

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**ENGENHARIA ELECTRÓNICA**

**Trabalho de Licenciatura**

***Sistema Automático de Detecção de Infracções Rodoviárias  
com Reconhecimento Facial do Infractor e OCR da Matrícula  
do Veículo, na Estrada Circular de Maputo***

**Autor:**

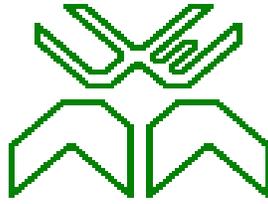
Édipo Cristóvão Tovele

**Supervisor:**

Doutor Gonçalves J. Doho, Eng.

**Coordenador:**

Eng. Julián Garzón



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**ENGENHARIA ELECTRÓNICA**

**Trabalho de Licenciatura**

***Sistema Automático de Detecção de Infracções Rodoviárias  
com Reconhecimento Facial do Infractor e OCR da Matrícula  
do Veículo, na Estrada Circular de Maputo***

**Autor:**

Édipo Cristóvão Tovele

**Supervisor:**

Doutor Gonçalves J. Doho, Eng

**Coordenador:**

Eng. Julián Garzón

**TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO**

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA**

Declaro que o estudante **Édipo Cristóvão Tovele** entregou no dia \_\_\_/\_\_\_/20\_\_ as cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência:\_\_\_\_\_ intitulado: ***Sistema Automático de Detecção de Infracções Rodoviárias com Reconhecimento Facial do Infractor e OCR da Matrícula do Veículo, na Estrada Circular de Maputo***

Maputo, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

O Chefe de Secretaria

\_\_\_\_\_

**GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO**  
**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO**

Nome do estudante: **Édipo Cristóvão Tovele**

Referência do tema: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_

Título do tema: **Sistema Automático de Detecção de Infracções Rodoviárias com Reconhecimento Facial do Infractor e OCR da Matrícula do Veículo, na Estrada Circular de Maputo**

<b>1. Resumo</b>					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
<b>Secção 1 subtotal (max: 5)</b>					

<b>2. Organização (estrutura) e explanação</b>										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 2 subtotal(max: 45)</b>										

<b>3. Argumentação</b>										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
<b>Secção 3 subtotal(max: 30)</b>										

<b>4. Apresentação e estilo da escrita</b>					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
<b>Secção 4 subtotal(max: 20)</b>					

<b>Total de pontos (max: 100)</b>	
-----------------------------------	--

<b>Nota (=Total*0,2)</b>	
--------------------------	--

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

**GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA  
(PELO JÚRI)**

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA  
F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA**

Nome do estudante: **Édipo Cristóvão Tovele**

Referência do tema: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Título do tema: ***Sistema Automático de Detecção de Infracções Rodoviárias com Reconhecimento Facial do Infractor e OCR da Matrícula do Veículo, na Estrada Circular de Maputo***

<b>1. Introdução</b>										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na Introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 1 subtotal(max: 10)</b>										

<b>2. Organização e explanação</b>										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
<b>Secção 2 subtotal(max: 25)</b>										

<b>3. Estilo da apresentação</b>										
3.1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audio-visuais	1	2	3	4	5					
<b>Secção 3 subtotal(max: 15)</b>										

<b>4. Defesa</b>										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 3 subtotal(max: 50)</b>										

<b>Total de pontos (max: 100)</b>		<b>Nota (=Total*0,2)</b>	
-----------------------------------	--	--------------------------	--

**FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE (PELO SUPERVISOR)**  
**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE**

(Auxiliar para o supervisor)

Nome do estudante: **Édipo Cristóvão Tovele**

Referência do tema: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Título do tema: ***Sistema Automático de Detecção de Infracções Rodoviárias com Reconhecimento Facial do Infractor e OCR da Matrícula do Veículo, na Estrada Circular de Maputo***

Indicador	Classificação				
	1	2	3	4	5
<b>Atitude geral</b> (manteve uma disposição positiva e sentido de humor)					
<b>Dedicação e comprometimento</b> (Deu grande prioridade ao projecto e aceitou as responsabilidades prontamente)					
<b>Independência</b> (realizou as tarefas independentemente, como prometido e a tempo)					
<b>Iniciativa</b> (viu o que devia ter sido feito e fê-lo sem hesitar e sem pressões do supervisor)					
<b>Flexibilidade</b> (disponibilidade para se adaptar e estabelecer compromissos)					
<b>Sensibilidade</b> (ouviu e tentou compreender as opiniões dos outros)					
<b>Criatividade</b> (contribuiu com imaginação e novas ideias)					
<b>Total de pontos (max: 35)</b>					

Valor do classificador	Cotação obtida	Significado
	1	Não aceitável (0 a 9 valores)
	2	Suficiente (10 a 13 valores)
	3	Bom (14 a 16 valores)
	4	Muito Bom (17 a 18 valores)
	5	Excelente (19 a 20 valores)

<b>Total de pontos (max: 35)</b>		<b>Nota (=Total*20/35)</b>	
----------------------------------	--	----------------------------	--

## FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

### F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante: **Édipo Cristóvão Tovele**

Referência do tema: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Título do tema: ***Sistema Automático de Detecção de Infracções Rodoviárias com Reconhecimento Facial do Infractor e OCR da Matrícula do Veículo, na Estrada Circular de Maputo***

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO(%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

<b>CLASSIFICAÇÃO FINAL <math>=(N1*A+N2*B)/100</math></b>	
--	--

OS MEMBROS DO JURI:

O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	

**TERMO DE ATRIBUIÇÃO DO TEMA DO TL**  
**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**TERMO DE ATRIBUIÇÃO DE TEMA DE TRABALHO DE LICENCIATURA**

REFERÊNCIA DO TEMA:		Data:	
---------------------	--	-------	--

**1. TÍTULO DO TEMA**

**Sistema Automático de Detecção de Infracções Rodoviárias com Reconhecimento Facial do Infractor e OCR da Matrícula do Veículo, na Estrada Circular de Maputo**

**2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO TRABALHO A DESENVOLVER**

**2.1. Definição do Problema**

Uma das principais causas de acidentes rodoviários no mundo é a violação das regras de trânsito.

O desrespeito de regras básicas de trânsito, tais como o limite de velocidade, passar pelo semáforo vermelho, não respeitar a prioridade; entre outras infracções, são alguns dos grandes causadores de acidentes em todas as estradas moçambicanas com particular realce para a Cidade de Maputo.

Neste cenário, um aspecto particularmente negativo é que muitos condutores só procuram respeitar as regras de trânsito quando se apercebem da presença de um agente regulador de trânsito, com o receio de ser sancionados por eventual infracção, o que é um desafio, pois, desafortunadamente não é possível colocar agentes em todo o cruzamento e noutras partes duma imensa rede de rodovias com o mote de controlar os automobilistas nas 24 horas do dia. Tal função só pode ser eficientemente realizada por meios electrónicos que são de alto custo, importados, sendo praticamente inexistentes ou inoperantes na actualidade.

Por isso pretendemos com este projecto desenvolver um sistema de custo comparavelmente mais viável, que possa automatizar e melhorar o controle das rodovias, aprimorando a capacidade de detectar infracções e identificar os seus

autores bem como possivelmente registar outros actores ou factores relevantes. Um tal sistema é de excepcional interesse para a redução dos acidentes de viação, cujos índices de sinistralidade têm sido consistentemente altas, ceifando muitas vidas humanas e causando avultados danos materiais.

Desta forma, com tal sistema colocado em pontos adequadamente escolhidos, será possível fazer a detecção e registo automatizados a tempo inteiro das infracções rodoviárias mais relevantes e conseqüentemente reduzir a ocorrência dos acidentes de viação.

## **2.2. Relevância da pesquisa**

O sistema de controle de irregularidades rodoviárias em referência, deverá incluir entre outros, componentes de detecção de velocidade, reconhecimento facial e do chapa de matrícula; o que irá conferir ao serviço de gestão rodoviária um meio automático de monitoramento de certas irregularidades em pontos nevrálgicos da rede viária a tempo inteiro, uma qualidade de serviço tal, que seria extremamente difícil realizar com meios meramente humanos, sendo por isso muito relevante o estudo e a criação local de sistemas com as qualidades referidas, visando a redução do seu custo, para melhorar a sua sustentabilidade e disponibilidade, podendo daí ajudar a reduzir a quantidade e gravidade dos acidentes de viação, tomando, como caso de estudo, uma das principais avenidas da cidade de Maputo, um estudo que é igualmente relevante a quaisquer outras rodovias.

## **2.3. Objectivos**

### **2.3.1. Objectivo(s) geral(is)**

Desenvolver o protótipo de um sistema automático de detecção de infrações rodoviárias com reconhecimento facial do infractor e identificação da chapa de matrícula do veículo, com vistas em reduzir o índice de sinistralidade nas grandes rodovias do país, tomando como foco de estudo a estrada circular de Maputo.

### **2.3.2. Objectivos Específicos**

- a. Realizar um estudo básico (i) das características gerais físicas e de funcionalidade e regularidade da rodovia; (ii) dos incidentes, infracções e sinistros; e (iii) dos recursos e tecnologias usados para monitoramento e controle;
- b. Desenhar um sistema modular de monitoramento e detecção em tempo real de infracções rodoviárias, identificação do infractor e do respectivo veículo; consistindo-se ainda das seguintes partes e fases subsequentes:
  - ✓ Projectar e implementar o módulo de detecção do excesso de velocidade;
  - ✓ Projectar e implementar o módulo de detecção da passagem pelo semáforo vermelho;
  - ✓ Desenvolver um sistema que identifique o infractor e o veículo envolvidos nos incidentes detectados e comunicados pelos dois subsistemas anteriores, com recurso respectivamente ao reconhecimento facial e ao reconhecimento óptico de caracteres (OCR);
  - ✓ Conceber e implementar a interligação dos três subsistemas anteriores e ensaiar a sua funcionalidade integrada como um sistema único, compilar e avaliar os resultados.

### **2.4. Metodologia**

Para a realização do presente trabalho serão seguidas as seguintes etapas:

#### **i. Etapa conceptual**

- ✓ Escolha do tema e formulação do problema;
- ✓ Estabelecimento dos objectivos;
- ✓ Busca do enquadramento do projecto (por via de: visitas aos, e observação dos locais de interesse, entrevistas, elaboração de requisitos, esboços e especificações técnicas iniciais).

**ii. Revisão bibliográfica**

- ✓ Pesquisa de conceitos de base relacionados com o tema do projecto;
- ✓ Estudo e apresentação dos recursos, componentes e tecnologias possíveis e disponíveis para a concepção e implementação do projecto.

**iii. Elaboração da proposta de solução e sua implementação**

- ✓ Desenho, simulação, implementação e ensaio do protótipo;
- ✓ Apresentação e discussão de resultados.

**3. LOCAL DE REALIZAÇÃO**

Faculdade de Engenharia de Universidade Eduardo Mondlane

**SUPERVISORES**

	Nome	Assinatura
Da UEM	Doutor Eng. G. J. Doho	
Da Instituição		

**DATAS CHAVE**

Entrega do Tema		Previsão da Conclusão	
-----------------	--	-----------------------	--

Maputo, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Chefe da comissão científica

Visto do Chefe do Departamento

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Declaro que recebi o tema do Trabalho de Licenciatura na data acima indicada

Nome: **Édipo Cristóvão Tovele**

Assinatura: \_\_\_\_\_

**ACTA DE ENCONTROS REGULARES**  
**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA:		Data:	05/06/2021
---------------------	--	-------	------------

**1. AGENDA:**

<i>Avaliação da proposta do Projecto</i>
<i>Resumo do Projecto</i>
<i>Elaboração do plano de Actividades</i>

**2. PRESENÇAS**

Supervisor	<i>Doutor Gonçalves J. Doho, Eng</i>
Estudantes	<i>Édípo Cristóvão Tovele</i>

**3. RESUMO DO ENCONTRO:**

<i>No início da reunião apresentou-se verbalmente os objectivos e o funcionamento do projecto.</i>
<i>Após a apresentação do projecto o supervisor explicou como deve ser preenchido o anexo 5 e como elaborar o plano de actividades.</i>

**4. RECOMENDAÇÕES:**

Preencher o termo de atribuição do tema e enviar para o Docente
Fazer um resumo descritivo do projecto e enviar para o Docente
Elaborar o plano de actividades e enviar para o Docente

<b>5. OBSERVAÇÕES</b>	
-----------------------	--

<b>6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO</b>	16/07/2021
------------------------------------	------------

**ACTA DE ENCONTROS REGULARES**  
**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO		Data:	16/07/2021
TEMA:			

1. AGENDA:

<i>Verificação dos trabalhos da reunião anterior</i>
<i>Apresentação do termo de atribuição do tema e plano de atividades</i>
<i>Diversos</i>

2. PRESENÇAS

Supervisor	<i>Doutor Gonçalves J. Doho, Eng</i>
Estudantes	<i>Édipo Cristóvão Tovele</i>

3. RESUMO DO ENCONTRO:

<i>No início da reunião o Engenheiro fez a correção de alguns pontos relacionados o plano de atividades e termo de atribuição. Feito isso, avançou-se para algumas considerações sobre os assuntos a serem abordados no resumo teórico do trabalho.</i>
---

4. RECOMENDAÇÕES:

<i>Começar com a elaboração do resumo teórico</i>
<i>Enviar o termo de atribuição</i>

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	27/09/2021
-----------------------------	------------

**ACTA DE ENCONTROS REGULARES**  
**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA:		Data:	27/09/2021
---------------------	--	-------	------------

**5. AGENDA:**

<i>Verificação dos trabalhos da reunião anterior</i>
<i>Apresentação da primeira versão do trabalho</i>
<i>Diversos</i>

**6. PRESENCAS**

Supervisor	<i>Doutor Gonçalves J. Doño, Eng</i>
Estudantes	<i>Édipo Cristóvão Tovele</i>

**7. RESUMO DO ENCONTRO:**

<i>Verificação do primeiro relatório enviado e algumas recomendações relacionadas a organização do projecto, microcontrolador a utilizar para a programação do sistema, aspectos teóricos, entre outros.</i>
--

**RECOMENDAÇÕES:**

<i>Corrigir algumas partes do resumo teórico e enviar o resumo teórico corrigido</i>
<i>Enviar proposta das tecnologias a serem usadas na parte prática do trabalho</i>

<b>5. OBSERVAÇÕES</b>	
-----------------------	--

<b>6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO</b>	19/11/2021
------------------------------------	------------

**ACTA DE ENCONTROS REGULARES**  
**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA:		Data:	19/11/2021
---------------------	--	-------	------------

1. AGENDA:

<i>Análise do actual estágio do projecto</i>
<i>Apresentação e avaliação do relatório</i>
<i>Diversos</i>

2. PRESENCAS

Supervisor	Doutor Gonçalves J. Doho, Eng
Estudantes	Édipo Cristóvão Tovele

3. RESUMO DO ENCONTRO:

<i>Avaliação da proposta da parte prática e correção da estrutura teórica</i>
---

4. RECOMENDAÇÕES:

<i>Avançar com a parte prática</i>
<i>Enviar o relatório para o Docente</i>
<i>Mudar de microcontrolador</i>

5. OBSERVAÇÕES

--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	08/12/2021
-----------------------------	------------

**ACTA DE ENCONTROS REGULARES**  
**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA:		Data:	08/12/2021
---------------------	--	-------	------------

1. AGENDA:

<i>Apresentação e avaliação do relatório</i>
<i>Verificação das alterações feitas</i>
<i>Diversos</i>

2. PRESENCAS

Supervisor	Doutor Gonçalves J. Doho, Eng <sup>o</sup>
Estudantes	Édipo Cristóvão Tovele

3. RESUMO DO ENCONTRO:

<i>No início da reunião o Engenheiro fez a avaliação do relatório que foi enviado e verificou os avanços da parte prática do relatório.</i>
---

4. RECOMENDAÇÕES:

<i>Melhorar algumas partes do trabalho</i>
<i>Enviar o relatório mais atualizado para o Docente</i>

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	24/01/2022
-----------------------------	------------

**ACTA DE ENCONTROS REGULARES**  
**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA:		Data:	04/05/2022
---------------------	--	-------	------------

5. AGENDA:

<i>Apresentação e avaliação do relatório</i>
<i>Verificação das alterações feitas</i>
<i>Diversos</i>

6. PRESENCAS

Supervisor	Doutor Gonçalves J. Doho, Eng <sup>o</sup>
Estudantes	Édipo Cristóvão Tovele

7. RESUMO DO ENCONTRO:

<i>Apresentação do prototipo do sistema de reconhecimento facial com a câmara IP da HIKVISION</i>
---

8. RECOMENDAÇÕES:

<i>Incorporar o sistema de reconhecimento da matriculas</i>
<i>Incorporar o envio de multas a um gestor por email</i>

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	04/05/2022
-----------------------------	------------

**ACTA DE ENCONTROS REGULARES**  
**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA:		Data:	23/05/2022
---------------------	--	-------	------------

9. AGENDA:

<i>Apresentação e avaliação do relatório</i>
<i>Verificação das alterações feitas</i>
<i>Diversos</i>

10. PRESENÇAS

Supervisor	Doutor Gonçalves J. Doho, Eng <sup>o</sup>
Estudantes	Édipo Cristóvão Tovele

11. RESUMO DO ENCONTRO:

Apresentar o relatório final
------------------------------

12. RECOMENDAÇÕES:

<i>Correcção de aspectos finais</i>
<i>Aprovação e impressão final do relatório.</i>

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	
-----------------------------	--

**FICHA RESUMO DO TL**  
**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**FICHA-RESUMO DO TRABALHO DE LICENCIATURA**

Referência do tema: \_\_\_\_\_

Título do tema: ***Sistema Automático de Detecção de Infracções Rodoviárias com Reconhecimento Facial do Infractor e OCR da Matrícula do Veículo, na Estrada Circular de Maputo***

Nome do autor: **Édipo Cristóvão Tovele**

Supervisores: **Doutor Gonçalves J. Doho, Eng<sup>o</sup>**

RESUMO

Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de um sistema de detecção e controlo de irregularidades rodoviárias incluindo um subsistema de reconhecimento facial para a identificação do infractor, bem como e adicionalmente, o reconhecimento da chapa de matrícula, o que é seguido pelo envio da informação recolhida para um servidor o qual a disponibilizará para as autoridades competentes (Instituto Nacional de Transportes Rodoviários) para o seu tratamento.

Este sistema consiste de três componentes, nomeadamente: módulo de detecção do excesso de velocidade, módulo de detecção da passagem pelo semáforo vermelho e módulo de reconhecimento facial e do número da chapa de matrícula. Existe um quarto módulo que coordena os três subsistemas acima referidos, interligando-os por meio de comunicação serial, podendo daí trocar informações e tomar decisões. Caso um veículo esteja a mover-se a uma velocidade acima da recomendada na via, o módulo de monitoramento da velocidade activará o sistema de reconhecimento facial do condutor e de leitura da chapa de matrícula do veículo. Estas mesmas acções são activadas quando o veículo é detectado a passar pelo semáforo vermelho.

Estas informações (a imagem da face do condutor e o valor verdade do seu reconhecimento e de sua identificação, bem como a matrícula do veículo reconhecida via *OCR* (Reconhecimento Óptico de Caracteres), são enviados via email (o que pode ser feito por outras vias) a um servidor na Internet (*site* a ser disponibilizado pelo Instituto Nacional de Transportes Rodoviários) aonde seu adicional processamento irá ocorrer, incluindo o envio ou disponibilização de tal informação ao pessoal e órgãos competentes.

**Palavras-chave:** Reconhecimento Facial, OCR, Reconhecimento de Chapa de Matrícula, Módulo de Controlo de Velocidade, Módulo de Controlo de Semáforo, Sistemas Inteligentes de transporte

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente quero agradecer a Deus pela vida e por me permitir concluir mais uma etapa na vida.

Agradeço aos meus Pais Justino Tovele e Josefina Mucavele pelo amor incondicional, suporte, confiança e por sempre acreditarem nos meus sonhos e me ajudarem a concretiza-los.

Agradeço ao dr. Alberto Talhada e a sua esposa Hériqueria Comandante por serem os meus segundos pais me dando todo o suporte e apoio que sempre necessitei como pessoa e como estudante.

Agradeço aos meus irmãos pelo companheirismo, amizade e apoio em todos os momentos.

Agradeço a todos os meus amigos pela sua amizade incondicional e por sempre estarem comigo nos bons e nos maus momentos.

Agradeço a todos os meus colegas da faculdade pelo seu companheirismo e por sempre estarem preparados para ajudar em qualquer dificuldade acadêmica.

Agradeço aos meus docentes por serem eles os responsáveis por permitir que o meu sonho esteja a ser concretizado em especial ao Doutor Eng. Gonçalves Doho, por ser ele o guia para o desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema autónomo para a detecção de violações de regras de tráfego rodoviário, com vistas em ajudar a reduzir os acidentes de viação. Este sistema consiste de quatro componentes, nomeadamente: (i) subsistema de detecção do excesso de velocidade, (ii) subsistema de detecção da passagem sob o sinal vermelho, (iii) subsistema de identificação do motorista infrator via o reconhecimento facial, associado à identificação do número de chapa de matrícula, baseada no reconhecimento óptico de caracteres (OCR); e (iv) um subsistema que integra os componentes anteriormente descritos, sendo também responsável pelas comunicações, fazendo o envio das informações colectadas para um servidor remoto<sup>1</sup> que as disponibilizará às autoridades relevantes (INATRO-Instituto Nacional de Transportes de Rodoviários; a polícia, etc.).

Durante o estudo, projecto e programação do sistema, foi possível emular cenários típicos do funcionamento do sistema perante uma determinada de violação, por exemplo: (a) um veículo move-se acima do limite de velocidade: (b) a violação é detectada pelo módulo relevante que então activa o subsistema de reconhecimento facial e da placa de matrícula; finalmente (c) estas informações são integradas e enviadas ao servidor do INATRO, consistindo de: (i) a foto do motorista infrator, juntamente com o resultado da sua identificação via reconhecimento facial; e (ii) a imagem da chapa de matrícula juntamente com o respectivo número recuperado via OCR.

O sistema acima descrito, ainda que na sua forma de protótipo, mostrou ser uma boa prova de conceito, capaz de executar e cumprir com as funcionalidades esperadas, o que, por sua vez, nos dá a fé de que, a sua plena implementação (que recomendamos), ajudará a alcançar o objectivo geral como previamente definido no início do trabalho.

Palavras-chave: Sistemas inteligentes de transporte, Sistemas de Controle de Tráfego, Detecção de limite de velocidade, Reconhecimento facial, reconhecimento de placa de matrícula, OCR, reconhecimento óptico de caracteres

---

<sup>1</sup> Para testes, usamos uma mera base de dados (BD) exemplo, pois não foi possível obter as credenciais de acesso/autenticação da BD do INATRO por motivos de segurança.

