



**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**ESCOLA DE ARTES**

DEPARTAMENTO DE ARTES VISUAIS E DESIGN

**SmartLight**

**Design Inclusivo- Sistema luminoso  
inteligente para o controlo de tráfico de  
veículos e de peões na estrada**

**Sergey Teplov**

Orientadora: Professora Doutora Sandra Leandro

Coorientador: Professor Doutor Jorge Hipólito de  
Sá

**Mestrado em Design**

Área de especialização: *Design Industrial*

Dissertação

Évora, 2017

**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**ESCOLA DE ARTES**

DEPARTAMENTO DE ARTES VISUAIS E DESIGN

**SmartLight**

**Design Inclusivo- Sistema luminoso inteligente para o  
controlo de tráfico de veículos e de peões na estrada**

**Sergey Teplov**

Orientadora: Professora Doutora Sandra Leandro

Coorientador: Professor Doutor Jorge Hipólito de Sá

**Mestrado em Design**

Área de especialização: *Design Industrial*

Dissertação

Évora, 2017

## Índice

Índice .....	3
Agradecimentos .....	5
Resumo .....	6
1. Introdução .....	7
2. História dos semáforos .....	13
3. Estado da arte.....	17
3.1. Estudo do problema de funcionamento e solução .....	17
3.1.1. Pequena área de visibilidade do semáforo .....	18
3.1.2. Design antiquado .....	19
3.1.3. Falta de sensores para comunicação com utilizador .....	20
3.1.4. Falta de clareza na indicação dada pelo semáforo .....	21
3.1.5. Falta de adaptação para pessoas com necessidades especiais .....	21
3.1.6. Escassez de semáforos com contagem dos segundos para a troca peão/condutor .....	22
3.1.7. Má iluminação da zona de passadeira/peão .....	22
3.1.8. Assistência técnica lenta .....	24
3.2. Sinalética do semáforo.....	24
4. Projeto SmartLight.....	25
4.1. Inquérito.....	25
4.2. Princípios de Web Design como peso visual e direção visuais integrados no Semáforo SmartLight.....	33
4.2.1. Cores e significados do semáforo .....	35
4.2.2. Integração de LEDs num semáforo .....	35
4.3. Passadeiras com LEDs integrados .....	37
4.4. Proteção internacional IP do semáforo SmartLight.....	41
4.5. Projeto da renderização final SmartLight .....	42
5. Considerações finais .....	60

6. Maqueta .....	62
7. Propostas de sinalização .....	64
8. Desenhos técnicos.....	77
9. Referências bibliográficas .....	92

## **Agradecimentos**

Ao finalizar este trabalho, gostaria de agradecer a todas as pessoas que tornaram o meu percurso académico e pessoal mais enriquecedor, tornando a concretização desta etapa possível:

À Professora Doutora Sandra Leandro, o meu sincero agradecimento pela sua orientação científica, apoio, total disponibilidade e profissionalismo.

Ao Professor Doutor Jorge Hipólito de Sá, por todo o apoio e partilha de conhecimentos práticos fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos Professores e amigos Inês Secca Ruivo, Miguel Bual, Elder Monteiro, Filipe Rebelo e André Sier por me proporcionarem uma visão diferente e complementar deste projeto e por toda a sua ajuda.

Aos participantes do inquérito pela sua disponibilidade e contribuição fundamental para a possibilidade de um maior conhecimento nesta área.

Aos meus amigos Diogo Soares e Joana Alves, um enorme agradecimento por me ajudarem a ultrapassar as dificuldades que iam surgindo, pelas sugestões e por acreditarem neste projeto.

Às minhas amigas Tânia Pereira, Mafalda Monteiro, Sandra Burchert e Érica Lopes pelo apoio incondicional, incentivo e paciência.

Aos meus pais, que apesar da distância me deram suporte nesta caminhada académica.

Por último, ao meu irmão o meu grande exemplo a seguir, por todas as sugestões e confiança que me transmitiu.

## **Resumo**

O presente projeto pretende, numa ótica de Design Inclusivo e no âmbito do Design Industrial, redesenhar, melhorar e criar um novo semáforo. Após uma pesquisa sobre estas sinalizações de trânsito e verificando o funcionamento destes equipamentos estandardizados e globalizados foram encontradas falhas e, conseqüentemente, possibilidades de melhoramento funcional e sensorial para o bem de todos os utilizadores. Uma das principais lacunas, que se destaca no presente projeto, relaciona-se com a falta de visibilidade do peão que é fortemente condicionada também por questões climáticas. Pretende-se assim, com este projeto desenvolver uma proposta tendo em conta os pressupostos do Design Inclusivo para um novo semáforo, destinado à diminuição da sinistralidade rodoviária e aplicado a diferentes contextos físicos: aldeias, vilas ou cidades de pequena, grande ou média dimensão.

