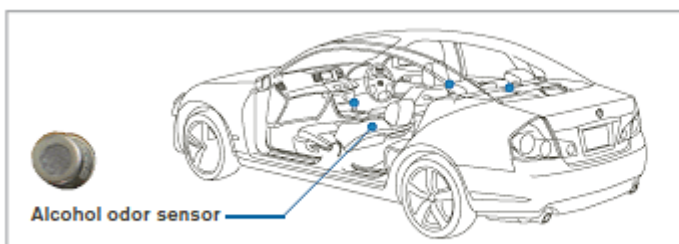


Figura 28: Sensor detector de Álcool. (www.nissan-global.com)

Uma outra forma de detectar se o condutor está embriagado é pelo monitoramento de seu rosto. Uma câmera é montada no painel de instrumentos, de frente para o motorista para monitorar o rosto do mesmo. O sistema é calibrado para monitorar o estado de consciência do condutor através do piscar dos olhos. Quando o sistema detecta sinais de sonolência, voz e mensagem de alerta é acionado através do sistema de navegação. Além disso, um mecanismo de cinto de segurança é ativado, que aperta em torno do condutor para ganhar a sua atenção imediata.



Figura 29: Monitoramento facial. (www.nissan-global.com/)

Por fim, pode-se detectar se o motorista está alcoolizado monitorando constantemente o comportamento operacional do veículo (por exemplo, detectar se o veículo está fora de sua faixa de rodagem), o sistema pode identificar sinais de desatenção ou distração do motorista. Quando o sistema detecta esse tipo de comportamento, os alertas de voz e mensagem são emitidos através da navegação.

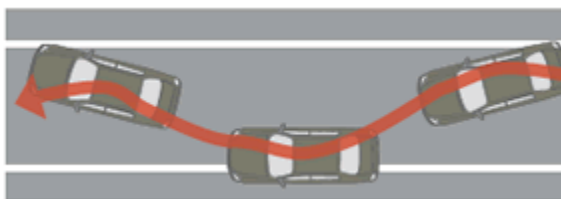


Figura 30: Monitoramento operacional do veículo. (www.nissan-global.com)

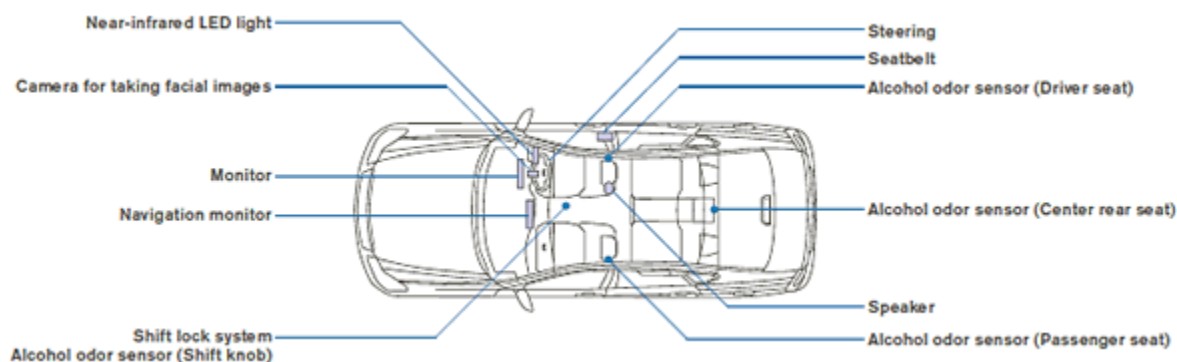


Figura 31: Configuração do sistema. (www.nissan-global.com)

4.2 Assistente de Emergência

Outra novidade no mercado automobilístico é o Assistente de Emergência, que atualmente tem sido muito utilizado nos EUA.

Essa tecnologia tem por objetivo reduzir o tempo de resposta no resgate à vítimas de acidentes, auxiliando os ocupantes do veículo a fazer uma chamada para o grupo de resgate informando com precisão a localização do acidente.

O Assistente de Emergência inicia uma chamada de emergência através de Bluetooth ligado do telemóvel do ocupante. O sistema reproduz uma mensagem introdutória e, em seguida, transmite a localização do acidente coordenadas utilizando a unidade de bordo GPS. Assistência de Emergência salva segundos cruciais, colocando uma chamada diretamente para os operadores de serviços de emergência, em vez de informar primeiro uma central de atendimento.