## ABSTRACT

This work presents the development of an autonomous system for the detection of road traffic violations, aimed at helping the reduction of traffic accidents. This system consists of four components, namely: (i) speed limit detection subsystem, (ii) red light violation detecting subsystem, (iii) facial recognition subsystem for the identification of the offending driver, along with registration plate number identification based on OCR (optical character recognition); and (iv) a system controller which integrates all these sub-systems and is also in charge of communications, sending the collected information to a remote server<sup>2</sup>, which will make it available to the relevant authorities (INATRO-National Institute of Road Transportation; the Police, etc).

During the study, design and programming of the system, it was possible to emulate typical traffic violation scenarios such as: (a) a vehicle is moving above the speed limit: (b) the speed violation is detected by the relevant module which then activates the driver's facial recognition and vehicle registration plate recognition sub-system; then, finally (c) these informations are blended together and sent to the INATRO's server, consisting of (i) a camera photo grab of the offending driver along with the outcomes of the face recognition operation; and (ii) the photo grab of the registration plate along with the OCR recovered registration plate number.

The above described system, although still in its prototype form, has shown to be a good proof of concept that was able to perform and fulfill the expected functionalities which, in turn, gives us the faith that with its full implementation, that we recommend, will help to achieve the designated goals as outlined in the objectives section.

Keywords: Intelligent transportation systems, Traffic control systems, Speed limit detection, Facial Recognition, Registration plate number recognition, OCR, optical character recognition.

---

<sup>2</sup> For the mentioned tests, we used just a sample data base (BD), since it was not possible to obtain INATRO's BD authentication credentials, due to security reasons.

# Índice

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO .....	II
Índice de Figuras.....	iv
Índice de Tabelas.....	v
Lista de abreviaturas e Siglas .....	vi
CAPÍTULO I .....	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contextualização e motivação .....	1
1.3. Relevância da pesquisa .....	3
1.4. Objectivos .....	3
1.4.1. Objectivo Geral.....	3
1.4.2. Objectivos Específicos .....	4
1.5. METODOLOGIA.....	4
1.5.1. Etapa conceptual .....	4
1.6. Revisão bibliográfica.....	4
1.7. Projecto e implementação da solução.....	5
CAPÍTULO II .....	6
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	6
2.1. Segurança Rodoviária .....	6
2.2. O acidente de viação .....	7
2.3. Acidentes de viação em Moçambique .....	8
2.3.1. Acidentes registados .....	8
2.3.2. Vítimas de acidentes e índices de sinistralidade por província.....	9
2.4. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE .....	10
2.4.1. Introdução conceitual .....	10
2.4.2. Funções dos ITS .....	11
2.5. Sistema de Reconhecimento Facial.....	13
2.5.1. Introdução conceitual e histórica .....	13
2.5.2. Detecção facial .....	13
2.5.3. Reconhecimento facial.....	13

2.5.3. Vantagens e limitações dos sistemas de reconhecimento facial .....	14
2.6. Sistema de reconhecimento de matrículas .....	15
2.6.1. Funcionamento do sistema de leitura da placa de matrícula .....	15
2.6.2. Processamento e leitura OCR .....	16
2.7. Sistema CCTV .....	16
2.8. Semáforo .....	18
CAPÍTULO III .....	19
3. REQUISITOS E ESPECIFICAÇÕES INICIAIS DO PROJECTO.....	19
3.1. Requisitos gerais de funcionamento do Sistema .....	19
3.2. Descrição do terreno.....	21
Descrição da Constituição e do funcionamento básico do sistema.....	23
3.3. Critérios de escolha do controlador.....	25
3.4. Critérios para instalação de semáforos .....	27
CAPÍTULO IV.....	29
4. DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO .....	29
4.1. Materiais e Tecnologias necessárias .....	29
4.1.1. Descrição dos Materiais Necessários.....	29
4.1.2. Descrição das tecnologias necessárias .....	32
OpenCV .....	32
Python .....	33
Plataforma de Software Arduino .....	33
4.2. Desenho dos esquemas das componentes e módulos do projecto. ....	34
4.2.1. Esquemas de ligação dos sensores IR .....	35
4.2.2. Esquema do subsistema de detecção do excesso de velocidade.....	35
4.2.3. Esquema do subsistema de detecção da passagem pelo sinal vermelho ....	37
4.2.4. Cálculo da resistência limitadora de corrente dos LED's.....	37
4.3. Conexão Serial Tx/Rx entre Microcontroladores .....	38
4.4. Sistema de reconhecimento facial.....	39
4.4.1. Obtenção da imagem .....	41
4.4.2. Criação do algoritmo de reconhecimento facial.....	41
4.4.3. Recolha e processamento das chapas de Matrículas .....	42
4.4.4. Comunicação das câmeras com o algoritmo de reconhecimento facial e matrículas .....	42

4.5. Interligação dos três módulos .....	43
4.6. Custo do protótipo e de sua aplicação “as-is” na rodovia circular de Maputo .....	44
Comentários e discussão sobre os custos e viabilidade económica.....	45
CAPÍTULO V.....	47
5. ENSAIOS E RESULTADOS .....	47
5.1. Apresentação e Discussão dos Resultados .....	47
Módulo de Controlo de Velocidade .....	47
Teste do Sistema de Reconhecimento Facial.....	49
CAPÍTULO VI.....	52
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	52
6.1. Conclusões.....	52
6.2. Recomendações.....	53
CAPÍTULO VII.....	55
7. BIBLIOGRAFIA .....	55
Outra bibliografia consultada.....	58
ANEXOS.....	I
Anexo A: Algoritmo detector (do excesso) de velocidade.....	II
Anexo B: Algoritmo detector da passagem pelo semáforo vermelho.....	IV
Anexo C: Código de programação do sistema de reconhecimento facial .....	VII
Anexo D: Esquemas 3D.....	X
D1. Esquema 3D do módulo de monitoramento de velocidade .....	X
D2. Esquema 3D do módulo de semáforo e detecção da passagem pelo vermelho..	X
Anexo E: PCB layouts (de circuito impresso).....	XI
E1. Módulo de monitoramento de velocidade .....	XI
E2. Módulo de semáforo e detecção da passagem pelo sinal vermelho.....	XI
Anexo G: Esquemas eléctricos dos módulos em tamanho A3.....	12

## Índice de Figuras

Figura 1: Organograma ITS .....	12
Figura 2: Topologia Clássica de um CCTV .....	17
Figura 3: Conceito básico de um sistema inteligente CCTV .....	17
Figura 4: Semáforo.....	18
Figura 5: Descrição do terreno.....	22
Figura 6: Fluxograma geral de funcionamento do sistema.....	23
Figura 7: Esquema resumo do principio geral de funcionamento do projecto.....	24
Figura 8: Microcontrolador Atmega 328p .....	29
Figura 9: Atmega 328p descrição dos pinos .....	30
Figura 10: LCD (Display de Cristal Liquido) .....	31
Figura 11: Logotipo OpenCV.....	33
Figura 12: Logótipo Python .....	33
Figura 13: Arduino.....	33
Figura 14: Protocolo RTSP .....	34
Figura 15: Simulação sensor IR .....	35
Figura 16: Esquema de montagem do subsistema de detecção do excesso de velocidade .....	36
Figura 17: Esquema de montagem do Subsistema de controlo de passagem pelo semáforo vermelho.....	38
Figura 18: Comunicação serial.....	39
Figura 19: Sistema de reconhecimento facial .....	40
Figura 20: Exemplo da base de dados a ser usada no projecto .....	42
Figura 21: Interligação dos quatro módulos .....	43
Figura 22: Interligação dos módulos no terreno .....	44
Figura 23: Distribuição dos módulos no terreno .....	44
Figura 24: Ao ligar o Sistema .....	47
Figura 25: Antes de Passar algum Carro .....	48
Figura 26: Carro Acima de 60km/h.....	48
Figura 27: Carro Abaixo de 60km/h.....	49
Figura 28: Teste do Sistema de Reconhecimento Facial imagem cadastrada.....	49

Figura 29: Teste do Sistema de Reconhecimento Facial imagem não cadastrada.....	50
Figura 30: Esquema 3D do Modulo de controle de velocidade .....	X
Figura 31: Circuito de controlo do semáforo. ....	X
Figura 32: PCB layout do Modulo de Controle de Velocidade .....	XI
Figura 33: PCB layout do Modulo de Controle do Semaforo.....	XI

## **Índice de Tabelas**

Tabela 1: Acidentes registados pela polícia por Província, Moçambique, 2014 – 2019..	8
Tabela 2: Rácio de vítimas de acidentes de viação registados pela Polícia em cada 10 000 habitantes, por Província, Moçambique 2017-2019 .....	9
Tabela 3: Percentagem de óbitos em relação ao total de vítimas de acidentes de viação registados pela Polícia, por Província, Moçambique 2017-2019.....	10
Tabela 4: Descrição dos pinos do Display LCD .....	32
Tabela 5: Preço dos materiais.....	45

## **Lista de abreviaturas e Siglas**

**ASIC** Application Specific Integrated Circuit

**ATMS** Advanced Traffic Management Systems

**BPR** Bureau of Publics Roads

**DETER** - Detection of events for threat evaluation and recognition

**ERGS** Electronic Route Guidance System

**FHWA** Federal Highway Administration

**FPGA** Field Programmable Gate Array

**FPS** Frames Per Second

**HL** Honeywell Laboratories

**ILD** Inductive Loop Detector

**INATRO** Instituto Nacional de Transportes Rodoviários

**ITS** Intelligent Transportation Systems

**IVHS** intelligent Vehicle Highway Systems

**OCR** Optical Character Recognition (Reconhecimento Óptico de Caracteres)

**PLC** Programmable Logic Controller

**PTZ** Pan, Tilt and Zoom

**PAS** Passing Aid System

**UTCS** Urban Traffic Control Systems

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Contextualização e motivação

**Um dos problemas mais graves** do dia-a-dia da sociedade industrial dos nossos dias são **os acidentes de viação**, que ceifam vidas para além de elevados danos materiais, por isso (**Carvalho Simões 2015**) afirma “O acidente rodoviário ocorre numa fração de segundo, mas as suas consequências podem durar por dias, meses, anos ou mesmo durante toda a vida. Grande parte dos envolvidos em acidentes rodoviários recuperam completamente dos seus ferimentos, no entanto outros nunca o conseguem, ficando com alguma incapacidade permanente. Para além das perdas das vidas ou de qualidade de vida dos acidentados, os acidentes rodoviários acarretam muito mais consequências aos sobreviventes, como implicações legais, encargos económicos, adaptações das casas ou dos veículos, assim como consequências psicológicas.”, um fenómeno que persistentemente tem vindo a crescer. (**Pires e Costa Maia, 2004**)

O primeiro acidente rodoviário de que há registo, ocorreu a 30 de Maio de 1896 na cidade norte-americana de Nova Iorque, quando um ciclista caiu e se feriu com alguma gravidade (**Gomes 2015**). Não demorou tanto para que a 17 de Agosto de 1896, Bridget Driscoll, uma mãe de 44 anos fosse atropelada mortalmente por um veículo a motor. Era difícil antever que aquele primeiro acidente de viação se tornaria um fenómeno horrendo e crónico, levando à perda de milhões de vidas humanas, sendo omnipresente em todo o Mundo e em Moçambique sem excepção (**vide Tabelas 1-3, pp.1-9**).

Com efeito, ao mesmo tempo que os países nos diversos cantos do mundo, têm vindo a crescer nas suas dimensões económica, industrial, tecnológica, demográfica, etc., tem crescido na mesma medida o volume, diversidade e complexidade dos sistemas de transporte. É por isso que tem crescido, em escala proporcional a dimensão dos acidentes no sistemas de transportes (**Pires e Costa Maia**), sendo sobretudo nos transportes rodoviários, o que acontece também em Moçambique, especialmente nas grandes rodovias urbanas e inter-regionais.

Há pois, justificadamente, uma grande motivação (que partilhamos profundamente) por parte das mais diversas esferas da sociedade, em compreender o fenómeno e ver resolvido ou mitigado ao mínimo o índice de sinistralidade rodoviária.

## **1.2. Definição do Problema**

Uma das principais causas de acidentes rodoviários no mundo e em Moçambique em particular, é a **violação das regras de transito**. Neste contexto, o desrespeito das regras básicas de transito, tais como, entre outros: (i) exceder o limite de velocidade, (ii) passar pelo semáforo vermelho, (iii) não respeitar a prioridade; etc.; têm sido alguns dos grandes causadores da sinistralidade em todas as estradas moçambicanas incluindo particularmente as principais avenidas da Cidade de Maputo. Há também outros factores, mormente a qualidade (estado e o desenho) das rodovias e a **ausência de meios electrónicos de vigilância**.

Acontece que, muitos condutores só respeitam de forma mínima as regras de transito quando se apercebem da presença de um agente humano regulador de transito, no receio de eventuais multas por alguma infracção. Contudo, a vigilância humana prestada pelos agentes policiais tem se mostrado incompetente em relação à dimensão do problema: o crescimento do volume de acidentes que, como referido, acompanha o crescimento dos sistemas de transporte em dinâmica sintonia com o crescimento da economia, da demografia e assentamentos populacionais sobretudo nas cidades.

Acontece também que, desafortunadamente não é possível, e nem sequer razoável porque ineficaz, colocar agentes a controlar, 24 horas por dia, a longa extensão da rede viária duma grande urbe. Este é portanto um problema ou conjunto de problemas que interessa enfrentar de forma eficiente por meio de sistemas automáticos inteligentes. No entanto é notória nas urbes moçambicanas, a ausência ou inoperância de sistemas de vigilância electrónica, o que é certamente exacerbado pelos seus altos custos de aquisição e de manutenção, sendo daí que o projecto e implementação locais de tais sistemas, poderão reduzir o seu custo e assim aumentar a sua viabilidade e aplicabilidade para a solução do problema em discussão.

Por isso, com este projecto pretende-se desenvolver (a prova de conceito de) um sistema com a capacidade autónoma, de fazer a detecção das referidas infracções e identificar os autores, com vistas a reduzir a quantidade e gravidade dos acidentes rodoviários e contribuir na reposição duma conduta salutar por parte dos automobilistas na rodovia.

### **1.3. Relevância da pesquisa**

Sistemas de controle das infracções rodoviárias similares ao que aqui é visado, são de grande importância, uma vez que, com as suas características de automatismo, funcionamento em tempo real e capacidade de vigiar e cobrir vastas extensões da rede viária nas 24h de cada dia; podem com grande eficiência ajudar, entre outras funções, a disciplinar a conduta automobilística e assim reduzir a quantidade e gravidade dos acidentes de viação nas rodovias movimentadas das grandes urbes tais como a cidade de Maputo. A aplicabilidade de tais sistemas é contrariada essencialmente pelo seu alto custo. Ora o estudo, desenvolvimento e implementação locais de sistemas desta índole tem então o potencial de reduzir o seu custo tanto de produção/aquisição quanto o de exploração/manutenção e assim aumentar a sua viabilidade e aplicabilidade e torná-las soluções realmente sustentáveis e portanto de grande relevância para o fim de efectivamente reduzir a sinistralidade nas rodovias.

### **1.4. Objectivos**

#### **1.4.1. Objectivo Geral**

Desenvolver o protótipo de um sistema automático de detecção de infracções rodoviárias com reconhecimento facial do infractor e identificação da chapa de matrícula do veículo, com vistas em reduzir o índice de sinistralidade nas grandes rodovias do país, tomando como foco de estudo a estrada circular de Maputo.

#### 1.4.2. Objectivos Específicos

- a. Realizar um estudo básico para compreender (i) as características gerais físicas e de funcionalidade e regularidade da rodovia; (ii) os incidentes, infracções e sinistros; e (iii) os recursos e tecnologias usados para monitoramento e controle;
- b. Desenhar um sistema modular de monitoramento e detecção em tempo real de infracções rodoviárias, identificação do infractor e do respectivo veículo; consistindo-se ainda das seguintes partes e fases subsequentes:
  - ✓ Projectar e implementar o módulo de detecção do excesso de velocidade;
  - ✓ Projectar e implementar o módulo de detecção da passagem pelo semáforo vermelho;
  - ✓ Desenvolver um sistema que identifique o infractor e o veículo envolvidos nos incidentes detectados e comunicados pelos dois subsistemas anteriores, com recurso respectivamente ao reconhecimento facial e ao reconhecimento óptico de caracteres (OCR);
  - ✓ Conceber e implementar um sistema para interligar os três subsistemas anteriores e ensaiar a sua funcionalidade integrada, recolher e avaliar os resultados.

### 1.5. METODOLOGIA

São as seguintes as etapas e metodologias seguidas para a resolução do problema:

#### 1.5.1. Etapa conceptual

- Escolha do tema e formulação do problema;
- Estabelecimento dos objectivos;
- Busca do enquadramento do projecto (por via de: visitas aos, e observação dos locais de interesse, entrevistas a *stakeholders*, elaboração de requisitos, esboços e especificações técnicas iniciais).

#### 1.6. Revisão bibliográfica

- Pesquisa dos fundamentos teóricos relacionados com o tema do projecto;
- Estudo e apresentação das tecnologias e componentes aplicáveis ao projecto.

### **1.7. Projecto e implementação da solução**

- Desenho, programação e simulação: nesta etapa o desenho dos módulos será realizado a partir dos seus requisitos de funcionamento, o que é seguido por uma escolha e especificação técnica adequadas dos componentes e tecnologias a aplicar. Será feita a programação partindo da elaboração de algoritmos/ fluxogramas que traduzem o funcionamento requerido. Será privilegiada a simulação do funcionamento dos módulos por software, mesmo antes da sua implementação física;
- Provada a proficiência do sistema em software, será então feita a implementação e agregação físicas dos dispositivos, ao que se seguirão ensaios para verificação do funcionamento esperado de cada módulo do protótipo, e do sistema como um todo;
- Apresentação e discussão de resultados: Nesta fase se irá fazer a aferição sobre o nível de alcance dos objectivos, a avaliação das limitações e emissão de recomendações na eventual continuação do trabalho.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Segurança Rodoviária

Etimologicamente, a palavra segurança provém do latim *securus*, que indica um estado ou situação livre de perigo, sendo corrente entender-se a segurança como ausência de perigo. (Sidoti, 2001), afirma que a segurança é o estado de tranquilidade ou de confiança que resulta da ausência de risco, perigo ou perturbação, sendo que por insegurança entender-se-á o estado que alberga ou representa alguma ameaça mais ou menos identificável, tangível, ou que transporta algum histórico conhecido e latente, de maus acontecimentos; é daí um um estado capaz portanto de genuinamente desencadear sentimentos de intranquilidade. Estas conjecturas adaptam-se ao sentimento de qualquer um quando se trata de se fazer à estrada, havendo muito frequentemente um histórico pessoal do envolvimento em algum acidente. É o sinónimo da **insegurança rodoviária**, havendo portanto um sentimento de perigo e de alguma insegurança latentes.

Segundo (José Miguel Trigoso 2013), insegurança rodoviária, é o resultado do desequilíbrio entre as exigências (ou restrições, tais como o estado da estradas, do veículo, e outros fenómenos materiais adversos que caracterizam o, e são) impostas pelo ambiente vis-a-vis as capacidades do utente para com ele interagir de forma sadia e sem prejuízo carnal ou tão sequer material. Nota-se porém, que é possível prevenir eventuais rupturas neste equilíbrio do sistema aumentando as capacidades do utente (atitudes, comportamentos, conhecimentos, capacidades do condutor e doutros actantes) e reduzindo as exigências do ambiente rodoviário (melhorando: a geometria e garantindo um estado geral adequado da estrada; a sinalização; a iluminação; o estado mecânico dos veículos; a existência e operacionalidade permanentes dum serviço automatizado de detecção, registo e processamento de incidentes e infrações; etc). Em contrapartida, para aumentar as capacidades dos utentes deve-se entre outras acções estabelecer um processo de educação e estimulação positiva contínuas, ou seja, educação rodoviária, formação de técnicos e formação de condutores. Além dos

factores acima discutidos, a segurança rodoviária engloba, todas e quaisquer medidas que intervenham de modo generalizado na circulação rodoviária, promovendo e harmonizando a relação dinâmica existente entre homem, veículo, via e meio ambiente.

## **2.2. O acidente de viação**

Antes de falarmos de acidentes de viação e suas vítimas, é importante lembrar que estamos perante um flagelo à escala mundial sendo que também em Moçambique esta problemática tem proporções alarmantes, apesar de todos os dias ouvirmos notícias que visam promover os cuidados que se deve tomar na via pública.

**Dário Almeida (1980, p. 455)** considera que “todo o acidente de viação constitui, em si mesmo, um fenómeno ímpar, sempre diferente no seu conjunto, em relação a outros, pelo condicionalismo de que se reveste, pelas consequências a que dá origem, até pelo comportamento diferente das diferentes viaturas que nele intervêm”. Diz ainda que “é sobretudo diferente por aquilo que lhe dá origem – situações de culpa, situações de risco.”

Para **Oliveira (2007, p. 5)**, “a sinistralidade rodoviária é um fenómeno civilizacional, fruto da existência e da circulação em massa de veículos na via pública”. Comenta ainda que “as suas causas assentam numa dinâmica em que intervêm quatro supra-factores inter-relacionados: humano, veículo, via e ambiente. Afecta, praticamente, todas as famílias, direta ou indiretamente, e tem consequências sociais, económicas e, até, ambientais nefastas”.

Todas estas abordagens levam-nos a crer que o acidente resulta de falhas imputáveis ao utente, ao veículo, à via ou ao ambiente envolvente: por distorção propositada ou não da informação situacional real, pela falha ou mesmo pura impossibilidade de executar as instruções e operações adequadas, por inoperacionalidade de qualquer um deles, ou ainda, por incorreta execução da tarefa desempenhada. Os vários conceitos enunciados permitem-nos concluir que um acidente de viação refere-se a qualquer acontecimento imprevisto que altera a ordem natural das coisas, provocando danos ou lesões.

## 2.3. Acidentes de viação em Moçambique

### 2.3.1. Acidentes registados

Segundo a Tabela 1, que mostra os acidentes registados pelas autoridades policiais, quase todas as províncias registaram uma redução do número de acidentes no período de 2014 á 2019. Em 2019, Maputo Cidade foi a que mais acidentes registou e as Províncias de Tete e Niassa com menos acidentes. Em termos percentuais, importa destacar que de 2018 á 2019, as províncias de Manica, Inhambane e Cabo Delgado, registaram um aumento em 20.0%, 44.7% e 134.6%, respetivamente. Importa ainda realçar que, os números patentes na tabela não obstante a referida tendência de redução no período considerado, são mesmo assim alarmantes, acrescido à conjectura de que, nem todos os acidentes são eventualmente, comunicados à polícia. Nestes números alarmantes destacam-se a Cidade e Província de Maputo que consistentemente apresentam números acima dos de outras províncias.