## **Palavras-chave**

Semáforo; Design Industrial; Protecção de peões; Sistema de controlo de trânsito; Ergonomia cognitiva.

## **Inclusive Design – Intelligent light system for traffic control vehicles and pedestrians on the road**

### **Abstract**

The presented projects intends to, through an Inclusive Design perspective and within the scope of Industrial Design, redesign, improve and create a new semaphore. After researching these traffic signs and verifying the functioning of this standardized and globalized equipments, failures and, consequently, possibilities of functional and sensorial improvements were found for the benefit and well being of all users. One of the main gaps, which stands out in this project, relates to the lack of visibility of the pedestrians which is strongly conditioned by climatic issues. The aim of this project is to develop a proposal taking into account the assumptions of Inclusive Design for a new semaphore, aimed at reducing road accidents and applied to different physical contexts: villages, towns and small, medium or big cities.

## **Keywords**

Semaphore; Industrial Design; Pedestrian Protection; Traffic control system; Cognitive Ergonomics.

## **1. Introdução**

Caracterizando e tentando encontrar uma definição de Design, devemos registrar que existem autores que consideram que o surgimento do Design Industrial ocorre cerca do ano de 1900 na Europa Ocidental e é definido como “o serviço profissional de criar e desenvolver conceitos e especificações que aperfeiçoam a função, valor e aparência de produtos e sistemas para o benefício mútuo do usuário e fabricante” (Ulrich and Eppinger, 2000). Segundo Bonsiepe (1986: 35) “o designer industrial é uma pessoa que é qualificada, o seu conhecimento técnico, a sua experiência e a sua sensibilidade visual, de forma a determinar os materiais, a estrutura, os mecanismos, a forma, o tratamento das superfícies e a roupagem (decoração) de produtos fabricados em série através de processos industriais”.

De acordo com Löbach (2001: 141) “todo o processo de design é tanto um processo criativo como um processo de solução de problemas”. E assim o projeto “SmartLight” e seu teor criativo de inovação pretende colmatar uma falha detectada no sistema rodoviário. O mundo está cheio de invenções e cada invenção, consoante o tempo, traz as suas consequências e problemas para resolver, sendo que essas consequências podem ser evitadas com melhorias e ajustes. Mas para isso acontecer, é necessário ter conhecimento dos materiais e fabrico, pois sem essa base de conhecimento não é possível visualizar e desenvolver formas que, posteriormente, possam ser fabricadas (Lesko, 2008).

Atentando nos inúmeros casos de acidentes que são visíveis à luz das estatísticas mundiais, a presente dissertação propõe um semáforo que vai aumentar a segurança e a eficiência nas estradas, no âmbito do Design Industrial. Esta dissertação apresenta a proposta de um semáforo intitulado “SmartLight” que pretende minorar a sinistralidade viária através da aplicação de novas tecnologias integradas.

Segundo Webster e Cobbe (1966, citado em Oliveira, 2014: 18) a implantação de semáforos é de extrema importância pois consegue diminuir conflitos, reduzir acidentes e economizar o tempo.

A necessidade de melhorar as condições de circulação e a sua fluidez nas vias urbanas levou ao surgimento do sistema de controlo de tráfego, isto é, aos semáforos. Assim, o seu objetivo passa por transmitir aos usuários a informação sobre o direito de passagem em interseções e seções da via, garantido a segurança, e prevenindo movimentos conflituosos (Munhoz, 1978, citado em Oliveira, 2014: 20).

De forma breve, o atual semáforo reúne em si algumas deficiências em vários pontos importantes como a visibilidade da sinalização e do peão e um desenho antiquado. E aqui destaca-se que a ergonomia cognitiva do design utilizada de forma funcional teria um importante papel na melhoria da interação entre seres humanos e máquinas e por isso o seu design inovador traz um conjunto vantagens integradas num só semáforo. O semáforo SmartLight, no âmbito rodoviário, permite várias funcionalidades. Essas funcionalidades são adaptadas às várias cidades e situações pretendendo com a sua simplicidade e eficácia alterar as terríveis estatísticas. Nesse sentido, a inclusão dos princípios do Design Inclusivo poderão contribuir para o melhoramento dos sistemas luminosos atuais (semáforos) e conseqüentemente proporcionar uma diminuição da sinistralidade rodoviária.