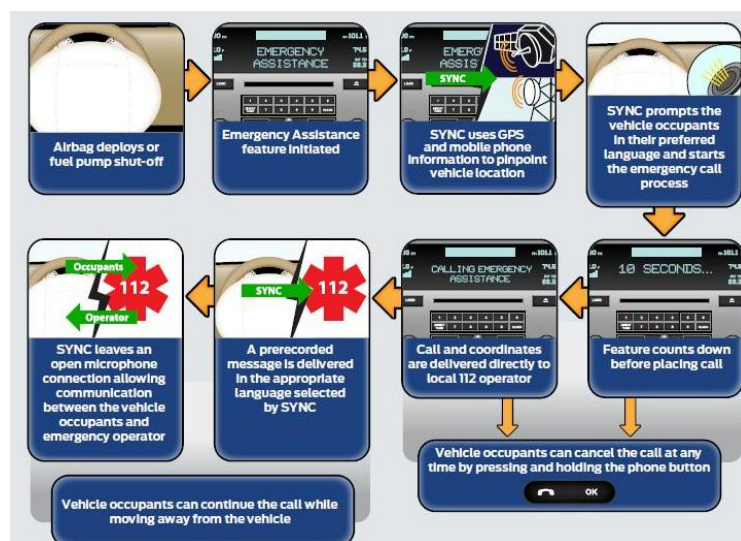


Figura 32: : FLUXO DE FUNCIONAMENTO DO ASSISTENTE DE EMERGÊNCIA (TELEMATICS NEWS -FORD)

5 CONCLUSÃO

Com o intuito de aumentar a segurança e a integridade dos ocupantes do veículo, diversas tecnologias estão sendo criadas, como o detector de sonolência e o sensor de direção mostrados neste trabalho. Estes sistemas podem estar interligados às outras tecnologias atuais, o que tem reduzido a dependência da ação do motorista com relação segurança veicular..

Com o resultado desse estudo aprendemos a importância, funcionamento e aplicações dos equipamentos de segurança veicular ativa, em especial os sistemas de monitoramento do motorista (Detector de sonolência e Sensor de direção), além de podermos dizer com absoluta certeza que os sistemas apresentados, e os demais sistemas existentes mais as tecnologias em desenvolvimento, são uma grande tendência mundial, e que sua extensão é aplicada até mesmo em veículos elétricos.

Portanto, podemos concluir que as tecnologias apresentadas nesse estudo é uma interação entre os sistemas mecânicos e elétricos com controle eletrônico, tendo assim respostas em tempo real possibilitando a redução de acidentes em longa escala contribuindo para a sociedade com a redução de acidentes.

6 TRABALHOS FUTUROS

Como apresentado neste trabalho, vimos a importância dos sistemas de segurança veicular ativa, e com isso, damos algumas sugestões, dentre as diversas possibilidades, de continuação desse trabalho para os próximos alunos:

- Desenvolvimento de um protótipo do detector de sonolência e/ou sensor de direção;
- Pesquisa aprofundada sobre as novas tecnologias apresentada (Sensor de detecção de Álcool e Assistente de emergência).
- Desenvolvimento de um protótipo do sensor de detecção de álcool e/ou assistente de emergência.
- Estudo mais aprofundado sobre estatísticas de acidentes relacionando os sistemas de segurança veicular.

7. REFERÊNCIAS

- [1] BERTOCCHI, Marcelo. *“Segurança Veicular: acidentes de trânsito, colisões veiculares, cintos de segurança, airbags, história da segurança veicular, dados sobre acidentes, proteção aos pedestres e muito mais”*; Skill, 2005.
- [2] AZEREDO, Eduardo. Autor do projeto de lei nº 1825/07, que trata da inclusão do sistema de Airbag como item básico nos automóveis fabricados a partir de 2014. Ofício nº 243/09/OS-GSE; Camara dos Deputados da Federação; 2009.
- [3] ONG POR VIAS SEGURAS, Associação Brasileira de Prevenção dos Acidentes de Trânsito; Homepage: www.vias-seguras.com, seção “Tipos de Acidentes”; 2006.
- [4] BOSCH, Manual de Tecnologia Automotiva 25º ed. Editora Edgard Blücher; 2005.
- [5] DENATRAN, manual brasileiro de sinalização de trânsito “Volume 1 : Sinalização Vertical de Regulamentação”, seção “Prefácio, aprovação baseada na resolução CONTRAN nº180/2005”; 2005.
- [6] PROJETO IMPACTO, projeto desenvolvido por alunos e professores da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP. Fonte: www.fem.unicamp.br, seção “atividades extra curriculares – Impacto”; 2007.
- [7] PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, lei nº 14.223 de 26 de Setembro de 2006 sobre limites e regulamentação de propagandas em vias urbanas na cidade de São Paulo; 2006.
- [8] DENATRAN, resolução nº 312 de abril de 2009 sobre a obrigatoriedade do uso do sistema ABS nos veículos novos saídos de fábrica, nacionais e importados a partir de 2014;
- [9] Histórico de segurança ativa
Fonte: <http://www.motorpasion.com.br/seguranca/entenda-melhor-seguranca-passiva-e-ativa-nos-veiculos>, <http://forum.motorclassico.pt/showthread.php?t=7471>
- [10] Segurança ativa e passiva
Fonte: <http://forum.motorclassico.pt/showthread.php?t=7471>
- [11] GARDINALLI, GERALDO JOSÉ *“Comparação do desempenho de frenagem simulada x experimental de um veículo de passeio com freios hidráulicos e ABS”*, 2005
- [12] LIMA, MARCOS LEANDRO *“Apresentação do sistema FCW como alternativa para diminuir acidentes de trânsito do tipo colisão traseira”* 2011
- [13] Laurence Hartley, Tim Horberry & Nick Mabbott & Gerald P Krueger, *“REVIEW OF FATIGUE DETECTION AND PREDICTION TECHNOLOGIES”* 2010
- [14] Davies, E.R. *“Machine Vision: theory, algorithms, and practicalities”*, Academic Press: San Diego, 1997.