**Tabela 1: Acidentes registados pela polícia por Província, Moçambique, 2014 – 2019<sup>3</sup>**

Província	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Total</b>	<b>2 786</b>	<b>2 848</b>	<b>2 212</b>	<b>1 992</b>	<b>1 570</b>	<b>1 232</b>
<b>Niassa</b>	79	80	65	44	54	35
<b>Cabo Delgado</b>	124	69	65	28	26	61
<b>Nampula</b>	275	283	246	170	162	121
<b>Zambézia</b>	90	97	116	65	81	71
<b>Tete</b>	83	83	64	65	28	18
<b>Manica</b>	218	190	179	131	80	96
<b>Sofala</b>	244	215	216	165	142	93
<b>Inhambane</b>	289	235	151	153	105	152
<b>Gaza</b>	251	162	189	178	200	151
<b>Maputo Província</b>	774	748	376	598	210	132
<b>Maputo Cidade</b>	359	686	545	395	482	302

<sup>3</sup> Fonte: Estatísticas Correntes da PRM 2014 – 2019

### 2.3.2. Vítimas de acidentes e índices de sinistralidade por província

A Tabela 2 apresenta o rácio de vítimas de acidentes por cada 10 000 habitantes, entre 2017 e 2019. Em média, duas pessoas em cada 10 000, foram vítimas de acidente no período em análise. Em 2017, as províncias de Manica, Sofala e todas as províncias da região Sul, registaram rácios relativamente mais elevados se comparados com o resto, sendo que no período em consideração, Maputo Cidade registou rácios da maior gravidade em relação às restantes províncias, rondando entre 5 e 7 vítimas em cada 10 000 habitantes, seguida por Maputo Província, Gaza, Inhambane e Sofala em ordem decrescente do grau de sinistralidade.

**Tabela 2: Rácio de vítimas de acidentes de viação registados pela Polícia em cada 10 000 habitantes, por Província, Moçambique 2017-2019<sup>4</sup>**

Província	2017	2018	2019
Niassa	0,8	0,6	0,3
Cabo Delgado	0,3	0,4	0,6
Nampula	0,6	1,5	0,4
Zambézia	0,0	1,2	0,1
Tete	0,8	0,8	0,2
Manica	2,4	1,5	0,7
Sofala	2,5	2,6	0,8
Inhambane	2,8	1,5	1,0
Gaza	3,9	2,8	1,7
Maputo Província	5,4	2,9	0,6
Maputo Cidade	7,0	4,6	5,1

A Tabela 3 mostra a percentagem de óbitos em relação ao total de vítimas de acidentes de viação. Em 2019 destacam-se as províncias da Zambézia, Inhambane e Cabo Delgado onde do total de vítimas de acidentes mais de 50.0% foram óbitos. Maputo Cidade e província de Tete registaram a menor percentagem de óbitos no

<sup>4</sup> Fonte: Calculado com base em Estatísticas Correntes da PRM, 2017-2019

referido período, com 17.6% e 19.7% respectivamente.

**Tabela 3: Percentagem de óbitos em relação ao total de vítimas de acidentes de viação registados pela Polícia, por Província, Moçambique 2017-2019<sup>5</sup>**

Província	2017	2018	2019
Niassa	27,0	40,0	29,8
Cabo Delgado	44,7	36,8	50,8
Nampula	55,4	62,4	44,4
Zambézia	38,0	55,2	80,4
Tete	41,1	27,9	19,7
Manica	23,5	27,6	27,2
Sofala	30,9	37,4	47,4
Inhambane	39,7	54,8	52,5
Gaza	31,6	35,0	33,7
Maputo Província	17,3	22,6	34,5
Maputo Cidade	13,3	14,3	17,6

## 2.4. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

### 2.4.1. Introdução conceitual

Segundo a Sociedade Internacional de Sistemas Inteligentes de Transporte (*Intelligent Transportation Systems Society*), entidade ligada ao IEEE, os Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) são aqueles que utilizam, com sinergia, diversas tecnologias (engenharia eléctrica, electrónica, tecnologias de informação e comunicação) e conceitos de engenharia de sistemas, para desenvolver e implementar sistemas de transportes de qualquer natureza (IEEE, 2010).

Em outras palavras os Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) podem ser definidos, de maneira geral, como sistemas que aplicam tecnologias de informação e controle, para auxiliar as operações de monitoria e controle do transporte rodoviário. Vários desses sistemas têm sido implementados há algum tempo, enquanto outros estão

<sup>5</sup> Fonte: Extraído de (Estatísticas Correntes da PRM, 2017-2019)

apenas no início do seu processo de implantação, ou ainda em fase de pesquisa e desenvolvimento, para futuras aplicações.

Essa definição aponta para a diversidade de conhecimentos necessários para a construção e operação de um sistema desse tipo.

Exemplos simples e complexos de sistemas inteligentes de transporte (ITS's) segundo o artigo (Sistemas inteligentes de transporte) publicado pela TecnoIT Portugal na sua página oficial no LINKEDIN são entre outros: sistemas de gestão de frotas, gestão inteligente de tráfego; comunicação V2I (veículo entre infraestrutura) e V2V (veículo entre veículo); carregamento de veículos elétricos; cobrança eletrônica de portagens, dentre vários outros. Entre os ITS's que estão a despontar no presente e farão parte do futuro, incluem-se os veículos autónomos não (humanamente) tripulados, que evoluirão e se juntarão a outros ITS's emergentes, formando sistemas integrados inteligentes de transporte baseados muito fortemente no uso da inteligência artificial com ligação a subsistemas de bancos de dados complexos (*big data*): mapas, volume de tráfego em tempo real, registo dos veículos como agentes em movimento, bancos de dados de roteamento, etc.

A Figura 1 abaixo lista alguns tipos de ITS's históricos (alguns ainda em uso) na área de sinalização automática de entroncamentos numa cidade usando semáforos e medidores de volume de tráfego em tempo real.

#### **2.4.2. Funções dos ITS**

A função essencial dos ITS's é aprimorar as operações dos sistemas de transportes, assegurando os objectivos de melhorar sua eficiência, segurança, produtividade e qualidade energética e ambiental. Esses objectivos são comuns, em todas as localidades onde os sistemas estão sendo implantados, mas as prioridades podem variar de uma região para outra.

Uma das principais prioridades consiste no aumento da eficiência do sistema rodoviário, com o aumento da capacidade das rodovias existentes, através das operações dos ITS's consideradas de maior relevância, as quais podem ser organizadas da seguinte forma:

## Sistemas Inteligentes de Transporte Rodoviário (ITS)

No organograma abaixo apresentamos em linhas gerais os ITS's usados em todo mundo. É importante também referir que os ITS's estão em uso e constante crescimento em todo mundo, principalmente nos países desenvolvidos.

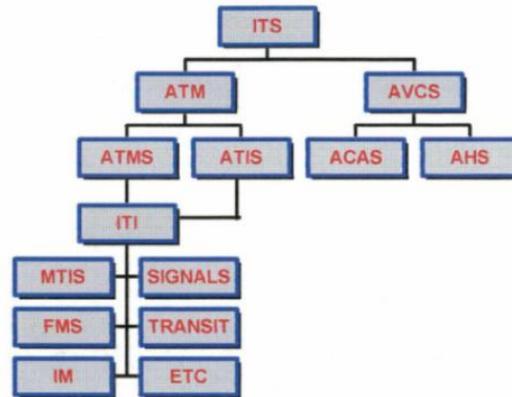


Figura 1: Organograma ITS<sup>6</sup>

### LEGENDA:

ITS - Sistemas Inteligentes de Transportes

ATM - Gerenciamento Avançado de Tráfego

ATMS - Sistemas Avançados de Gerenciamento do Tráfego

ATIS - Sistemas Avançados de Informações aos Viajantes

ITI - Infraestrutura Inteligente de Transportes

MTIS - Sistema Multimodal de Informações aos Viajantes

SIGNALS - Sistema de Controle de Semáforo

FMS - Sistemas de Gerenciamento de Rodovias

TRANSIT - Sistemas de Gerenciamento do Trânsito

IM - Programas de Gerenciamento de Incidentes

ETC - Sistema Eletrônico de Pedágio

AVCS - Sistemas Avançados de Controle de Veículos

ACAS - Sistemas Avançados de Prevenção de Colisões

AHS - Sistema Rodoviário Automatizado

<sup>6</sup> Fonte: BENSON, L. A.; FODERBERG, D. L.; STEPHANEDES, Y. Minnesota Intelligent Transportation Systems' Laboratory. Transportation Engineering Technologies. 1996.

## **2.5. Sistema de Reconhecimento Facial**

### **2.5.1. Introdução conceitual e histórica**

De acordo com o artigo Roubo de Dados<sup>7</sup> publicado por Felipe Tchilian no blog ClearSale Uma das tecnologias mais relevantes dos nossos tempos é, sem dúvidas, o reconhecimento facial para a identificação e autenticação de pessoas, também conhecido como biometria facial. É uma tecnologia que tendo evoluído imensamente, vem sendo usada desde os anos 1960 para diversas finalidades. Esta tecnologia envolve o uso de alguns recursos específicos, tais como o reconhecimento de padrões e/ou outros meios de inteligência artificial tais como a aprendizagem de máquina baseados essencialmente na tecnologia das redes neurais artificiais sem excluir outros métodos de computação mole (heurísticos, estocásticos/estatísticos, evolucionários, etc.) para, extrair, identificar e armazenar características biométricas particulares e únicas das faces de indivíduos identificados, e daí usar tais dados armazenados para, à posteriori, realizar o reconhecimento biométrico, validação de amostras dos seus rostos.

### **2.5.2. Detecção facial**

Detecção facial é uma técnica que consiste em identificar e localizar faces em imagens digitais através de vários atributos como: aparência da face, formato do rosto ou cabeça, ou a combinação destes (**Yang; Kriegman; Ahuja, 2002**). A detecção facial é uma operação que visa extrair a (informação digital biométrica com carácter de unicidade sobre a) face e é parte intrínseca e precursora do processo de reconhecimento facial.

### **2.5.3. Reconhecimento facial**

O processo de reconhecimento de faces pode ser descrito da seguinte forma: dada uma imagem estática ou vídeo, identificar um ou mais indivíduos utilizando uma base de dados de faces previamente cadastradas (**Penteado; Marana, 2008**).

Por meio da definição acima pode-se concluir que o reconhecimento facial consiste em uma análise aprofundada e detalhada do rosto humano para detectar formas,

---

<sup>7</sup> <https://blogbr.clear.sale/reconhecimento-facial>

dimensões e características específicas que no seu conjunto permitem a identificação única de certa face humana.

**Segundo Penteado e Marana (2008)**, são três as abordagens conhecidas para o reconhecimento de faces:

1. Imagem-para-imagem: Ambas as faces, a da amostra como a da base de dados, são constituídas por imagens estáticas;
2. Vídeo-para-vídeo: Ambas, amostra e base de dados, são constituídas por vídeos;
3. Imagem-para-vídeo: A amostra e um vídeo. O vídeo é comparado com uma base de dados constituídas de imagens estáticas.

### **2.5.3. Vantagens e limitações dos sistemas de reconhecimento facial**

#### **Vantagens**

- **Segurança:** Em um ponto mais geral, podemos mencionar a segurança e a proteção como um resultado natural da implantação dessa solução.
- **Precisão:** As ferramentas que reconhecem os rostos das pessoas são altamente precisas. Estima-se que esses sistemas conseguem até ser melhores que os próprios humanos em alguns casos, pois têm um conjunto enorme de elementos a analisar e não estão passíveis à subjectividade.
- **Agilidade:** Outro ponto importante é a agilidade dessas ferramentas. Um sistema de reconhecimento facial facilita a autenticação de identidade do usuário, reduzindo o tempo necessário para que essa operação seja finalizada. O que provavelmente precisaria de uma avaliação de algum profissional, pode ser passado para a máquina treinada, que consegue realizar uma predição rápida, a um bom grau de probabilidade. Assim, a autenticação em si se torna bem mais rápida.
- **Redução de custos e erros:** Uma vez que há maior precisão e, conseqüentemente, menos erros, temos também diminuição nos custos e nas despesas.

#### **Limitações**

Apesar das diversas e atraentes vantagens que esses sistemas apresentam, eles também têm uma serie de limitações que são discutidas abaixo.

- **Qualidade da imagem:** Essa questão é muito dependente da resolução da câmera que é usada para captar a imagem.
- **Limitação ambiental:** A iluminação do local onde a câmera está posicionada bem como a iluminação efectiva da imagem ou vídeo capturados, pode influenciar negativamente a identificação das pessoas.
- **Ângulo de visão do equipamento:** Uma vez que a pessoa só pode ser identificada se idealmente for filmada de frente, o ângulo de visão do equipamento torna-se também uma limitação.
- **Quantidade de imagens capturadas da pessoa:** Quanto maior for a quantidade de imagens capturadas da pessoa maior é a possibilidade de identificação pelo sistema de reconhecimento facial, contudo isso tem custos computacionais (memória ocupada e tempo acrescido de processamento).

## 2.6. Sistema de reconhecimento de matrículas

**Segundo Hampapur (2008)**, com o avanço computacional, sistemas de vídeo inteligentes fornecem alertas para o operador em tempo real e trazem facilidades de pesquisa em escala; sistemas que não permitem análise de vídeo, ou que o fazem de forma manual, são tediosos para o operador, além de ineficazes e caros.

A matrícula é a identificação do veículo, que o liga ao banco de dados do registo automóvel, e está visível e sujeita à verificação, diferentemente do chassi, por exemplo; a captura e a avaliação da placa não requerem qualquer autorização do condutor, o que facilita seu uso (**Trentini, Godoy e Marana 2010**).

O funcionamento do leitor é relativamente simples. A sua instalação é fácil e acessível, tanto para grandes centros logísticos ou administração pública, como para empresas pequenas.

Os resultados obtidos caracterizam-se pela sua alta fiabilidade e pela sua utilidade prática. Este é o caso daqueles leitores que analisam a segurança nas vias publicas.

Estes leitores identificam os veículos que expõem eventual risco nas vias de circulação.

### 2.6.1. Funcionamento do sistema de leitura da placa de matrícula

- ✓ Em primeiro lugar, uma câmara capta a imagem da placa a ser lida.
- ✓ A imagem capturada é enviada para um computador.

- ✓ O computador lê e processa a imagem e, mediante um algoritmo de reconhecimento de padrões OCR (*Optical Character Recognition*), obtém-se como resultado, o número da chapa de matrícula do veículo.

### **2.6.2. Processamento e leitura OCR**

A leitura **OCR** é um processo que tem como objectivo a digitalização de textos. Estes textos são identificados de forma automática a partir de símbolos ou caracteres de um alfabeto determinado para mais tarde serem armazenados em forma de dados textuais (caracteres).

- ✓ **As imagens obtidas pelas câmaras são processadas através do algoritmo mediante técnica OCR.** Assim é como funciona o leitor de placas sendo o resultado obtido confiável e seguro. Outrossim uma informação negativa do reconhecimento é emitida, o que pode resultar da inexistência material da chapa, ou da eventual má qualidade da imagem obtida, por algum dos motivos anteriormente discutidos.

### **2.7. Sistema CCTV**

A utilização de CCTV (*Closed Circuit TV*/Circuito Fechado de Televisão (CFTV)) como uma medida preventiva contra crimes é amplamente utilizada. Os mecanismos subjacentes à utilização deste sistema são baseados em algumas premissas e/ou efeitos, tais como: causar dissuasão (desencorajar os possíveis prevaricadores), aumentar a eficiência de desdobramento de segurança (automatismo e abrangência temporais e espaciais que superam a sua realização por meios meramente humanos) , infundir autodisciplina nos possíveis agressores por saberem que estão sendo monitorados, fazer monitoramento em tempo real e suprir a necessidade da presença de segurança (**Armitage, 2002**).

Esse tipo de sistema consiste num certo conjunto de câmeras que captam imagens e as exibem, em tempo real, para um ou mais monitores incluindo a sua gravação em banco de dados (BD) para ulterior uso.

Hoje em dia as imagens e vídeos captados pelos sistemas CCTV podem ser usados para diversos fins: vigilância e supervisão humana em tempo real; reconhecimento facial, reconhecimento de chapas de matrícula, reconhecimento do tipo e envergadura do veículo e cálculo ou estimativa do seu peso, medição do volume de tráfego; tudo

isto envolvendo essencialmente métodos de inteligência artificial ou afins.

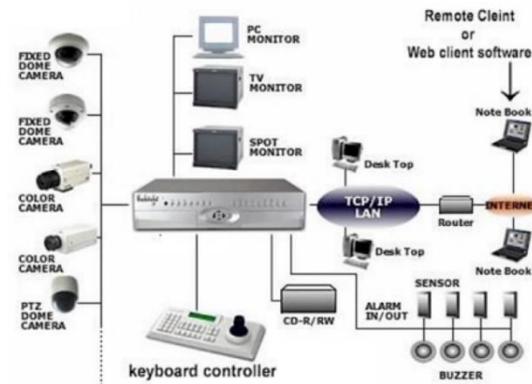


Figura 2: Topologia Clássica de um CCTV<sup>8</sup>

Um sistema inteligente básico para tais fins consiste em: captação de imagem, rastreamento por técnicas de visão computacional, auto ajuste da câmera e transferência de dados. A captação de imagem é feita a partir de uma ou mais câmeras. O rastreamento por técnicas de visão computacional é feito a partir de algum algoritmo de detecção. O auto ajuste da câmera irá depender das captações de imagem feitas anteriormente. Após essas etapas, a transferência de dados é feita, usando algum módulo de comunicação em rede (Eletrica, 2014).

Um sistema inteligente CCTV pode ser representado a partir de tais conceitos básicos, como pode ser visto na Figura 3 (Howard et al., 2013).



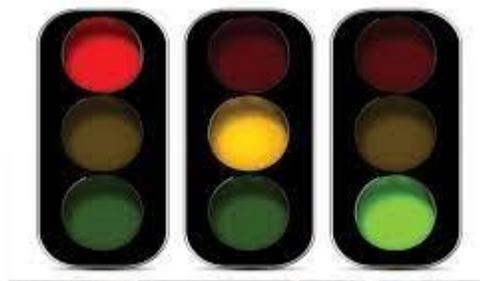
Figura 3: Conceito básico de um sistema inteligente CCTV<sup>9</sup>

<sup>8</sup>Fonte: ARMITAGE, R. To cctv or not to cctv. A review of current research into the effectiveness of CCTV systems in reducing crime, p. 8, 2002.

<sup>9</sup> Fonte: ARMITAGE, R. To cctv or not to cctv. A review of current research into the effectiveness of CCTV systems in reducing crime, p. 8, 2002.

## 2.8. Semáforo

**Semáforo** é um instrumento, um autómata, utilizado para controlar o tráfego de veículos e de pedestres ou peões nas grandes cidades em quase todo o mundo. Utiliza uma linguagem de comunicação simples e, por isso, de fácil assimilação, sendo sobejamente conhecida. O semáforo é composto geralmente por conjuntos de lanternas cada uma das quais composta por três círculos de luzes coloridas: vermelho, amarelo (laranja) e verde. O controlo semaforico permite alternar o direito de passagem na zona de conflito de uma intersecção de rodovias: É autorizada a passagem a quem tem o círculo verde aceso, ou o amarelo no caso de este acender no preciso momento em que se está a entrar na zona de conflito, sendo que em qualquer dos casos deve-se exercitar cuidado para evitar o choque com eventual transgressor. O vermelho interdiz a passagem.



*Figura 4: Semáforo<sup>10</sup>*

O cálculo dos tempos no controle é gerado a partir das limitações físicas das vias que se intersectam e dos tempos perdidos no entroncamento, envolvendo portanto algum registo estatístico dos volumes e comportamento do tráfego. Tempos perdidos no controle são aqueles que efectivamente não são utilizados pelos veículos ou pedestres para cruzar a intersecção, tal como, por exemplo, os tempos de amarelo ou de vermelho de segurança (todos os grupos focais permanecem indicando a cor vermelha intermitente).

---

<sup>10</sup> Fonte: <https://www.significados.com.br/semaforo/>

## CAPÍTULO III

### 3. REQUISITOS E ESPECIFICAÇÕES INICIAIS DO PROJECTO

#### 3.1. Requisitos gerais de funcionamento do Sistema

Para melhor satisfazer o objectivo geral, e fazer jus às motivações citadas no início do trabalho, algumas acções foram realizadas para ajudar a definir os requisitos do sistema: recolha e análise de requisitos, que é prévia, ie, o primeiro passo do ciclo de vida do desenvolvimento dum sistema: foram feitas visitas, entrevistas a partes interessadas (*stakeholders*, tais como entre outros: o Concelho Municipal da Cidade de Maputo, o INATRO, a polícia, etc); foram consultadas páginas da web. Como parte dos resultados das visitas e entrevistas a técnicos daqueles sectores, foram obtidos, entre outros dados, mapas, planos, relatos sobre a sua experiência e sobre como esperam que o sistema funcione para atingir o objectivo de monitorar e controlar as irregularidades na rodovia. A tais recolhas, juntou-se as nossas próprias percepções e experiência, os inputs e dicas do supervisor, bem como os conceitos adquiridos durante os estudos, que resultaram em definir os seguintes requisitos de funcionamento:

- ✓ **O sistema deverá ser capaz de:** detectar o excesso de velocidade, detectar a passagem pelo sinal vermelho do semáforo, bem como, na eventualidade de tais, registar imagens relevantes (fotografar/videografar o condutor e o veículo) e intentar o reconhecimento facial e do número de chapa de matrícula;
- ✓ O sistema deverá ser capaz de se comunicar com um sistema de informação remoto, um banco de dados (BD), do Instituto Nacional de Transportes Rodoviários (INATRO) e registar as ocorrências de violação acima referidas para posterior processamento pelas entidades competentes de acordo com a legislação e segundo a gravidade das infracções (como por exemplo: passar multas, localizar o infractor e/ou processá-lo criminalmente, etc);
- ✓ O sistema (final) deverá ser capaz de funcionar de forma autónoma e de forma ininterrupta e suportar as intempéries da estrada (chuva, vento, calor, humidade: definir um padrão mínimo de suporte à intempérie, por exemplo IP65<sup>11</sup>) bem como

---

<sup>11</sup> corresponde a um produto que é completamente à prova de poeira e protegido contra jatos de água.

prever considerável protecção contra vandalismo. Outros aspectos de protecção e boa exploração do sistema deverão ser incluídos em manuais de hardware e guias de utilização;

- ✓ O sistema deve tanto quanto possível ser eficiente e sustentável: baixo custo (em comparação com sistemas importados); facilidade de utilização, facilidade de exploração e manutenção, etc.
- ✓ Como caso de estudo tomar uma rodovia ou sistema de rodovias suficientemente complexa e representativa (escolheu-se a estrada circular de Maputo, que vinha suscitando o nosso interesse em estudos ou observações anteriores ao longo do curso de engenharia).