Pode-se então considerar o projeto “SmartLight” como um projeto urbano, visto ter um compromisso entre os seguintes objetivos: funcionamento urbano, promoção económica, redistribuição social, melhoria ambiental e integração cultural (Brandão and Remesar, 2000: 83).

Mais concretamente, os objetivos deste projeto ligam-se com a contribuição dos semáforos para o melhoramento da Proteção de peões e o Sistema do controlo de trânsito. Pretende-se estudar a ligação entre a organização, segurança, aparência e funcionalidade do mobiliário urbano e a sua utilização no espaço público, tendo sempre como foco essencial o melhoramento e organização de estradas com passadeiras equipadas de semáforos que necessitam de aumento de segurança e clareza na sinalização. Mais concretamente, os objetivos passam por conseguir fazer com que a visibilidade do semáforo seja melhorada e, portanto, captada pelo condutor de forma a facilitar e organizar o andamento e circulação na estrada, assim como, contribuir para diminuição da sinistralidade rodoviária, especialmente, em contextos físicos intracidade. Pretende-se realizar as referidas tarefas através da melhoria da exposição das

várias sinalizações dos semáforos e possíveis trajetórias que um condutor pode realizar sem questionar a legibilidade do percurso.

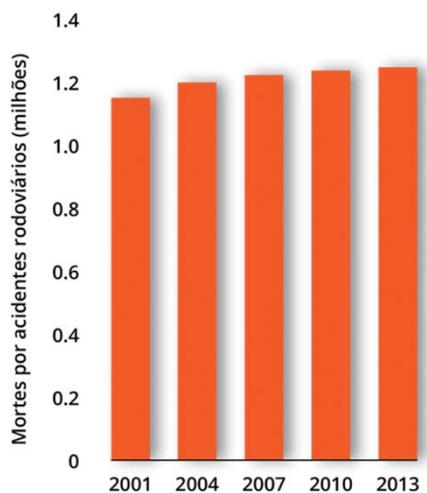
Assim a escolha do tema e a vontade de aprofundar os conhecimentos acerca do mesmo, surgiu numa altura em que, como peão e condutor de um automóvel com experiência de sete anos de condução me deparei com uma situação de perigo. Um dia quando anoitecia estava a atravessar uma passadeira não regulada pelo semáforo e não fui visível para o condutor para que este pudesse, antecipadamente, travar. Provocou-me, como é facilmente compreensível, um grande susto. A partir daí, e também do crescente relato de casos semelhantes a este, tanto de familiares como amigos, suscitou-me a curiosidade e fez-me refletir sobre a segurança, levando-me à procura de uma solução que pudesse evitar esses casos. Ao aprofundar o tema, encontrei vários registos de acidentes e inúmeras razões e situações que podiam ser melhoradas no dia-a-dia.

A segurança rodoviária pode ser compreendida como um conjunto de normas sociais valorativas da aptidão dos indivíduos para se movimentarem livremente de um local para outro sem sofrerem lesões ou danos nas suas pessoas ou nos seus bens. Estas normas são fundamentais para se conseguir regular e fazer funcionar o sistema rodoviário de forma eficiente (Salaver, 2005: 16, citado em Meirinhos, 2008: 40).

Pode-se considerar que o sistema rodoviário é então constituído por quatro fatores: o fator via (infraestrutura), o fator veículo (automóvel), o fator ambiente (meio ambiente) e o fator humano (condutor, peão e passageiro) (Campos, 2009: 7, Salaver, 2005:16, citado em Meirinhos, 2008: 40), sendo que cada um desses componentes interage entre si e influencia o tráfego (Oliveira, 2012: 20). Além do considerado devemos ponderar num conjunto de fatores climáticos tais como: sol, chuva, vento e situações diversas como ruído, calor, vibrações, luz, sombra, dia, noite.

A área da passadeira é um espaço de alto risco, uma vez que é nela que ocorre uma intersecção de fluxos de peões e de trânsito automóvel. Nesta zona de confluência de movimento os condutores de veículos, tal como os peões, muitas vezes cometem erros. As causas de acidentes nas zonas da passadeira são múltiplas. A primeira delas é o não cumprimento das regras de segurança rodoviária: «TÍTULO III do trânsito de peões, Artigo 103.º Cuidados a observar pelos condutores, nº2.» – Ao aproximar-se de uma passagem para peões, junto da qual a circulação de veículos não está regulada nem por sinalização luminosa nem por agentes, o condutor deve reduzir a velocidade e, se necessário, parar para deixar passar os peões que já tenham iniciado a travessia da faixa de rodagem (*Segurança Rodoviária*, 1999: 139).