- [15] Dirt Cheap Frame Grabber (DCFG) documentation, file dcfg.tar.z available
Fonte: <http://cis.nmclites.edu/ftp/electronics/cookbook/video/>
- [16] Eriksson, M & Papanikolopoulos, N.P. “Eye-tracking for Detection of Driver Fatigue”, *IEEE Intelligent Transport System Proceedings* (1997), pp 314-319.
- [17] Gonzalez, Rafael C. and Woods, Richard E. “Digital Image Processing”, *Prentice Hall*: Upper Saddle River, N.J., 2002.
- [18] Grace R., et al. “A Drowsy Driver Detection System for Heavy Vehicles”, *Digital Avionic Systems Conference, Proceedings, 17th DASC. The AIAA/IEEE/SAE, I36/1 - I36/8* (1998) vol. 2.
- [19] Perez, Claudio A. et al. “Face and Eye Tracking Algorithm Based on Digital Image Processing”, *IEEE System, Man and Cybernetics 2001 Conference*, vol. 2 (2001), pp 1178-1188.
- [20] Weirwille, W.W. (1994). “Overview of Research on Driver Drowsiness Definition and Driver Drowsiness Detection,” *14th International Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles*, pp 23-26.
- [21] Marice, E. “Montagem Experimental Para Caracterização de Câmeras Digitais” 2011. 146pgs. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- [22] Goretti, K. “Estruturas APS Resistentes à Radiação para Aplicações Espaciais” 2006. 118pgs. Dissertação (Mestrado em Ciências Em Engenharia Elétrica) - Corpo Docente Da Coordenação Dos Programas De Pós-Graduação De Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- [23] Capacitor Mos – Molecular Expressions: Images from the microscope – disponível em: <<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/digitalimaging/concepts/images/moscapacitorfigure1.jp>>, acessado em 23 de Junho de 2012.
- [24] Lemos, H. “Projeto De Circuitos Para Compressão De Imagens No Plano Focal De Câmeras CMOS” 2012. 108pgs. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- [25] Lunardi, D. “Openmocap: Uma Aplicação de Código Livre Para a Captura Óptica de Movimento” 2009. 91pgs. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Ciências Exatas. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- [26] Singh, Sarbjit and Papanikolopoulos, N.P. “Monitoring Driver Fatigue Using Facial Analysis Techniques”, *IEEE Intelligent Transport System Proceedings* (1999), pp 314-318.
- [27] Ueno H., Kanda, M. and Tsukino, M. “Development of Drowsiness Detection System”, *IEEE Vehicle Navigation and Information Systems Conference Proceedings*, (1994), ppA1-3,15-20.

[28] Banco de dados de imagens Gstatic disponível em: <http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRX2LwQw9V_kWyarFKA4SMJzCQC9uG7ArHTCyQHKeFBB5SaKHYYIODlsVm2w>

[29] Goretti, K. “Estruturas APS Resistentes à Radiação para Aplicações Espaciais” 2006. 118pgs. Dissertação (Mestrado em Ciências Em Engenharia Elétrica) - Corpo Docente Da Coordenação Dos Programas De Pós-Graduação De Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

[30] YING-DONG, Q; CHENG-SONG, C.; SAN-BEN C.; JIN-QUAN L. A fast subpixel edge detection method using Sobel–Zernike moments operator - Image and Vision Computing, Volume 23, Issue 1, January 2005, Pages 11-17

[31] RHODY, H. Hough Circle Transform. Chester F. Carlson Center for Imaging Science. Rochester Institute of Technology, October 2005. Disponível em <http://www.cis.rit.edu/class/simg782/lectures/lecture_10/lec782_05_10.pdf>

[32] PERCLOS: A Valid Psychophysiological Measure of Alertness As Assessed by Psychomotor Vigilance, FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION • OFFICE OF MOTOR CARRIERS, Washington, 1998. Disponível em <<http://www.fmcsa.dot.gov/documents/tb98-006.pdf>>

[33] MACIONKI, Anderson e STUMPF, Kessler Wagner, “Sistema de Monitoramento Veicular e Sonolência em Motoristas” - UNIVERSIDADE POSITIVO NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO, 2009

[34] VOLKSWAGEN AG; Assistente para mudança de faixa – Desenho e Funcionamento; Service Training, 1ª Edição, 2005.

[35] BOSCH, Manual de Tecnologia Automotiva 25º Ed. Editora Edgard Blücher; 2005. BROEDEL, A.; SANTOS, H. G. “Sistema de auxílio de estacionamento modularizado com protocolo CAN” FATEC/SA – Faculdade de tecnologia de Santo André – Trabalho de conclusão de curso: 2011

[36] VOLKSWAGEN AG; Carroceria novo Gol; Service Training, 2009.

[37] CAVALCANTI, Fabiana Aparecida Dias. “A alfabetização científica e tecnológica de condutores e os espelhos retrovisores”, Universidade Católica de Brasília, 2009.