Por outro lado, como sequência da escolha do caso de estudo acima, recolheu-se o mapa da figura 5, para ajudar a fazer as especificações e requisitos complementares do sistema.

Para implementação na prática, dos requisitos de funcionamento acima discutidos, ao longo da estrada, serão montados sensores de velocidade para fazer o monitoramento da velocidade, informando em tempo real ao sistema a velocidade que determinado veículo estará a se mover. Será necessário também colocar sensores para detectar veículos que passam com o semáforo vermelho. Essas duas componentes (monitoramento de velocidade e da passagem pelo semáforo vermelho), devem estar em constante comunicação com o sistema de reconhecimento facial que é responsável por identificar os infractores de trânsito, para tal deverá interligar os subsistemas referidos acima para um único módulo.

Com a combinação desses três elementos (monitoramento de velocidade, semáforo vermelho e reconhecimento facial e da chapa de matrícula) pretende-se flexibilizar e dar inteligência ao controle das infracções rodoviárias e a consequente identificação dos transgressores para aplicação da multa devida.

Para o bom funcionamento e maximização do desempenho desse sistema devem ser identificados pontos específicos onde será montado o sistema a uma distância e posição visual adequados para garantir que a detecção dos eventos e captura das informações relevantes sejam efectivas.

### 3.2. Descrição do terreno

Como já foi mencionado anteriormente este projecto tem como caso de estudo a Estrada Circular de Maputo.

A **Estrada Circular de Maputo** foi um projecto de construção ou melhoramento de seis estradas, que têm como objectivo melhorar o fluxo do trânsito na capital moçambicana, Maputo.

A estrada circular é composta por um conjunto de estradas cujo percurso completo, basicamente, faz um círculo à parte central da capital. A circular tem estradas velhas bem como novas secções ou velhas ampliadas, tomando essencialmente partes da EN1, EN2, Av. da OUA, Av. da ONU, Av. 25 de Setembro, Av Marginal, sendo que as estradas ou secções novas ou ampliadas são:

- ❖ Secção 1: Da Avenida da Marginal: do hotel Radisson até o Costa do Sol (6,325 km)
- ❖ Secção 2: Do Costa do Sol até Marracuene (19,869 km)
- ❖ Secção 3: De Chiango até Zimpeto (de 10,506 km)
- ❖ Secção 4: Na estrada nacional N1, de Zimpeto até Marracuene (15,5 km)
- ❖ Secção 5: De Zimpeto até Tchumene (providenciando ligação entre a N1 e a N4) (16,299 km)
- ❖ Secção 6: Na estrada nacional 2, do nó da Machava até à Praça 16 de Junho (providenciando ligação com Avenida 24 de Julho e a Avenida da ONU) (5,5 km);



Figura 5: Descrição do terreno<sup>12</sup>

Pela disposição do terreno, prevê-se colocar pontos de controlo a cada 5km da estrada, o que significa que:

- ✓ Na primeira secção prevê-se 1 ponto de controlo
- ✓ Na segunda, pela sua extensão são previstos 4 pontos de controlo
- ✓ Na terceira teremos 2 pontos de controlo
- ✓ Na quarta teremos 3 pontos de controlo
- ✓ Na quinta teremos 3 pontos de controlo
- ✓ Na sexta teremos 1 ponto de controlo

Com isso teremos um total de 14 pontos de controlo cobrindo uma parte substancial da estrada circular de Maputo, nas secções julgadas as mais sensíveis.

<sup>12</sup> Fonte: «Município lança projecto "Estrada Circular de Maputo"». Portal do Governo de Moçambique. 7 de março de 2012. Consultado em 13 de outubro de 2014. Arquivado do original em 18 de outubro de 2014

## Descrição da Constituição e do funcionamento básico do sistema

O fluxograma da Figura 6 abaixo, descreve o algoritmo básico do sistema de acordo com os requisitos de funcionamento previamente definidos.

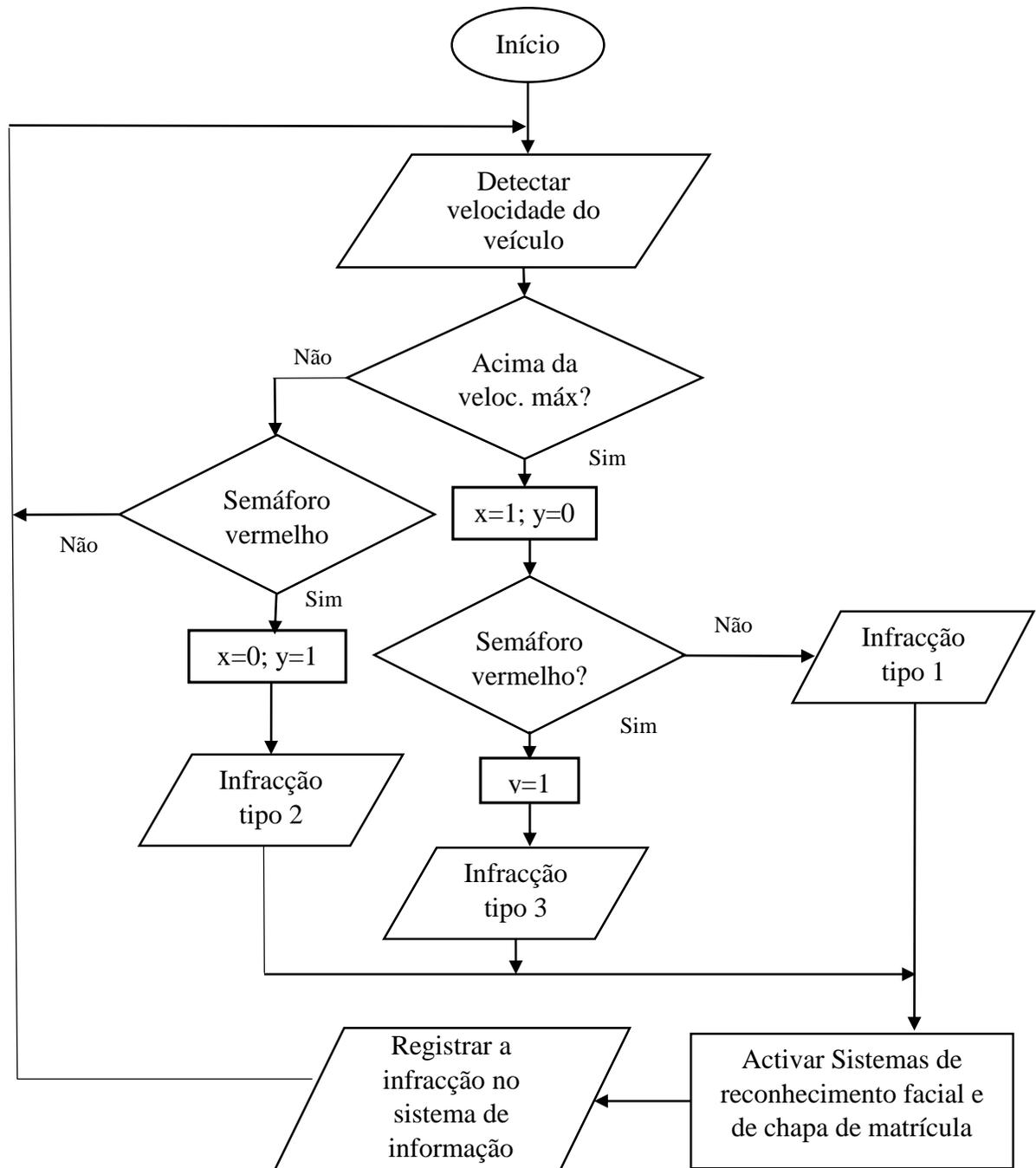


Figura 6: Fluxograma geral de funcionamento do sistema.

Pelo fluxograma é possível acompanhar todas as formas da variação dos estados do funcionamento do projecto, ou seja, trata-se da explicação resumida do funcionamento do projecto.

Segundo os requisitos iniciais de funcionamento, o que é interpretado pelo fluxograma, na rodovia devem ser colocados sensores para detectar as viaturas que irão determinar a velocidade com que tais estarão se movendo. Para isso existem diferentes condicionantes e/ou estados por verificar, por exemplo, se o veículo estiver acima da velocidade máxima estabelecida na via, a variável  $x$  receberá o valor lógico 1, em seguida passar-se-á à segunda fase que é verificar se o semáforo está vermelho ou verde, se estiver vermelho a variável  $y$  receberá o valor lógico 1. Se  $x=1$  e  $y=0$  estaremos perante uma infracção<sup>13</sup> do tipo 1, se  $x=0$  e  $y=1$  a infracção é do tipo 2 e se  $x=1$  e  $y=1$  neste caso a infracção é do tipo 3; excepto  $x=0$  e  $y=0$ , para qualquer dos outros casos, seguidamente activa-se o sistema de reconhecimento facial e de chapa de matrícula no intento de identificar o infractor e/ou o veículo e, acto contínuo enviar um email para o sistema de informação remoto de modo a registar os dados da ocorrência no BD. Esse processo deve ser feito para cada veículo que esteja a passar pela rodovia que tenha despoletado qualquer dos três casos de infracção.

A figura 7 abaixo resume a explicação apresentada acima.

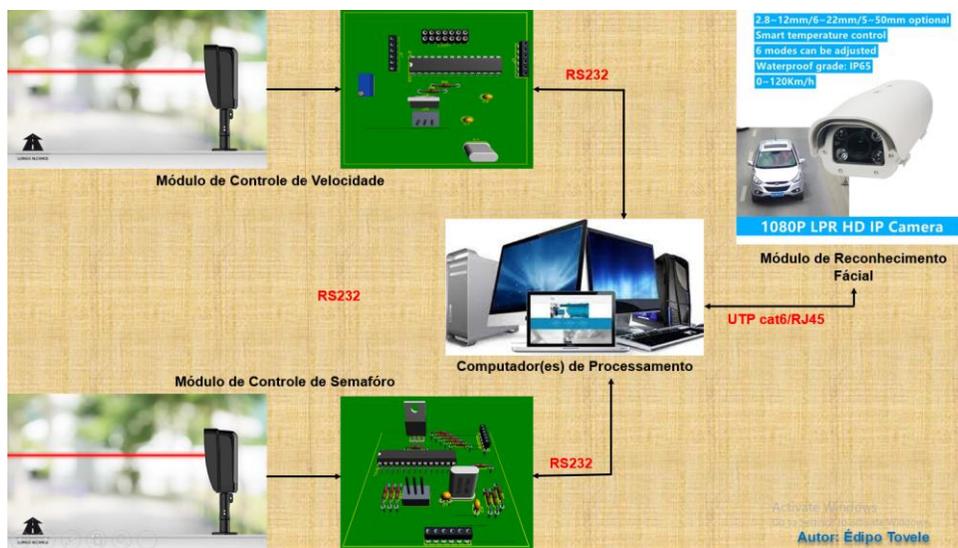


Figura 7: Esquema resumo do princípio geral de funcionamento do projecto

<sup>13</sup> Os tipos de infracções: 1, 2 e 3 são denominações escolhidas pelo autor, só para clareza do contexto.

### 3.3. Critérios de escolha do controlador

Existem diversos tipos de controladores programáveis (microcontroladores, ASICs/FPGAs, PLCs, computadores de propósitos gerais, etc.) que poderiam teoricamente ser utilizados para o desenho dos detectores do presente projecto, concretamente os dois módulos de monitoramento (velocidade e passagem pelo semáforo a vermelho) módulos tais que deverão comunicar-se e estar em sintonia com o sistema de captura de imagem e reconhecimento facial. Para escolher o controlador adequado às funcionalidades a implementar de acordo com os requisitos de funcionamento prévios, deve-se ter em conta , entre outros, os seguintes aspectos:

- ✓ Disponibilidade das ferramentas necessárias para o desenvolvimento do hardware e do *software*, incluindo as linguagens de programação disponíveis para o dado controlador;
- ✓ Custo dos dispositivos e acessórios necessários;
- ✓ Recursos computacionais adequados ao caso: quantidade da memória ROM e RAM, número de portas de entrada/saída disponíveis, bem como a capacidade ou velocidade de processamento;
- ✓ Possibilidade e facilidade para a alteração do programa (por ex: não pode ser um microcontrolador do tipo *OTP-one time programming*);
- ✓ Portabilidade;
- ✓ Consumo (baixo) de energia, etc.

Pois vejamos alguns dos tipos possíveis de controladores aplicáveis a este projecto:

**PLC (*Programmable Logic Controller* / Controlador Lógico Programável):** O PLC é um computador de processo, que usa uma linguagem própria, um aparelho electrónico digital, que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica básica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos. (**Marcos Daniel Zancan, 2011**)

O PLC toma as decisões de processo baseadas nas informações de entrada e na lógica desejada para manipular os relés de saída, sendo um sistema relativamente complexo, constituído por diversos módulos. Tem maior aplicação para o controle de

máquinas em processos industriais, sendo normalmente programado usando a linguagem de programação *Ladder*. Tem alimentação de cerca de 24Vcc, tem também um número geralmente limitado de portas de entrada e saída digitais e/ou analógicas. Este tipo de controlador caracteriza-se por um alto custo, tanto para a unidade principal como para as unidades suplementares e acessórios. Por estas características, não é muito viável para projectos que se pretendem simples e de custo relativamente baixo, tanto mais se tivermos em conta que este projecto é piloto, tratando-se de produzir uma prova de conceito. Entretanto, os argumentos aqui colocados continuarão ainda válidos quando se tratar de um projecto final com a qualidade industrial necessária.

**Microcontroladores:** Estes têm sido os controladores mais usados na actualidade, na categoria de sistemas embutidos e internet das coisas (IoT), sendo os mais elegíveis para sistemas de pequeno e médio portes (e não só), por causa da sua simplicidade e baixo custo, quando comparados com ASICs, PLCs e computadores de propósitos gerais.

Há no mercado um número sem fim de microcontroladores, por isso para discussão e apenas como exemplo, centrar-nos-emos, nas famílias PIC e ATmega de microcontroladores.

**Microcontrolador da família PIC (Controlador de Interface Programável) - O** microcontrolador PIC pode ser escrito em linguagem de programação Assembly ou em linguagem de programação C. A linguagem assembly é uma linguagem de baixo nível e por isso pode apresentar mais complexidade comparando com a linguagem C. São necessários alguns circuitos auxiliares para utilizar o PIC, como, o clock, reset e alimentação que fazem com que o microcontrolador funcione plenamente e exerça suas funções. Esse microcontrolador tem um baixo consumo de energia, pode existir alguma dificuldade de acesso aos dispositivos e ferramentas auxiliares e na montagem do Projecto.

**Microcontrolador ATmega328:** Este microcontrolador é facilmente encontrado no ambiente académico e comunidade ampla de desenvolvedores, tendo também um repositório documental imenso; é de baixo custo, é facilmente programado utilizando a linguagem de programação C/C++ e afins; é de baixo consumo de energia, entre outras

características. O Atmega328 foi por isso o microcontrolador escolhido para o projecto, pois possui todas características e facilidades necessárias para a montagem do presente sistema de automação. .

**ASICs/FPGAs e computadores de propósitos gerais:** Os primeiros (ASICS- *Application Specific Integrated Circuits*) são dispositivos necessários geralmente para aplicações lógicas muito específicas frequentemente de missão crítica em que a eficiência de temporização (entre outros requisitos) é muito exigente, num modo em que os microcontroladores mais comuns não conseguem realizar ou que consigam realizar mas a expensas de um alto rácio de custo-eficiência. Por outro lado, o custo de aquisição bem como os processos de programação são mais exigentes do que os dos microcontroladores mais comuns. Por sua vez os computadores de propósitos gerais são de muito alto custo quando comparados com os microcontroladores e não dispõem de portas de entrada/saída nem de dispositivos de I/O de controle de processos em tempo real, sendo por isso inconvenientes para a execução das tarefas de monitoramento de eventos em tempo real, como os definidos e discutidos anteriormente. Contudo os computadores de propósitos gerais têm o seu lugar na cadeia de processamento dos dados capturados neste projecto: na fase de reconhecimento facial, pretende-se usar este tipo de computadores, podendo ser substituídos por microcontroladores de alta performance num projecto ulterior.

Desta forma se justifica o uso de microcontroladores versus as outras hipóteses.

### **3.4. Critérios para instalação de semáforos**

Antes de decidir pela implantação de um semáforo, deve ser analisada cuidadosamente a necessidade de controlar o tráfego no local, já que o controle de passagem feito através de paradas periódicas obrigatórias por semáforo, se não for feito na forma adequada, pode até aumentar o tempo de travessia de uma intersecção.

Existem algumas medidas que devem ser consideradas e implementadas antes mesmo de iniciar os estudos para a implantação de um semáforo (**DENATRAN, Manual de Semáforos, 1984**), tais como:

- Melhoria na sinalização vertical;
- Remoção de interferências que prejudiquem a visibilidade;
- Mudança na geometria da interseção;
- Melhoria da iluminação;
- Controle das velocidades de aproximação.

Se o uso dessas alternativas não for suficiente para resolver o problema, então deve-se decidir pela utilização do semáforo.

## CAPÍTULO IV

### 4. DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO

Neste capítulo são abordados os detalhes sobre cada um dos módulos especificados para resolver o problema em estudo, procurando satisfação dos requisitos de funcionamento e das suas especificações técnicas iniciais, produzidas e discutidas anteriormente. Desta forma, neste capítulo são produzidos os desenhos específicos dos componentes do sistema, assim como durante esse processo, serão escolhidos e descritos os materiais e as tecnologias necessários para a elaboração do projecto. Materiais e Tecnologias necessárias

#### 4.1.1. Descrição dos Materiais Necessários

##### Microcontrolador ATmega328p

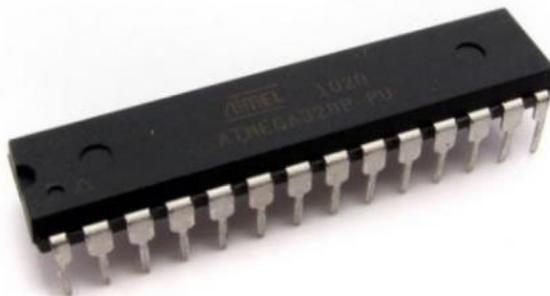


Figura 8: Microcontrolador Atmega 328p<sup>14</sup>

O microcontrolador ATmega328p é o escolhido para implementar os módulos de detecção de eventos em tempo real (excesso de velocidade e passagem pelo vermelho). Trata-se de um microcontrolador de 8 bits baseado em um processador AVR RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) com arquitectura de Harvard (memórias de programa e dados independentes). Possui 32KiB de memória flash para armazenamento de programas, 2KiB de memória RAM estática para armazenamento volátil de dados, 1KiB EEPROM para armazenamento não-volátil de dados, 23 linhas de entrada/saída de propósito geral (GPIO), 32 registos de propósito geral, 3 temporizadores, 1 USART (*Universal Synchronous/Asynchronous Receiver*

---

<sup>14</sup> Fonte: <https://www.baudaeletronica.com.br/microcontrolador-atmega328p.html>, Data de acesso: 10/08/2021

Transmitter), 1 porta serial TWI (2-wire Serial Interface), 1 porta serial SPI (Serial Peripheral Interface) e 6 canais digital/analógicos para conversão A/D, com resolução de 10bits. (Rafael Ferrari, 2007 e DATASHEET do Microcontrolador)

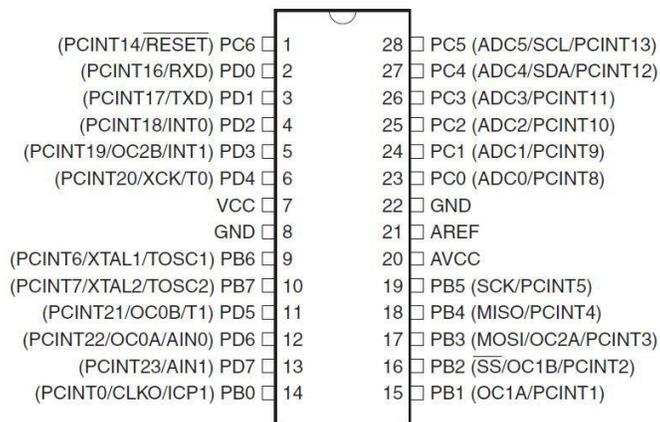


Figura 9: Atmega 328p descrição dos pinos<sup>15</sup>

Cada periférico do microcontrolador é controlado e configurado através de um conjunto de registos específicos, sendo que cada registo é mapeado a uma posição da memória de dados, ou seja, sua manipulação se dá através de operações de escrita e leitura em memória. Cada bit das portas B, C e D (GPIOs) pode ser configurado como entrada ou saída de maneira independente e a memória flash de programa pode ser programada ou através da conexão serial SPI ou por meio de um *boot loader* (Arduino por exemplo). (Rafael Ferrari, 2007)

O ATmega328P é normalmente utilizado nas placas de ARDUINO UNO e oferece performance básica adequada, que permite executar diversos programas, desde os mais simples como acender um LED, até aos programas mais complexos como sistemas de automação.

Como antes discutido, para a criação de um sistema modularizado e que segue padrões e boas práticas de segurança, facilidade de exploração/manutenção, bem como simplicidade de programação, foram criados quatro módulos, nomeadamente: (i) detecção de excesso de velocidade do veículo, (ii) detecção da passagem sobre o semáforo vermelho (iii) o sistema de reconhecimento facial e de chapas de matrícula e

<sup>15</sup> Fonte: <https://www.baudaeletronica.com.br/microcontrolador-atmega328p.html>, Data de acesso: 10/08/2021

(iv) módulo de interligação. Os dois primeiros são implementados com base no microcontrolador ATmega328P, e os dois últimos são implementados em computador de propósitos gerais (podendo como discutido ser, noutra projecto ulterior, ser substituído por microcontrolador de alto desempenho com os recursos necessários para a execução de algoritmos de interligência artificial, como é o caso de reconhecimento facial, incluindo a realização dos outros eventos em tempo real ora basados nos ATmegas), importa também referenciar que o módulo de reconhecimento facial corre no computador, mas tem a sua parte de captação de imagem baseada nas câmeras, as quais são exteriores ao computador.

### LCD (Display de Cristais Líquidos)

A utilização de *displays* é muito comum no dia-a-dia, sendo um display escolhido aqui para a exibição de mensagens de status ou para inquirir inputs como parte da interface homem-máquina nos módulos de microcontroladores deste projecto. Estes visores vêm em diversos tamanhos disponíveis, sendo úteis para mostrar variados tipos de informação. No que concerne à interface de comunicação, existem dois tipos básicos de visores: serial e paralelo. Quanto à forma dos artefactos visuais, os modelos mais comuns são utilizados para a visualização de caracteres. Alguns modelos mais recentes permitem mostrar imagens e gráficos (Alexandre Moraes Tannus, 2018). A figura 9. abaixo, mostra um LCD textual típico com interface paralela.

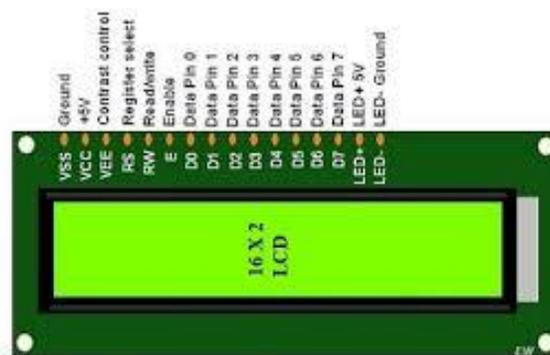


Figura 10: LCD (Display de Cristal Liquido)<sup>16</sup>

<sup>16</sup>Fonte: <http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/1857/1/ARDUINO%20%20DISPLAY%20LCD.pdf>,  
Data de acesso:26/08/2021

**Tabela 4: Descrição dos pinos do Display LCD**

Pino	Nome	Função
1	Vss	Terra
2	Vdd	Alimentação positiva
3	Vo	Contraste do LCD
4	RS	Register Select- Define se o dado enviado ao LCD é um comando ou um caractere
5	R/W	Read/Write- Define se será realizada leitura ou escrita de dados
6	E	Enable- Habilita envio/recepção de dados no LCD
7	D0	Dados- Não utilizado em modo 4 bits
8	D1	Dados- Não utilizado em modo 4 bits
9	D2	Dados- Não utilizado em modo 4 bits
10	D3	Dados- Não utilizado em modo 4 bits
11	D4	Dados
12	D5	Dados
13	D6	Dados
14	D7	Dados
15	A(LED+)	Ânodo da <i>backlight</i> -Deve ser ligado a alimentação positiva com um resistor em série
16	K(LED-)	Cátodo da <i>backlight</i> -Deve ser ligado ao terra

#### 4.1.2. Descrição das tecnologias necessárias

##### OpenCV

OpenCV é o principal projecto de código aberto para a visão computacional, processamento de imagem e *Machine Learning*, com suporte a processamento na GPU (NVIDIA, 2019). Devido ao suporte dos variados tipos de algoritmos para processamento de imagens, o OpenCV foi um *framework* de suma importância para a resolução dos problemas de visão computacional deste trabalho.



Figura 11: Logotipo OpenCV<sup>17</sup>

## Python

A linguagem de programação escolhida para este trabalho, para a parte do reconhecimento facial e de chapas de matrícula, é o Python, que possui interface para a biblioteca de programação OpenCV. De acordo com o site da linguagem, Python é uma linguagem de programação de alto nível do tipo dinâmica e forte. Possui um modelo de desenvolvimento comunitário, aberto e gerido pela organização sem fins lucrativos Python Software Foundation. Uma de suas principais características é permitir fácil leitura do código e exigir poucas linhas de código se comparado a software com idêntica funcionalidade em outras linguagens.



Figura 12: Logótipo Python<sup>18</sup>

## Plataforma de Software Arduino

Para programar os circuitos de detecção utilizou-se uma ferramenta de desenvolvimento gratuita fornecida pelo fabricante dos microcomputadores da família Arduino, o Arduino IDE, que permite desenvolver aplicações em C e C++ e disponibiliza um ambiente gráfico simples e intuitivo de desenvolvimento.



Figura 13: Arduino<sup>19</sup>

## Protocolo RTSP para câmeras IPs

RSTP é uma sigla para “**Real Time Streaming Protocol**” que traduzido para o Português significa “protocolo de fluxo em tempo real”, ou seja, sua função é enviar áudio ou vídeo ao vivo de um dispositivo a outro. Este protocolo é usado na transmissão dos dados capturados pelas câmeras deste projecto na rodovia.

---

<sup>17</sup> Fonte: <https://icon-icons.com/icon/opencv-logo/170888> , Data de acesso: 27/09/2021

<sup>18</sup> Fonte: <https://logos-world.net/python-logo/> , Data de acesso: 27/09/2021

<sup>19</sup> Fonte: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/installing-arduino-ide/all>, Data de acesso: 27/09/2021

O protocolo RSTP **não foi criado exclusivamente para o uso em CCTV**, ele já era utilizado em outros sectores onde houve a necessidade de transmissão de dados em tempo real e foi mais tarde adoptado por desenvolvedores de dispositivos e software na área de segurança digital onde passou a ser utilizado como um padrão mundial.

Os fabricantes de equipamentos de segurança electrónica implementam o protocolo RTSP em suas câmeras, gravadores e software para que eles sejam compatíveis com outros dispositivos que estão disponíveis no mercado.

Ao adquirir uma câmara IP e um gravador de rede de diferentes fabricantes é possível fazer com que se comuniquem através do uso desse protocolo universal.

Para configurar os equipamentos é necessário saber qual é o comando RTSP que deve ser utilizado, sendo que essa informação pode ser encontrada no manual do equipamento ou consultando o site e/ou a equipe de suporte técnico do dispositivo.



Figura 14: Protocolo RTSP

A estrutura da criação de um endereço por meio desse protocolo depende de cada fabricante; para exemplo abaixo apresenta-se uma estrutura da HIKVISION:

```
rtsp://USER:PASSWORD@IP:PORTA/h264/chCANAL/main/av_stream
```

O protocolo RTSP pode ser utilizado para transmitir imagens em sistemas de CCTV e devido à sua compatibilidade com diversos dispositivos, sendo por isso uma ótima opção para projectos híbridos.

#### 4.2. Desenho dos esquemas das componentes e módulos do projecto.

Nesta secção serão apresentados os subsistemas e os esquemas de montagem dos protótipos do projecto final. Conforme já foi mencionado anteriormente o esquema final será constituído por quatro subsistemas (módulos): sendo o primeiro referente ao sistema de monitoramento da velocidade, o segundo responsável por monitorar a

passagem sobre o semáforo vermelho, o terceiro subsistema de reconhecimento facial e de chapa de matrícula e por último o subsistema de interligação.

#### 4.2.1. Esquemas de ligação dos sensores IR

Nos módulos de controlo de velocidade e passagem pelo semáforo vermelho serão usados sensores IR para detectar os veículos e fazer o monitoramento da violação das regras de trânsito em discussão neste trabalho.

Nos esquemas de montagem dos módulos de monitoramento de velocidade e passagem pelo semáforo vermelho os sensores IR serão representados por teclas, segundo a configuração que pode ser vista na figura 15. Entretanto, a descrição do processo de detecção do veículo e a estimativa da sua velocidade são descritos e discutidos no parágrafo a seguir.

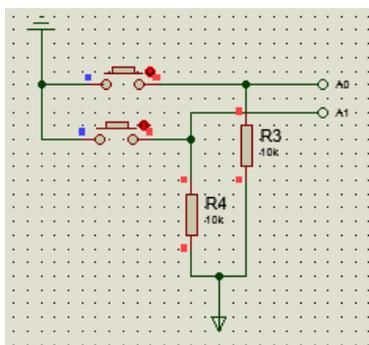


Figura 15: Simulação sensor IR<sup>20</sup>

#### 4.2.2. Esquema do subsistema de detecção do excesso de velocidade

Nesta secção é apresentado o esquema de montagem do módulo do subsistema de detecção do excesso de velocidade bem como a descrição do seu funcionamento.

##### Funcionamento

A detecção da velocidade dos veículos será feita por meio de dois sensores IR (representados pelos botões no esquema de montagem descrito acima, os quais são também usados para efeitos de simulação e ensaios do protótipo). Cada um destes sensores IR consiste de um par emissor/receptor em acoplamento óptico, que detecta a

---

<sup>20</sup> Fonte: Autor

passagem do veículo por obstrução do acoplamento. Desta forma, são cronometrados os instantes  $t_1$  e  $t_2$  quando o veículo passa pelo primeiro e segundo sensores respectivamente e daí calcula-se a diferença  $\Delta t = t_2 - t_1$ , que é o tempo de percurso do veículo pela distância  $\Delta d$  entre os sensores. A velocidade<sup>21</sup> do veículo é a razão  $\Delta d / \Delta t$ . A aquisição desta informação, os cálculos, bem como as acções subsequentes em função das regras do negócio estabelecidas (o algoritmo de programação), são efectuados inteiramente pelo microcontrolador. Se houver algum evento (objecto) detectado, (ie, variação  $\Delta t$  não nula) a informação será processada pelo microcontrolador Atmega328P, e o resultado do processamento de tal variação na entrada será observada no display LCD como pode ser visto na Figura 16 abaixo.

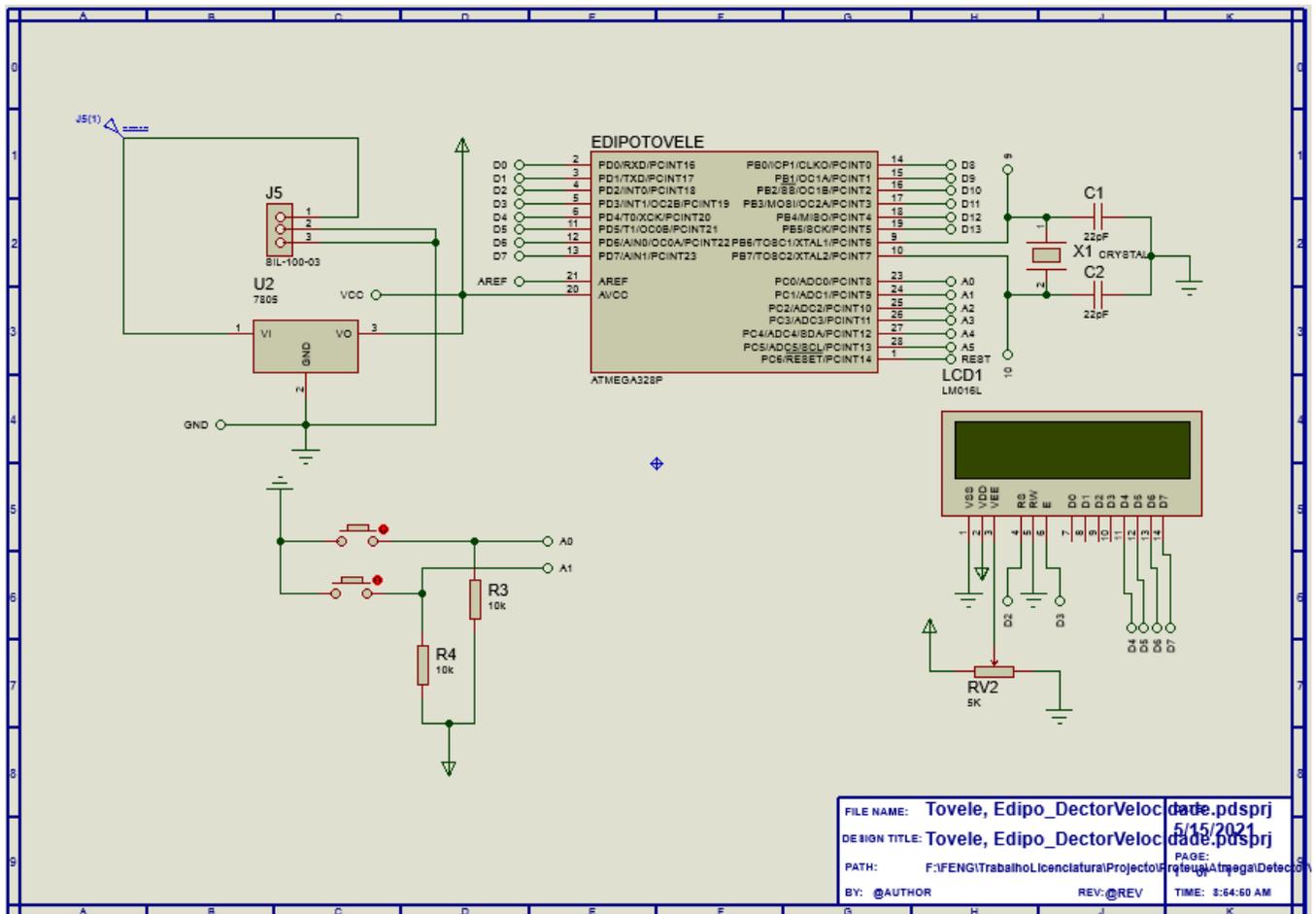


Figura 16: Esquema de montagem do subsistema de detecção do excesso de velocidade

<sup>21</sup> Velocidade = [Distância percorrida]/[Tempo transcorrido]

### 4.2.3. Esquema do subsistema de detecção da passagem pelo sinal vermelho

Nesta secção será apresentado o esquema de montagem do módulo do subsistema de detecção da passagem pelo semáforo vermelho bem como a descrição do seu funcionamento.

### 4.2.4. Cálculo da resistência limitadora de corrente dos LED's

No protótipo deste subsistema serão usados LED's para a representação dos semáforos. E como é sabido os LED's devem estar ligados com resistências de pilotagem, cujos valores são determinados tendo em conta a máxima corrente suportada pelos LEDs, a intensidade lumínica pretendida e a tensão de alimentação dos mesmos (= tensão de saída do pino onde está ligado). Os LED's escolhidos para este protótipo suportam uma corrente máxima de 20mA, e tendo em conta que a tensão no pino ( $V_{OH}$ ) de saída do microcontrolador Atmega 328p é de ~4,2V e o LED tem uma queda de tensão de 0.7V, a resistência limitadora de corrente para cada LED pode ser calculada da seguinte forma:

Pela lei de Ohm:

$$R = \frac{U}{I} \leftrightarrow R = \frac{4.2V - 0.7}{20mA} = 175\Omega \quad (1)$$

*Equação 1: Calculo da Resistência dos LED's*

Conforme o resultado obtido pode se entender que a resistência mínima neste caso deve ser 175 $\Omega$  e como o esse valor não é comercial, para o protótipo foi escolhida uma resistência de 220 $\Omega$ .

### Funcionamento

Neste caso será usado também um sensor IR para detectar o veículo, o sensor estará activado quando o semáforo estiver vermelho; caso o carro passe pelo semáforo enquanto vermelho, um sinal será enviado ao sistema comunicando que há uma viatura que passou pela zona protegida do semáforo, com o sinal vermelho, para que desta maneira seja activado o sistema de captura de imagem e reconhecimento facial para a identificação do infractor com o subsequente registo da informação no sistema.

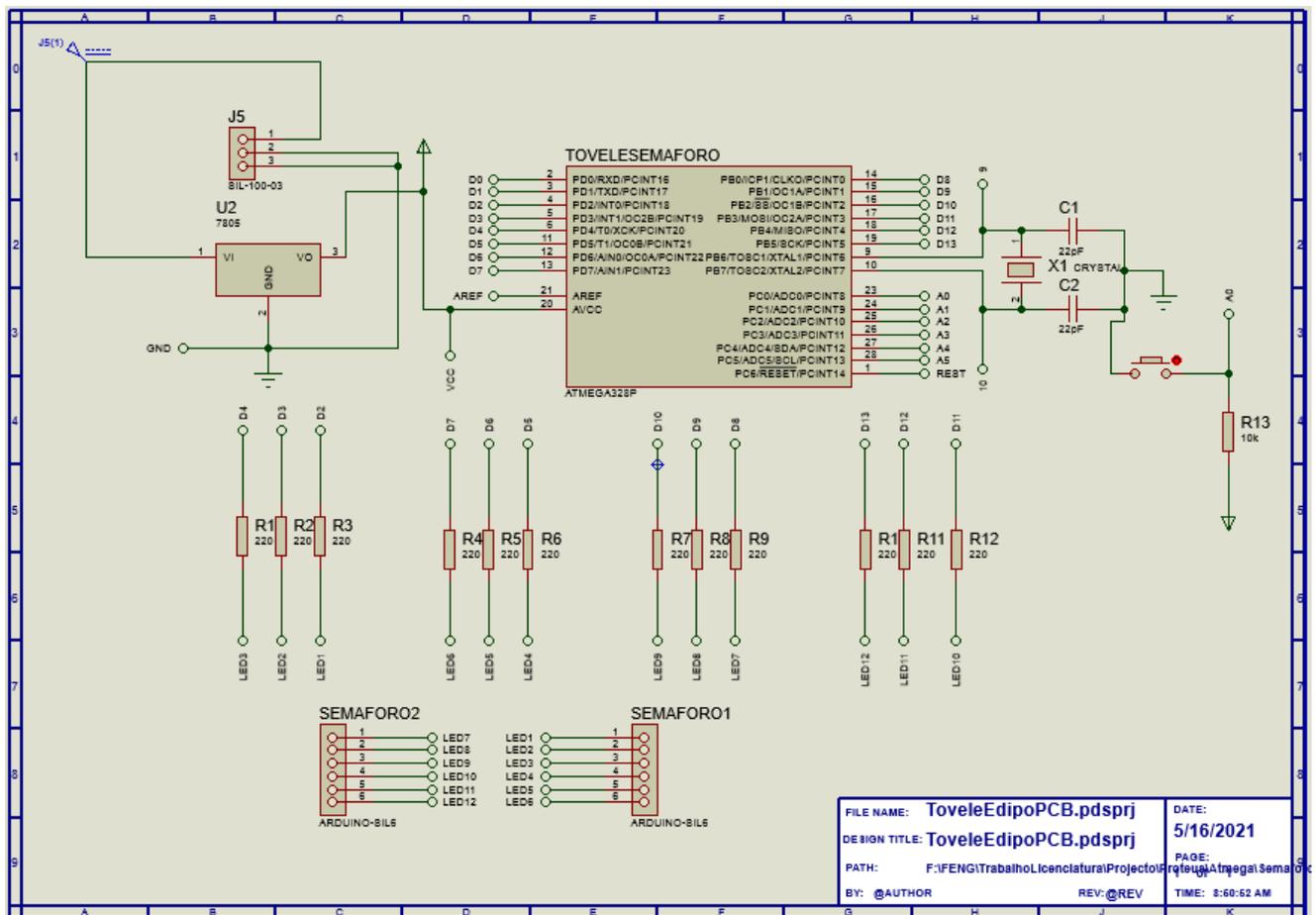


Figura 17: Esquema de montagem do Subsistema de controlo de passagem pelo semáforo vermelho

### 4.3. Conexão Serial Tx/Rx entre Microcontroladores

Uma forma de poupar o uso de pinos de entrada e saída é fazendo com que 2 ou mais microcontroladores se comuniquem através de ligações seriais, havendo diversas unidades de I/O e protocolos seriais padronizados, normalmente disponíveis na maioria dos microcontroladores (RS232, I2C/TWI, SPI, USB, I2S, etc.). Por essa via, geralmente, apenas 2 a 4 (ou seja, muito poucos) dos seus pinos são usados para a transmissão e recepção permitindo que ambos os dispositivos possam transmitir e receber informações com poupança de recursos em bits GPIOs.

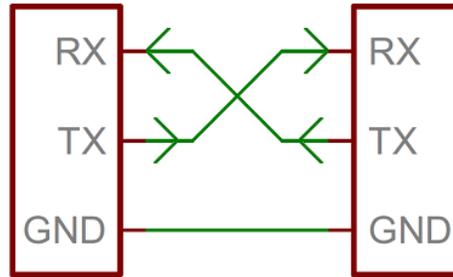


Figura 18: Comunicação serial<sup>22</sup>

Pela simplicidade e pela disponibilidade mútua da interface RS232 nos diversos subsistemas (incluindo sobremaneira o computador de propósito geral) para conexão serial entre dois microcontroladores ATmega328, decidiu-se utilizar a conexão serial EIA RS232 (TX/RX) para o presente trabalho. Outrossim, outras interfaces seriais entre os microcontroladores ATmega (I2C/TWI, SPI) poderiam ser usadas com igual sucesso.

As comunicações seriais UART/RS232, são usadas para a troca de dados entre os módulos de detecção de excesso de velocidade e de violação do semáforo vermelho, assim como entre esses módulos e o computador de propósitos gerais.

#### 4.4. Sistema de reconhecimento facial

Nesta secção será feita a descrição geral do funcionamento do sistema de reconhecimento facial tanto sobre os pontos de vista de lógica quanto da constituição física do mesmo.

Um sistema de reconhecimento facial é composto pelas seguintes etapas: captura da imagem, detecção da imagem (encontrar uma face humana na imagem capturada), processamento (melhoramento ou aprimoramento e identificação dos dados biométricos) da imagem, comparação com as imagens da base de dados, terminando isso com a identificação (ou com a indicação da ausência/desconhecimento) do indivíduo, um processo como o descrito na Figura 19 abaixo.

---

<sup>22</sup> Fonte: <https://athoselectronics.com/comunicacao-serial-arduino/>, Data de acesso:10/08/2021

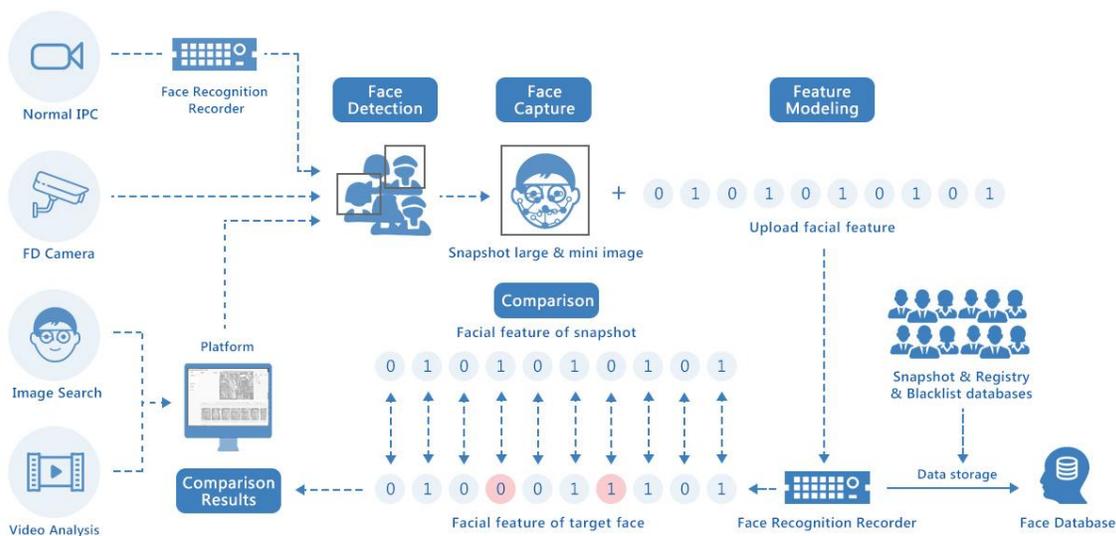


Figura 19: Sistema de reconhecimento facial<sup>23</sup>

Importa recordar que a etapa da captura da imagem (face) é feita por uma câmara, sendo que esta deve estar bem posicionada e bem configurada para captar a imagem com o melhor detalhe possível. O processamento da imagem, que culmina com a comparação com as imagens da base de dados e a identificação do indivíduo é feita por um algoritmo criado com base na linguagem de programação python que é instalado no módulo de controlo, um computador de propósitos gerais, que é um cliente ou servidor local, dimensionado e configurado para coordenar o processo de identificação biométrica das pessoas envolvidas no processo, bem como efectuar decisões e acções conforme as regras de negócio estabelecidas (fluxograma geral de funcionamento do sistema).

Devido à complexidade do processamento dos sistemas de reconhecimento facial, tais os módulos cumprindo essa função, instalados nos servidores locais, devem ser projectados de modo a garantir o menor tempo de resposta e evitar problemas de latência, sendo portanto sistemas de missão crítica lidando com volumes de dados altos e de uma dinâmica intensa em sintonia com a intensidade do tráfego rodoviário e de seus eventos.

<sup>23</sup> Fonte: <https://www.dahuasecurity.com/solutions/solutionsByApplication/517> , Data de acesso 03/10/2021

#### **4.4.1. Obtenção da imagem**

Como antes abordado, na aplicação prática, as imagens serão obtidas por meio de câmeras, que serão instalados ao longo da rodovia. As imagens serão então sujeitas a reconhecimento facial uma vez detectada alguma das irregularidades em consideração.

As câmeras de reconhecimento facial que devem ser usadas na prática são câmeras IP, que são aquelas com comunicação baseada no protocolo IP, sendo que, portanto, não necessitam de um computador como intermediário para poderem enviar a imagem para um gravador local, a uma intranet ou à Internet.

#### **4.4.2. Criação do algoritmo de reconhecimento facial**

Para a criação do algoritmo de reconhecimento facial primeiramente deve-se ter em conta que o objectivo principal é ter a imagem da face com o melhor detalhe possível. Este algoritmo envolve analisar os quadros do vídeo e procura em cada imagem identificar uma face humana e recolher as suas características biométricas únicas.

Para a criação do algoritmo de reconhecimento facial será usada a biblioteca OpenCV do software de programação Python, como pode ser visto no Anexo C. Este algoritmo faz o uso das funções padrão do OpenCV para a captura.

Como foi referido anteriormente as imagens detectadas pelas câmeras de controle devem ser comparadas com as imagens armazenadas (no exemplo a pasta Photos que está dentro do projecto de reconhecimento facial, figura 20 abaixo, no lado esquerdo) para que seja feita a identificação do infractor. A pasta Photos, com algumas imagens de algumas figuras populares, foi criada para efeitos de servir como exemplo no lugar do BD propriamente dito, com o objectivo de facilitar os ensaios do algoritmo; vide Figura 20 abaixo.

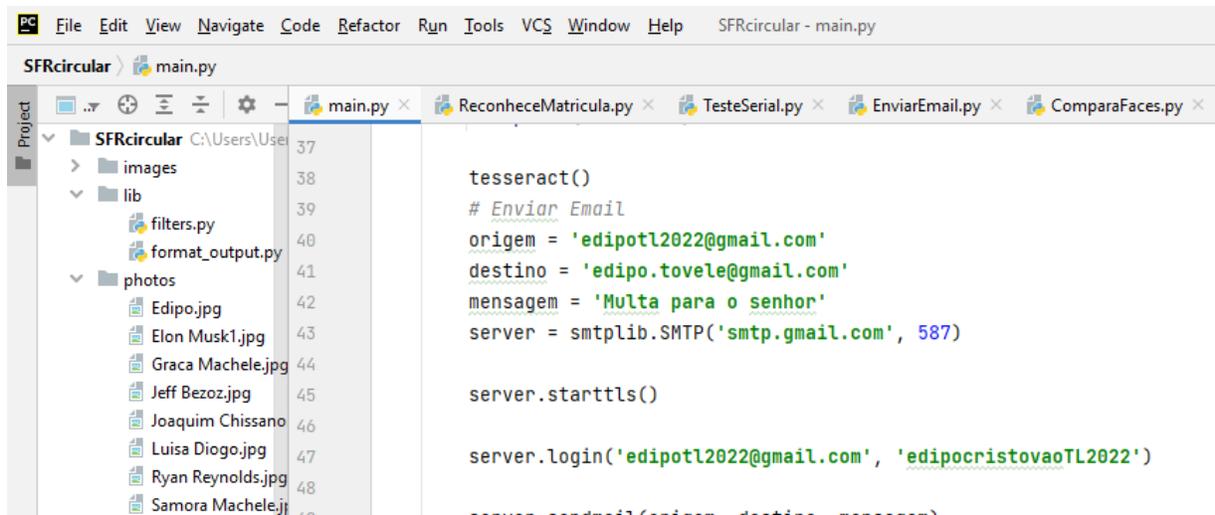


Figura 20: Exemplo da base de dados a ser usada no projecto

#### 4.4.3. Recolha e processamento das chapas de Matrículas

Os sistemas de reconhecimento facial e de matrículas estão interligados porquanto usam a mesma imagem capturada (fixa ou video), sendo que após a tentativa de detectar a face do infractor o mesmo material é rastreado à procura do número da chapa de matrícula.

O processamento é feito por meio duma biblioteca OCR (Leitor Optico de Caracteres nas imagens e videos) do Python.

Em resumo, o processo de reconhecimento de matrículas será feito em 3 etapas:

Etapa 1: Captura de matrículas (imagem/vídeo) através das câmeras;

Etapa 2: Extração das matrículas por meio do procedimento OCR;

Etapa 3: Após a extração, as matrículas, junto com a informação de reconhecimento facial, podem então ser armazenadas localmente, assim como enviadas ao banco de dados já referenciado.

#### 4.4.4. Comunicação das câmeras com o algoritmo de reconhecimento facial e matrículas

Como parte do algoritmo de reconhecimento facial e de matrículas é necessário estabelecer um meio de comunicação entre este e as câmeras IP (para que o algoritmo

possa receber as imagens capturadas pelas câmeras). Para isso, será usado o protocolo RTSP que já foi abordado na descrição das tecnologias necessárias.

É importante também referir que as câmeras devem ser conectadas aos computadores (que é onde corre o software de reconhecimento) por meio do protocolo ethernet via um cabo STP/UTP.

#### 4.5. Interligação dos três módulos

Os módulos apresentados acima, serão interconectados ao sistema de reconhecimento facial recorrendo à comunicação serial, envolvendo por um lado o programa correndo no microcontrolador Atmega328p (desenvolvido via Arduino IDE/C++) e o programa correndo no computador de propósitos gerais (programa de reconhecimento facial desenvolvido e executado sob a plataforma e linguagem Python).

Feito isso o resultado final obtido pode ser resumidamente demonstrado através da figura 21 que representa a interligação dos três módulos e a figura 22 e 23 que representam a montagem do sistema no terreno.

Como já foi referido anteriormente a interligação entre as câmeras e os computadores será feita por meio de cabos UTP através da interface RJ45

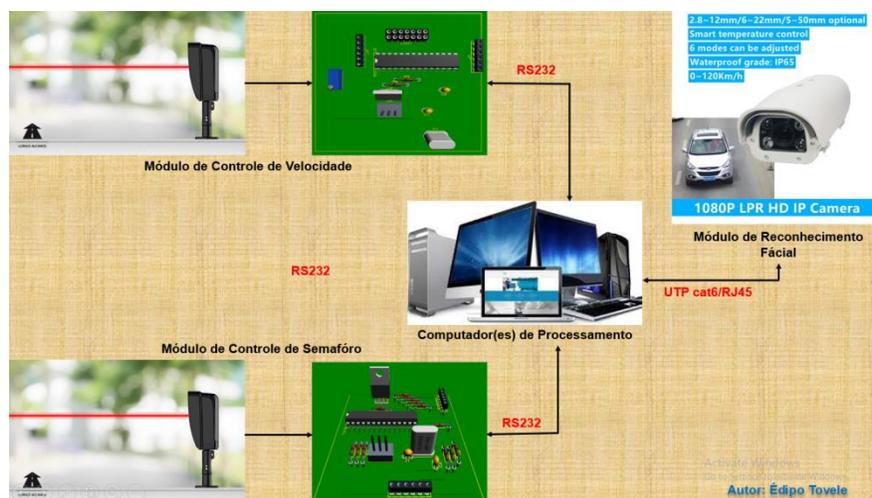


Figura 21: Interligação dos quatro módulos<sup>24</sup>

<sup>24</sup> O Módulo de reconhecimento facial inclui as câmeras e o computador

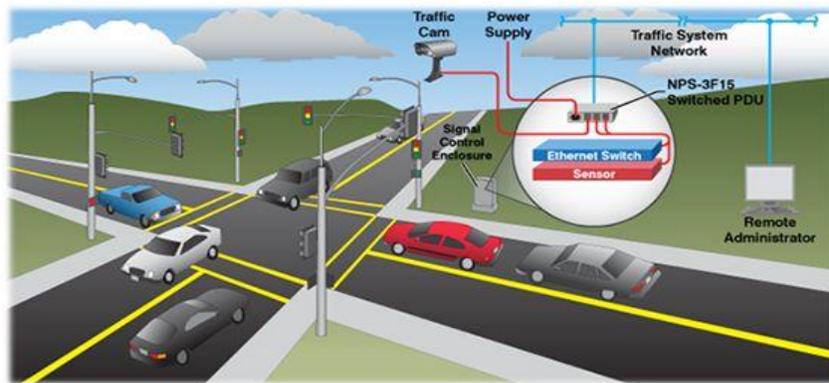


Figura 22: Interligação dos módulos no terreno

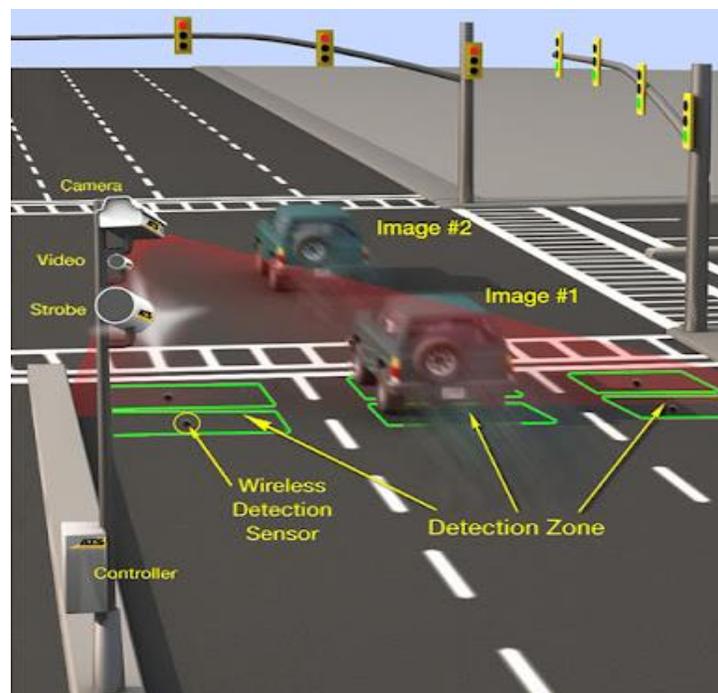


Figura 23: Distribuição dos módulos no terreno

#### 4.6. Custo do protótipo e de sua aplicação “as-is” na rodovia circular de Maputo

Nesta secção iremos avaliar o custo do protótipo bem como o custo total do seu desdobramento (aplicado “as-is”, ou seja ainda em forma de prototipo, com objectivos apenas comparativos, uma vez que a sua aplicação final carece de um projecto ulterior destinado a conferir a resiliência própícia para o ambiente de destino, entre outros aprimoramentos) para uma antevisão e discussão da sua viabilidade económica.

**Tabela 5: Preço dos materiais**

<b>Materiais</b>	<b>Quantidades</b>	<b>Preço unitário (Mt)</b>	<b>Preço total (Mt)</b>
Microcontrolador Atmega 328p	2	550,00	1,100,00
Resistores	14	10,00	140,00
Oscilador Cristal	2	450,00	900,00
Capacitores cerâmicos	4	15,00	60,00
LCD	1	400,00	400,00
Regulador de Tensão LM35	2	200,00	400,00
Sensores fotoelétricos	3	1,024,00	3,072,00
Conectores	20	10,00	200,00
Terminal Block	2	25	50,00
Placas PCB 20cmx10cm	2	550,00	1,100,00
<b>Módulo de Reconhecimento Facial</b>			
Câmeras	1	13,312,00	13,312,00
SWITCH REM (Remote Edge Manager)	1	63,830,00	63,830,00
REFLETOR LED (FL02 ECO)	1	1,915,00	1,915,00
<b>Total</b>			<b>86,479,00</b>

### **Comentários e discussão sobre os custos e viabilidade económica**

Primeiramente é importante referir que para este projecto não será necessário montar novos semáforos, pois já existem semáforos montados ao longo da estrada, o que significa que nos pontos com semáforo só se irá montar os módulos de monitoramento de velocidade, a passagem pelo semáforo vermelho, e do reconhecimento facial.

Em pontos intermédios, entre semáforos vizinhos, serão montados apenas os módulos de monitoramento de velocidade e de reconhecimento facial. Como já foi abordado na descrição do terreno, no total serão 14 pontos onde se irá montar esses módulos. Desta forma, tendo em conta que a Estrada Circular de Maputo tem geralmente 4

faixas de rodagem (duas para cada sentido), no total será necessário montar 56 módulos de controlo, ou seja, 14 em cada faixa de rodagem.

Com isso pode-se calcular o total da estimativa dos custos do projecto da seguinte maneira:

$$\text{Custo Total} = \text{Total do prot'tipo} \times \text{número de pontos} \quad (2)$$

*Equação 2: Custo Total do Projecto*

$$\text{Custo total} = 86,479,00 \times 56$$

$$\text{Custo total} = 4,842,824,00\text{Mt}$$

Calculado o custo total é possível verificar que este projecto é avaliado em cerca de **4,842,824,00Mt**, comparando esse valor com que é gasto para repor os danos causados pelos acidentes de viação e tendo em conta que a vida é o maior valor, chegamos a conclusão de que o projecto é economicamente viável, humanitariamente necessário e aplicável.

Entretanto, como antes referenciado, será preciso realizar um projecto de continuidade e novos cálculos deverão ser feitos. Vale contudo concluir que mesmo com a duplicação ou triplicação do valor acima estimado, o investimento continuaria mesmo assim a ser viável porquanto um valor de 15 milhões pode ser pulverizado em apenas 1 ou 2 ou 3 acidentes de viação para além dos altos danos humanos (entre outros) associados ao sinistros.

Por outro lado, o estudo que se fez é em relação ao protótipo, ou ao mero valor do produto, não contém por isso a previsão da mão de obra da engenharia do projecto ou da sua reprodução industrial. O custo estimado acima, é somente uma imagem do preço esperado, mas é um valor indicativo válido tanto mais quando se tiver em conta que a fabricação em massa irá reduzir os custos de engenharia e de fabricação.

# CAPÍTULO V

## 5. ENSAIOS E RESULTADOS

### 5.1. Apresentação e Discussão dos Resultados

Enquanto estavam sendo montados os protótipos, realizámos repetidamente e de forma incremental, ensaios de funcionalidade, bem sucedidos, e não obstante não havermos feito um registo estatístico do grau de proficiência e eficiência, consideramos positivos os resultados dos ensaios. Abaixo, nas figuras 24 a 29; se pode ver os outputs do sistema nos referidos ensaios, resultados tais que nos encorajam a concluir que o trabalho como prova de conceito, produziu o resultado esperado. Vejamos as imagens de exemplo do funcionamento dos módulos:

#### Módulo de Controlo de Velocidade

##### Ao ligar o Sistema

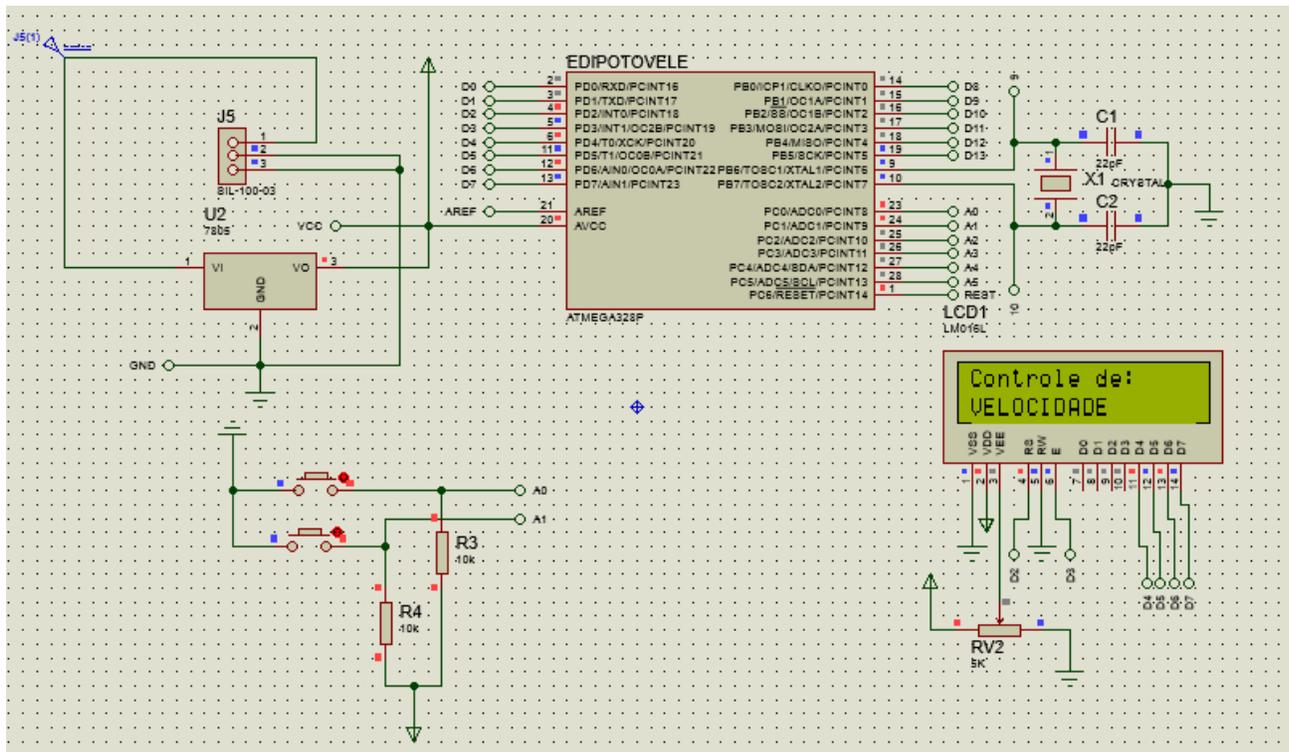


Figura 24: Ao ligar o Sistema

## Antes de passar algum carro

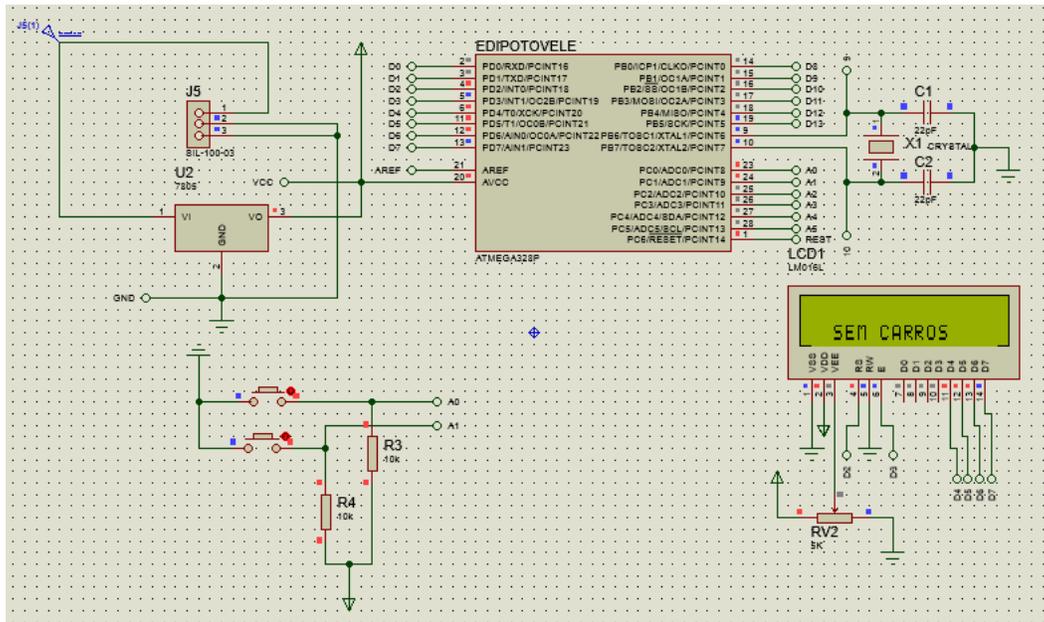


Figura 25: Antes de Passar algum Carro

## Carro com velocidade acima da recomendada (limite = 60km/h)

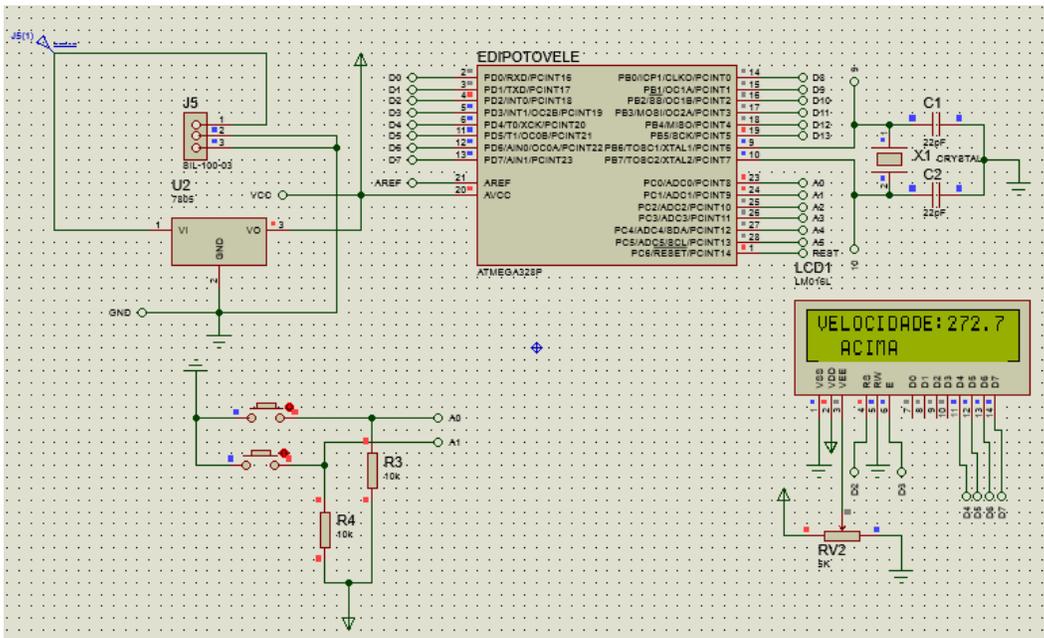


Figura 26: Carro Acima de 60km/h

## Carro com velocidade normal

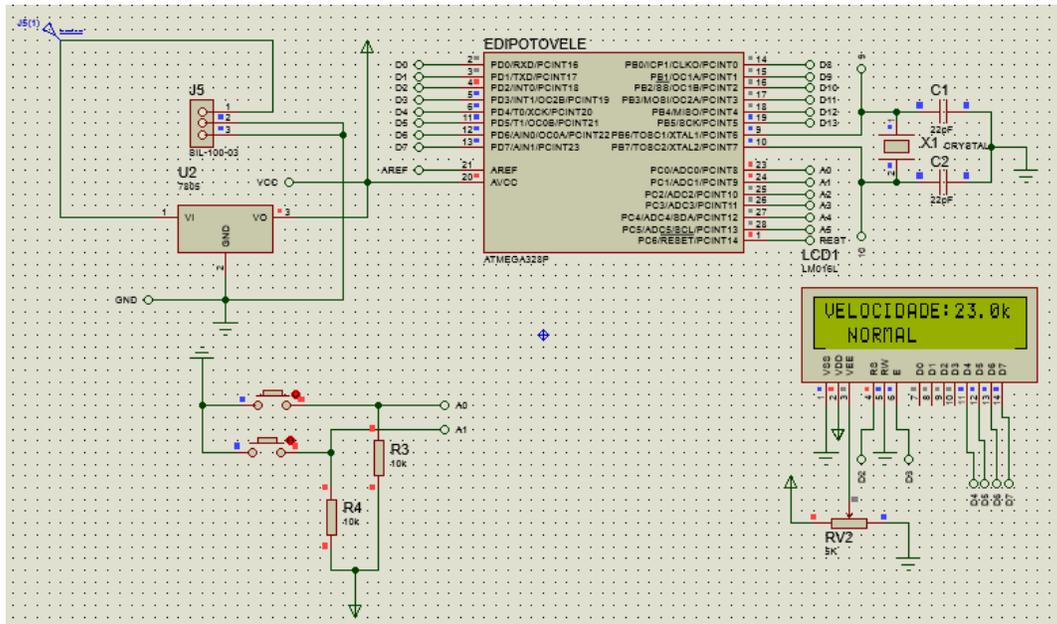


Figura 27: Carro Abaixo de 60km/h

## Teste do Sistema de Reconhecimento Facial

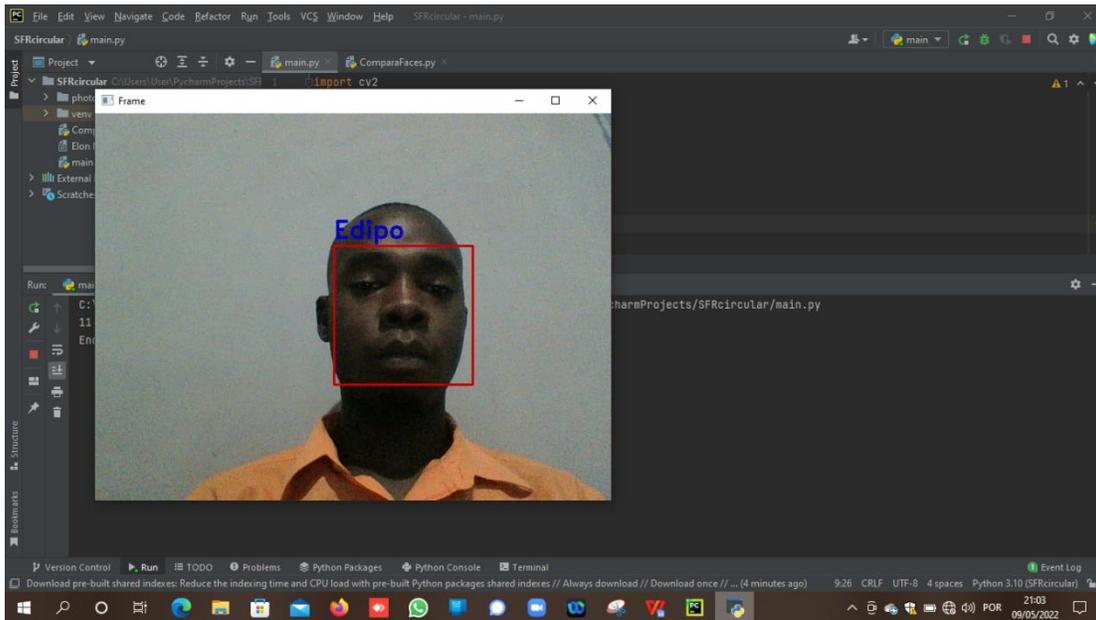
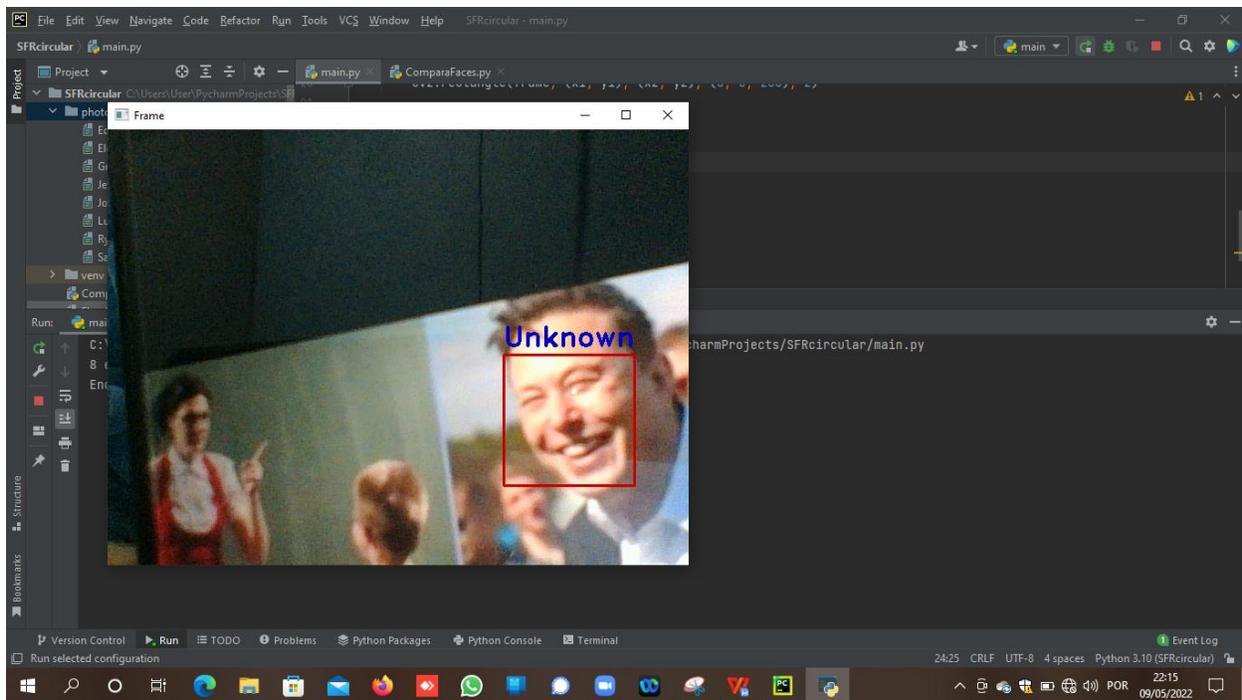


Figura 28: Teste do Sistema de Reconhecimento Facial imagem cadastrada



*Figura 29: Teste do Sistema de Reconhecimento Facial imagem não cadastrada*

No fim do presente trabalho foram alcançados os seguintes resultados:

1. Projectou-se e se implementou um sistema baseado em microcontroladores (com alguma parte baseada em computador de propósitos gerais) constituído por 4 módulos, nomeadamente: monitoramento do excesso de velocidade, da passagem pelo semáforo vermelho, do reconhecimento facial e de matrículas e o módulo de interligação.
2. Com base em fontes que são citadas, foi possível conceber e testar com sucesso um programa que monitora (violação de) velocidade e passagem pelo semáforo vermelho, bem como em sequência de eventual violação, recolhe e processa imagens de condutores e chapas de matrícula na via pública segundo se vê nas simulações das imagens exemplo mostradas acima.
3. Com esta tecnologia montada na via pública, será possível ter um controle e acompanhamento em tempo real da ocorrência da violação das regras de trânsito discutidas.

4. É importante voltar a realçar que, para ser implantado na via pública, será necessário realizar uma re-engenharia do protótipo, para adequá-lo as intempéries da estrada , uma vez que entre outros aspectos, alguns componentes que se utilizarão no ambiente real serão diferentes dos usados no protótipo em ambiente laboratorial.

5. Os resultados alcançados no ponto de vista de engenharia (desenho e programação da lógica de controle) e de construção física do projecto, estão apresentados ao longo do capítulo anterior, nas imagens de ensaio discutidas acima (figuras 24 a 29), bem como nos esquemas mostrados nas figuras 30 a 33 abaixo e nas listagens dos programas do sistema de reconhecimento facial encontrados no anexo C.

### **Limitações**

Durante o ensaio do sistema de reconhecimento facial deparámo-nos com as seguintes limitações ou exigências:

- a) O sistema depende grandemente da qualidade da imagem detectada pelas câmeras, ou seja, se a imagem não tiver uma boa nitidez o resultado do reconhecimento é potencialmente negativo não obstante o nosso conhecimento prévio de que a imagem em ensaio existe no cadastro digital, por isso para mitigar esta limitação ou pela sua própria relevância, foi incorporado o sistema de reconhecimento de chapas de matrículas que é menos exigente quanto à qualidade da imagem, sendo que quando falhar o reconhecimento facial, e a chapa de matrícula ser reconhecida, a identificação do proprietário levará na esmagadora maioria dos casos à identificação do motorista infractor. Resulta portato que:
- b) As câmeras devem ser de grande resolução e de rápida actuação na captura das imagens;
- c) Se forem usadas câmeras de baixa resolução o sistema sofrerá uma grande redução na sua eficiência de reconhecimento, a partir das imagens capturadas;

Com a verificação do funcionamento efectivo, tanto individual como integrado de todos os módulos (monitoração e controlo de eventos, captura de imagem seguida de reconhecimento facial e do número de chapa de matrícula), chegamos assim ao cumprimento objectivo inicial do trabalho no ponto de vista do seu projecto, implementação do protótipo e seu ensaio.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

#### **6.1. Conclusões**

O presente trabalho teve como objectivo conceber um protótipo de detecção e registo de irregularidades rodoviárias, com vistas em minimizar a ocorrência de acidentes de viação na rodovia tomando como caso de estudo a Estrada Circular de Maputo (o que, de resto, pode ser usado para cenários idênticos da via pública), pois os acidentes têm causado muitos danos humanos e em bens materiais tanto para os condutores em particular, como para o Estado Moçambicano. Para isso foi desenvolvido um projecto que de forma autónoma consegue identificar algumas das irregularidades mais frequentes (excesso de velocidade e passagem pelo semáforo vermelho) e identificar o autor e/ou a matrícula do veículo envolvido na infração para que o transgressor possa ser responsabilizado pelo acto e por essa via reprimir tal comportamento e daí reduzir o índice de acidentes de viação.

O que pesou para se escolher este método, é o facto de se observar que muitas das infracções que levam a acidentes, ocorrem em locais ou ocasiões em que os agentes humanos de controlo de trânsito estão ausentes, ou também porque é praticamente impossível ter agentes a fazerem o controlo durante 24 horas do dia e sete dias da semana. Desta forma, o sistema aqui demonstrado vem viabilizar a monitoria em tempo real, de forma contínua e ininterrupta da via ao longo das 24h, e dessa forma permitir o controle efectivo das irregularidades visadas neste trabalho, que estão na causa da maioria dos acidentes de viação, procurando desta forma contribuir para a sua redução.

Pelos resultados obtidos nas simulações desta prova de conceito, discutidos no capítulo dos resultados, consistindo na detecção do eventos de violação seguida da captura e reconhecimento da face dos infractores, e/ou na captura e reconhecimento da matrícula do veículo, e culminando o processo, com seu envio para um servidor; podemos concluir que os objectivos propostos para este trabalho foram alcançados.

## 6.2. Recomendações

Recomenda-se que se sugira aos gestores do serviço de vigilância na estrada (o INATRO ou os órgãos municipais do pelouro) que usem os resultados do reconhecimento facial e da chapa de matrícula, que faça o envio das multas directamente para os motoristas e/ou proprietário do veículo por email, SMS, e/ou outros mecanismos eletrónicos de envio de informação, para aumentar a eficiência do processo e acelerar tanto quanto agudizar o impacto positivo genuinamente esperado no sentido da redução do número de acidentes e/ou da sua gravidade.

O nosso trabalho centrou-se apenas em desenvolver módulos que controlam somente dois tipos de infracções<sup>25</sup>, mas existem muitas outras infrações a se ter em conta e que merecem uma atenção para dar mais eficácia ao controle de irregularidades rodoviárias, por isso recomenda-se que nos trabalhos futuros possa se adicionar o monitoramento e controle de outros tipos de irregularidades (por exemplo estacionamento incorrecto ou circulação fora dos limites da faixa de rodagem, etc.).

Outro ponto que importa referir é que este trabalho só se concentra em desenvolver e interligar os módulos de controle, não se focando na criação de salas de monitoria e gestão por achar que são pontos que constituem um outra especialidade e requerendo uma atenção específica. Por isso a criação das salas de monitoria e gestão é dado como recomendação para outros trabalhos futuros na mesma área.

Devido a grande dependência destes sistemas na qualidade das câmeras recomenda-se que sejam usadas câmeras, com uma grande resolução bem, como grande rapidez de captura de imagem. E para a melhor agilidade e versatilidade no posicionamento para a captura de imagem que possa ajudar a identificar os motoristas em acidentes de viação, recomenda-se o uso de câmeras PTZ<sup>26</sup> pois elas podem variar a posição e melhor adequar a captação da imagem.

Os esquemas e montagens apresentados na secção do resultados são protótipos de laboratório, por isso um projecto final deve ser desenvolvido visando a sua aplicação na estrada com a resiliência necessária para as intempéries eléctricas, atmosféricas,

---

<sup>25</sup> Excesso de velocidade e passagem pelo semáforo vermelho

<sup>26</sup> Câmera com movimentos verticais, horizontais e com funcionalidade do Zoom

senão vejamos por exemplo: a protecção contra o calor, poeiras, chuva; protecção contra a (ou compatibilidade em relação à) interferência electromagnética, protecção contra raios e diversos tipos de oscilação de fonte de alimentação (sub/sobre-correntes e sub/sobre-tensões), entre outras adequações de resiliência, incluindo aspectos de protecção e segurança contra vandalismo, roubo e ciber-ataques.

## CAPÍTULO VII

### 7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Almeida, D. M., 1980. Manual de acidentes de viação. 2ª ed. Coimbra: Almedina.
- [2] Alves, A. C., 1995. Segurança!!!...O que é???. Pela Lei e Pela Grei, janeiro-março, pp. 13- 16.
- [3] ARMITAGE, R. To cctv or not to cctv. A review of current research into the effectiveness of CCTV systems in reducing crime, p. 8, 2002.
- [4] BAZOTE, M. Princípios básicos e fundamentais de segurança patrimonial. 2012. <http://senhoraseguranca.com.br/wp-content/uploads/2012/03/equipamentoseletronicos-apostila.pdf>. Acesso em 23 jul. 2021.
- [5] BOECHAT, G. C. **Investigação de um Modelo de Arquitetura Biometrica Multimodal para Identificação Pessoal**. Universidade Federal do Pernambuco, 2008.
- [6] BRUNO, F. Contramanual para câmeras inteligentes: vigilância, tecnologia e percepção. Galáxia, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, n. 24, 2012.
- [7] COSTA, Luciano; OBELHEIRO, Rafael; FRAGA, Joni. Introdução à Biometria. 2006. 49p. Universidade Federal de Santa Catarina. Apostilado Departamento de Automação de Sistema, Florianópolis, 2006.
- [8] COUTO, Cabral Abel, Elementos de Estratégia, Apontamentos para um Curso, Volume I, Instituto de Altos Estudos Militares, Lisboa, 1988, pag 374.
- [9] ELETRICA, S. Sistema de segurança inteligentes: Tranquilidade em tempo real. 2014. <<http://www.sabereletrica.com.br/sistemas-de-seguranca>>. Acesso em 23 jul. 2021
- [10] HAMPAPUR, A. Smart Video Surveillance for Proactive Security. **IEEE Signal Processing Magazine**, v.136, p.131-134, 2008.
- [11] HONG, Lin.; JAIN, Anil. **Integrating faces and fingerprints for personal identification**. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 20, no. 12, 1998.
- [12] HOWARD, C. J. et al. Suspiciousness perception in dynamic scenes: a comparison of cctv operators and novices. *Frontiers in human neuroscience*, Frontiers Media SA, v. 7, 2013.

- [13] <http://www.co.mo.md.us/omb/fy98cip/509399.htm> - **Advanced Transportation Management System, 1998.**
- [14] <http://www.its.dot.gov/piarc/chen.htm> - **ITS Functions and Technical Concepts, 1998.**
- [15] JAIN, Anil; HONG, Lin; PANKANTI, Sharath. **Biometric Identification.** Communications of the ACM, 2000.
- [16] JAIN, A.; ROSS, A.; PRABHAKR, S. **Human recognition using biometrics: an overview.** Annals of Telecommunications, v. 62, 2007.
- [17] Leal, A. J. P., 2012. Sinistralidade Rodoviária: Causas e Consequências. s.l.:Almedina.
- [18] Liu, S. e Silverman, M.: A Practical Guide to Biometric Security Technology, IEEE Computer Society,  
[https://www.computer.org/itpro/homepage/Jan\\_Feb/security3.htm](https://www.computer.org/itpro/homepage/Jan_Feb/security3.htm) (Outubro de 2021) 2001.
- [19] MAGALHÃES, P. S.; SANTOS, H. D. DOS. Biometria e autenticação. Actas da 4a CONFERÊNCIA DA ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO CAPSI 2003, v. 2003, p. 2–9354, 2003.
- [20] Manual-Semaforos-Denatran-1984.pdf
- [21] Marcos Daniel Zancan, Controladores Programáveis, V.1, Santa Maria 2001
- [22] NSTC. **Biometrics History.** Disponível em <https://www.hSDL.org/?view&did=463907> . Acesso em: 30 jul. 2021.
- [23] Oliveira, P. M., 2007. Os Factores Potenciadores da Sinistralidade Rodoviária – Análise aos factores que estão na base da sinistralidade –. s.l.:s.n.
- [24] OPENCV. **OpenCV 2.4.13.7 documentation.** Disponível em: < <https://docs.opencv.org/2.4/index.html>>. Acesso em: 04 de Novembro, 2019.
- [25] Peden, M. et al., 2004. *World report on road traffic injury prevention*, Geneva: World Health Organization.
- [26] PENG, K.; CHEN, L.; RUAN, S.; KUKHAREV, G. **A robust algorithm for yes detection on gray intensity face without spectacles.** Journal of Computer Science and Technology, vol. 5, 2005.

- [27] PENTEADO, Bruno Elias; MARANA, Aparecido Nilceu. **Autenticação Biométrica On- Line de Usuários em Aplicações Web de Ensino a Distância**. UNESP, 2008.
- [28] Pereira, M. J. B., 2012. *O contributo da comunicação na segurança rodoviária*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- [29] PIRES, Tânia Sofia e A. Costa Maia. Acidentes rodoviários : perturbação aguda de stress e PTSD nas vítimas directas. 2004
- [30] ROWLEY, H. **Neural network-based face detection**. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 20, no. 1, 1998.
- [31] SAKAI, T.; NAGAO, M.; KANADE, T. **Computer analysis and classification of photographs of human faces**. First USA-Japan Computer Conference, 1972.
- [32] SANTOS, F. K.; DA SILVA V.; MARIANA; SANTOS, S. S.; UBIRATAN; JUNIOR O.; JARDENES, F.; LIMA DOS SANTOS, D. Um componente de software para integrar leitores de biometria a um sistema de controle de acesso, Pará: 2009.
- [33] Sidoti, F., 2001. SECURITY: REASONS FOR SURVIVAL. Lisboa: s.n.
- [34] TRENTINI, V.B.; GODOY, L.A.T.; MARANA, A.N. Reconhecimento Automático de Placas de Veículos. **VI Workshop de Visão Computacional**, FCT/UNESP - P. Prudente, p. 267-272, 2010.
- [35] Trigoso, J. M., 2013. Segurança Rodoviária: Situação actual e Perspectivas Futuras. Lisboa: PRP.
- [36] VIOLA, P.; JONES, M. **Robust real-time object detection**. Cambridge Research Laboratory/Compaq Computer Corporation, 2001.
- [37] YANG, Ming-Hsuan; KRIEGMAN, David; AHUJA, Narendra. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**. IEEE Computer Society, vol. 24, n. 1, 2002.
- [38] ZHAO, W.; CHELLAPPA, R.; PHILLIPS, J.; ROSENFELD, A. **Face recognition: a literature survey**. ACM Computing Surveys, vol. 35, no. 4, 2003.

## Outra bibliografia consultada

- ❖ <https://www.dahuasecurity.com/solutions/solutionsByApplication/517>
- ❖ <https://www.dahuasecurity.com/products/productDetail/1651>
- ❖ <https://www.sourcesecurity.com/dahua-technology-itc235-tu1a-ip-camera-technical-details.html>
- ❖ <https://learn.sparkfun.com/tutorials/installing-arduino-ide/all>
- ❖ <https://icon-icons.com/icon/opencv-logo/170888>
- ❖ <https://logos-world.net/python-logo/>
- ❖ <http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/1857/1/ARDUINO%20%20DISPLAY%20LCD.pdf>
- ❖ [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3252633/mod\\_resource/content/1/Guia\\_Arduino\\_Iniciante\\_Multilogica\\_Shop.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3252633/mod_resource/content/1/Guia_Arduino_Iniciante_Multilogica_Shop.pdf)
- ❖ <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/factory-directly-sale-through-beam-type-10-30v-pnp-npn-photoelectric-sensor-62356102152.html?spm=a2700.details.0.0.8b0a7baeiLkvNO>
- ❖ <https://www.baudaeletronica.com.br/microcontrolador-atmega328p.html>
- ❖ <https://www.baudaeletronica.com.br/microcontrolador-atmega328p.html>
- ❖ <https://athoselectronics.com/comunicacao-serial-arduino/>
- ❖ <https://www.significados.com.br/semaforo/>
- ❖ <https://doutormultas.com.br/cameras-transito-podem-realmente-multar-veja-diz-lei/>
- ❖ <http://www.hikvisionsecurity.ir/hikvision/197/iDS-TCD200-A>
- ❖ <https://www.iptecworld.com/products-2/hikvision-products/hikvision-anpr-cameras/ids-tcd200-a/>
- ❖ <https://blog.infaimon.com/pt/leitor-de-matriculas-placas-deve-saber/>
- ❖ <https://www.section.io/engineering-education/license-plate-detection-and-recognition-using-opencv-and-pytesseract/>
- ❖ **Datasheet do Microcontrolador Atmega328p.** Disponível em: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/241077/ATMEL/ATMEGA328P.html>; Visualizado no dia 09.11.2021

# ANEXOS

Nota: Os conteúdos presentes nos anexos são de nossa autoria (salvo o que for expressamente referenciado, com o crédito e respectiva citação da contribuição original). Salvo algumas opiniões divergentes, tem sido uma boa prática universal reunir para os anexos ou apêndices, os conteúdos meramente técnicos (tais como peças de desenho, esquemas de circuitos, listagens de programas, que por sinal são frequentemente longas e “monótonas”), sem com isso de alguma forma se sugerir a secundarização da sua relevância ou importância; ou tão sequer com isso imputar a autoria a outrem. De notar que onde foi necessário, esquemas foram incluídos no texto principal para os devidos dimensionamento e discussão.

## Anexo A: Algoritmo detector (do excesso) de velocidade

```
1. #include<LiquidCrystal.h>
2. LiquidCrystal lcd(2, 3, 4, 5, 6, 7);
3. int tempo1;
4. int tempo2;
5. int flag1 = 0;
6. int flag2 = 0;
7. float Tempo;
8. float distance = 5.0;
9. Float speed;
10. int ir_s1 = A0;
11. int ir_s2 = A1;
12. int buzzer = 13;

13. void setup(){   Serial begin (9600)
14.   pinMode(ir_s1, INPUT);
15.   pinMode(ir_s2, INPUT);
16.   pinMode(buzzer, OUTPUT);
17.
18.   lcd.begin(16,2);
19.   lcd.clear();
20.   lcd.setCursor(0,0);
21.   lcd.print("Controle de:");
22.   lcd.setCursor(0,1);
23.   lcd.print("VELOCIDADE");
24.   delay(2000);
25.   lcd.clear();
27. }
28.
29. void loop() {
```

```

30. if(digitalRead (ir_s1) == LOW && flag1==0){tempo1 = millis(); flag1=1;}

31. if(digitalRead (ir_s2) == LOW && flag2==0){tempo2 = millis(); flag2=1;}
32.
33. if (flag1==1 && flag2==1){
34.   if(tempo1 > tempo2){Tempo = tempo1 - tempo2;}
35. else if(tempo2 > tempo1){Tempo = tempo2 - tempo1;}
36. Tempo=Tempo/1000;//convert millisecond to second
37. speed=(distance/Tempo);//v=d/t
38. speed=speed*3600;//multiply by seconds per hr
39. speed=speed/1000;//division by meters per Km
40. }
41.
42. if(speed==0){
43. lcd.setCursor(0, 1);
44. if(flag1==0 && flag2==0){lcd.print(" SEM CARROS ");}
45.       else{lcd.print("Aguardando... ");}
46. }
47. else{
48. lcd.clear();
49. lcd.setCursor(0, 0);
50. lcd.print("VELOCIDADE:");
51. lcd.print(speed,1);
52. lcd.print("km/h");
53. lcd.setCursor(0, 1);
54. if(speed > 50)
55. {
56. lcd.print(" ACIMA "); digitalWrite(buzzer, HIGH);
57. serialWrite(1)
58.
59. }

```

```

60.     else{
61.         lcd.print(" NORMAL ");
62.     }
63. delay(3000);
64. digitalWrite(buzzer, LOW);
65. speed = 0;
66. flag1 = 0;
67. flag2 = 0;
68. }
69. }

```

### **Anexo B: Algoritmo detector da passagem pelo semáforo vermelho**

```

1. int Linha1[ ]={13,12,11}; //Linha 1 Red, Yellow, Green
2. int Linha2[ ]={10,9,8}; //Linha 2 Red, Yellow, Green
3. int Linha3 [ ]={7,6,5}; //Linha 3 Red, Yellow, Green
4. int Linha4[ ]={4,3,2}; //Linha 4 Red, Yellow, Green
5. void setup( ) { Serial begin (9600)
6. // put your setup code here, to run once:
7. for (int i=0; i<3; i++){
8.
9. pinMode(Linha1[i], OUTPUT);
10. pinMode(Linha2[i], OUTPUT);
11. pinMode(Linha3[i], OUTPUT);
12. pinMode(Linha4[i], OUTPUT);
13. }
14. for (int i=0; i<3; i++){
15. digitalWrite(Linha1[i], LOW);
16. digitalWrite(Linha2[i], LOW);
17. digitalWrite(Linha[i], LOW);
18. digitalWrite(Linha4[i], LOW);

```

```
19.}
20. }
21. void loop() {
  22. digitalWrite(Linha1[2], HIGH);
  23. digitalWrite(Linha3[0], HIGH);
  24. digitalWrite(Linha4[0], HIGH);
  25. digitalWrite(Linha2[0], HIGH);
  26. delay(7000);
  27.
  28. digitalWrite(Linha1[2], LOW);
  29. digitalWrite(Linha3[0], LOW);
  30. digitalWrite(Linha1[1], HIGH);
  31. digitalWrite(Linha3[1], HIGH);
  32. delay(3000);
  33.
  34. digitalWrite(Linha1[1], LOW);
  35. digitalWrite(Linha3[1], LOW);
  36. digitalWrite(Linha1[0], HIGH);
  37. digitalWrite(Linha3[2], HIGH);
  38. delay(7000);
  39.
  40. digitalWrite(Linha3[2], LOW);
  41. digitalWrite(Linha4[0], LOW);
  42. digitalWrite(Linha3[1], HIGH);
  43. digitalWrite(Linha4[1], HIGH);
  44. delay(3000);
  45.
  46. digitalWrite(Linha3[1], LOW);
  47. digitalWrite(Linha4[1], LOW);
  48. digitalWrite(Linha3[0], HIGH);
  49. digitalWrite(Linha4[2], HIGH);
```

```
50. delay(7000);
51.
52. digitalWrite(Linha4[2], LOW);
53. digitalWrite(Linha2[0], LOW);
54. digitalWrite(Linha4[1], HIGH);
55. digitalWrite(Linha2[1], HIGH);
56. delay(3000);
57.
58. digitalWrite(Linha4[1], LOW);
59. digitalWrite(Linha2[1], LOW);
60. digitalWrite(Linha4[0], HIGH);
61. digitalWrite(Linha2[2], HIGH);
62. delay(7000);
63.
64. digitalWrite(Linha1[0], LOW);
65. digitalWrite(Linha2[2], LOW);
66. digitalWrite(Linha1[1], HIGH);
67. digitalWrite(Linha2[1], HIGH);
68. delay(3000);
69.
70. digitalWrite(Linha2[1], LOW);
71. digitalWrite(Linha1[1], LOW);
72. }
```

## Anexo C: Código de programação do sistema de reconhecimento facial

(Créditos: Este algoritmo tem como base o código disponível no site abaixo:

<https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/11/build-face-recognition-attendance-system-using-python/>)

### C1. Algoritmo de comparação das imagens

```
1.import face_recognition
2.import cv2
3.import os
4.import glob
5.import numpy as np
6.
7.class ComparaFaces:
8.    def __init__(self):
9.        self.known_face_encodings = [ ]
10.       self.known_face_names = [ ]
11.
12.       self.frame_resizing = 0.25
13.
14.    def load_encoding_images(self, venv_path):
15.        """
16.        Load encoding from path
17.        :param venv_path:
18.        :return:
19.        """
20.        venv_path = glob.glob(os.path.join(venv_path, "*.*"))
21.
22.        print("{} encoding images found.".format(len(venv_path)))
23.        for img_path in venv_path:
24.            img = cv2.imread(img_path)
25.            rgb_img = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2RGB)
26.
27.            basename = os.path.basename(img_path)
28.            (filename, ext) = os.path.splitext(basename)
29.            img_encoding = face_recognition.face_encodings(rgb_img)[0]
30.
31.            self.known_face_encodings.append(img_encoding)
32.            self.known_face_names.append(filename)
33.        print("Encoding images loaded")
34.
35.    def detect_known_faces(self, frame):
36.        small_frame = cv2.resize(frame, (0, 0), fx=self.frame_resizing,
37.fy=self.frame_resizing)
38.        rgb_small_frame = cv2.cvtColor(small_frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)
```

```

39.     face_locations = face_recognition.face_locations(rgb_small_frame)
40.         face_encodings = face_recognition.face_encodings(rgb_small_frame,
41.face_locations)
42.
43.     face_names = [ ]
44.     for face_encoding in face_encodings:
45.         matches = face_recognition.compare_faces(self.known_face_encodings,
46.face_encoding)
47.         name = "Unknown"
48.
49.
50.         face_distances =
face_recognition.face_distance(self.known_face_encodings, 51.face_encoding)
52.         best_match_index = np.argmin(face_distances)
53.         if matches[best_match_index]:
54.             name = self.known_face_names[best_match_index]
55.             face_names.append(name)
56.
57.     face_locations = np.array(face_locations)
58.     face_locations = face_locations / self.frame_resizing
59.     return face_locations.astype(int), face_names

```

## C2. Algoritmo principal

```

1. import cv2
2.import smtplib
2. from ComparaFaces import ComparaFaces
4.
5. # Localizacao das imagens
6. cfs = ComparaFaces()
7. cfs.load_encoding_images("photos/")
8.
9. # Ligar Camera
10.cap=cv2.VideoCapture('rtsp://admin:ToveleTL2022@192.168.1.64:554/Streaming/C
hannels/102')
11.
12. while True:
13.     ret, frame = cap.read()
14.
15 # Detectar Faces
16. face_locations, face_names = cfs.detect_known_faces(frame)
17. for face_loc, name in zip(face_locations, face_names):
18.     y1, x2, y2, x1 = face_loc[0], face_loc[1], face_loc[2], face_loc[3]

```

```

19. cv2.putText(frame, name, (x1, y1-10), cv2.FONT_HERSHEY_DUPLEX, 1, (200, 0,
0), 2)
21.     cv2.rectangle(frame, (x1, y1), (x2, y2), (0, 0, 200), 2)
22.
23. cv2.imshow("Frame", frame)
24.
25. key = cv2.waitKey(1)
26. if key == 27:
27.
28. #reconhecerMatriculas
29. def tesseract():
30.     caminho_tesseract = r'C:\\Program Files\\Tesseract-OCR\\tesseract.exe'
31.     Imagecaminho = 'Images.png'
32.     pytesseract.tesseract_cmd = caminho_tesseract
33.     matricula = pytesseract.image_to_string(Image.open(Imagecaminho))
34.     print(matricula)
35.
36. # Enviar Email
37.     origem = 'edipotl2022@gmail.com'
38.     destino = 'edipo.tovele@gmail.com'
39.     mensagem = 'Multa para o senhor/a'
40.     server = smtplib.SMTP('smtp.gmail.com', 587)
41.
42.
43.     server.starttls()
44.
45.     server.login('edipotl2022@gmail.com', 'passworld')
46.
47.     server.sendmail(origem, destino, mensagem)
48.     server.sendmail(origem, destino, nome)
49.     server.sendmail(origem, destino, matricula)
50.
51.     print('Mail sent')
52.     break
53.
54. cap.release()
55. cv2.destroyAllWindows()

```

## Anexo D: Esquemas 3D

### D1. Esquema 3D do módulo de monitoramento de velocidade

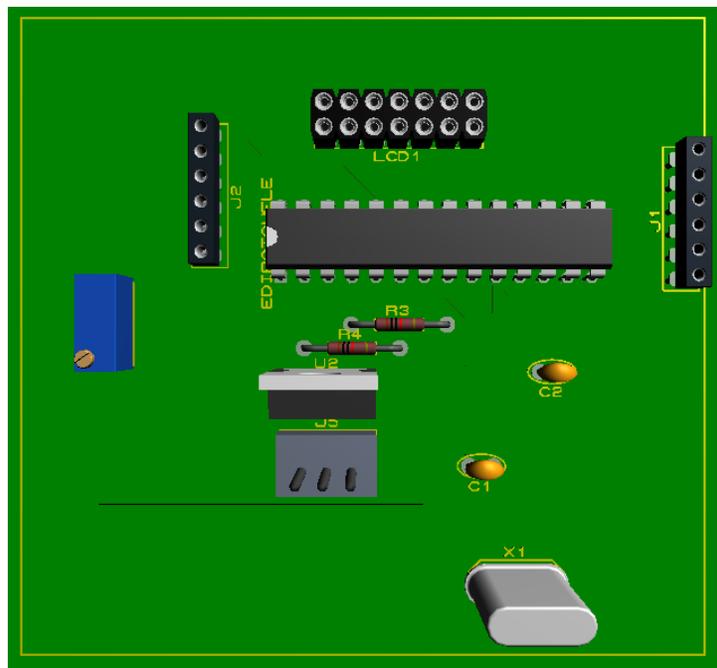


Figura 30: Esquema 3D do Módulo de controle de velocidade

### D2. Esquema 3D do módulo de semáforo e detecção da passagem pelo vermelho

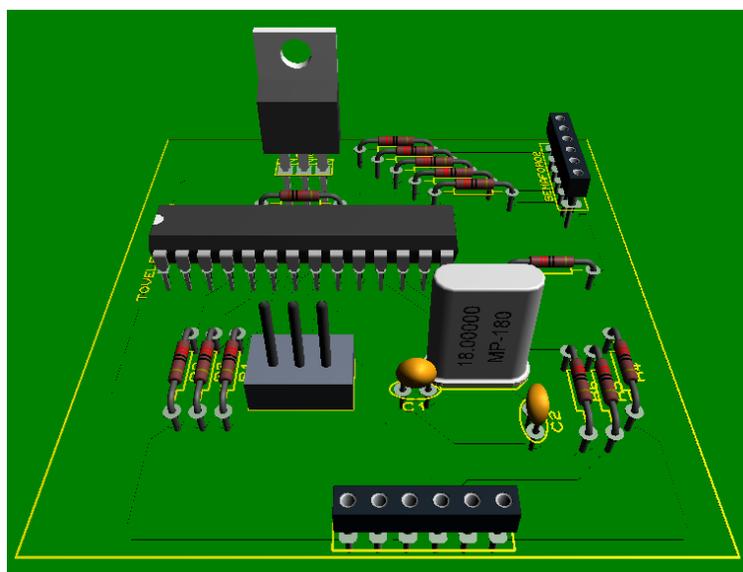


Figura 31: Circuito de controlo do semáforo.

## Anexo E: PCB layouts (de circuito impresso)

### E1. Módulo de monitoramento de velocidade

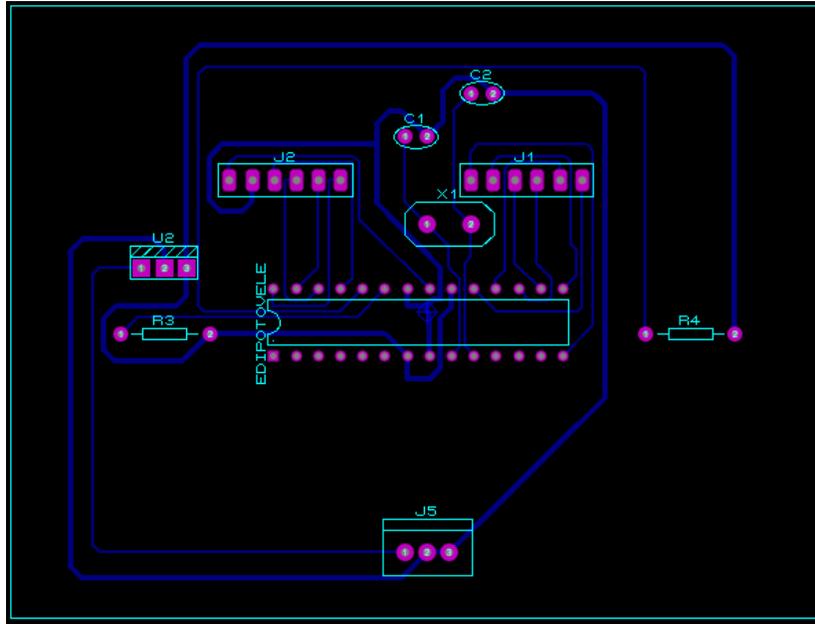


Figura 32: PCB layout do Módulo de Controle de Velocidade<sup>27</sup>

### E2. Módulo de semáforo e detecção da passagem pelo sinal vermelho

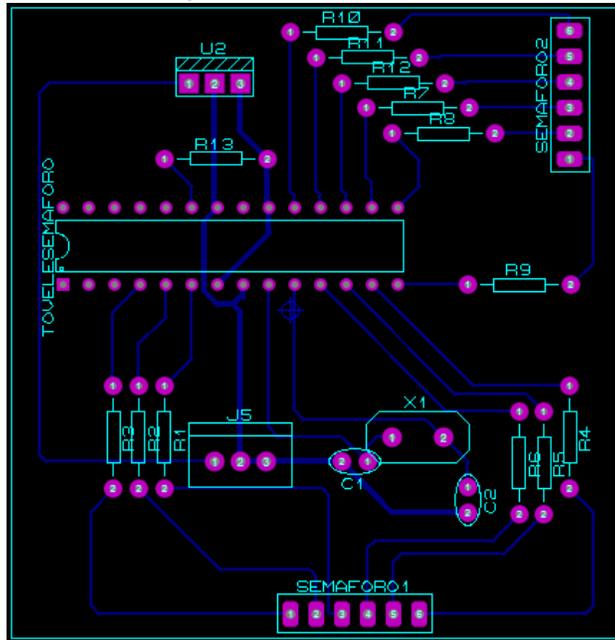


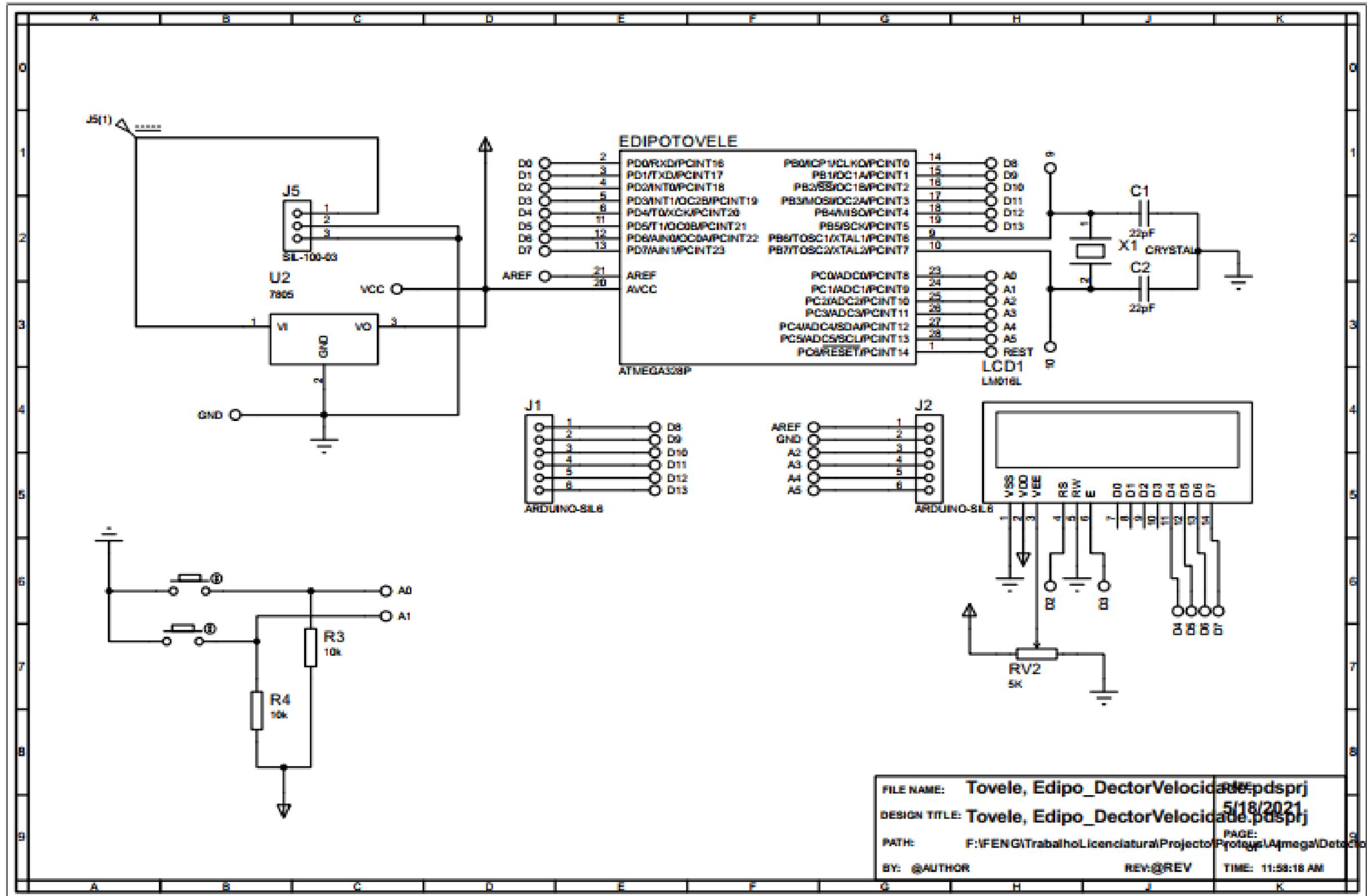
Figura 33: PCB layout do Módulo de Controle do Semaforo<sup>28</sup>

<sup>27</sup> Fonte: Autor

<sup>28</sup> Fonte: Autor

Anexo G: Esquemas eléctricos dos módulos em tamanho A3

G1. Modulo detector (do excesso) de velocidade



G2. Módulo detector da passagem pelo sinal vermelho (c/semáforo incluído)