Infelizmente nem todos os condutores cumprem essa regra e tal acontece essencialmente por duas razões: atitude negligente, no que toca à falta de cuidado ou atenção na estrada, e desrespeito pelos peões. Os condutores descuidados tendem a encarar peões como não participantes na circulação da estrada e desta forma, ignoram a tão importante travessia na faixa de rodagem. Perante estes descuidos do condutor, e apercebendo-se de tal falta de cuidado ao não desacelerar e/ou parar, o peão tende a correr. Nos casos em que a perspicácia para avaliar o condutor ou verificar a presença de um veículo em circulação é deficiente ou ineficaz, existe então um sério risco de ocorrência de acidentes (Pedroso, 2015: 125). Segundo relatórios mundiais, na estrada morrem, por ano, à volta de 1,25 milhões de pessoas. A partir do ano 2007 o número de mortes parece estabilizar (Figura 1), tendo em conta o aumento de população, motorização e o número de veículos, o que significa que os esforços para a melhoria de segurança nas estradas tem sido progressivo.



No entanto o empenho das organizações responsáveis pela melhoria de segurança nas estradas não tem sido suficiente (Organização Mundial de Saúde, 2015: 2). A falta de atenção é muitas vezes a causa de acidentes e a visibilidade tem uma função muito importante para poder evitar graves consequências.

Figura 1- Gráfico do número de mortes por lesões no trânsito, em todo o mundo

Fonte: *Relatório global sobre o estado da segurança viária, 2015*

A visibilidade apresenta-se como um dos grandes problemas, que se encontra nas zonas com pouca iluminação pública ou pouco destaque da zona da passagem. Duas das razões de existir má iluminação nas zonas das passadeiras são:

- Falta de postes de luz e a sua eficácia;
- Questões climáticas (reflexos da chuva que tornam a passadeira não visível, sinais por vezes escondidos atrás de árvores ou mesmo de placards publicitários).

Tudo isto faz com que a visibilidade da zona da passadeira diminua para o valor mínimo. Esses pormenores trazem grandes problemas e pioram as estatísticas de mortalidade nas estradas e consoante a passagem dos anos tendem a piorar, uma vez que se registam aumento do número de carros por pessoa (Organização Mundial de Saúde, 2015: 2). Este aumento constante da quantidade de veículos na estrada, obriga à existência de equipamentos mais seguros, de melhorar a formação dos condutores e, conseqüentemente, melhorar a segurança nas estradas como a sua sinalização (Azevedo, 2014: 14).

Várias são as razões que estão na base do aparecimento de acidentes entre as quais se podem destacar alguns motivos:

- Ignorar a prioridade do peão que efetua a passagem de estrada para a qual o condutor está a virar;
- O condutor transpor a zona da passadeira sem confirmar que existe um peão ou não tomar as devidas providências antes de o fazer;
- Zonas consideradas carentes de segurança ou ângulos de visão limitados por razões de natureza pessoal;
- Ultrapassagens perto da zona de passadeira ao mudar o sinal do semáforo de vermelho para o verde;
- Numa faixa de rodagem com duas vias no mesmo sentido, o carro que se encontra na via da direita e se apercebesse da passagem de um peão para, cedendo passagem. No entanto, o veículo que se encontra na via da esquerda, conseqüentemente, fica com um ângulo de visão mais pequeno, não se apercebendo da existência de um peão na passadeira.

Comum a todos estes tópicos e talvez mais importante, é deixar claro que a causa de acidentes é, também, por falta de conhecimento de regras na estrada e da relutância em cumpri-las.

No caso dos peões, estes só podem atravessar a estrada apenas quando confirmar que a transposição será segura, sendo que esta regra se aplica para travessias de peões não reguladas. O segundo erro dos peões é a falta de atenção e a dificuldade em avaliar situações em simultâneo (lado esquerdo e direito), atravessando a estrada mesmo sem as condições asseguradas (*Отдел ГИБДД УМВД России по городу Брянску, s.d.*).

A maioria dos condutores não se apercebe do problema das passadeiras e da possibilidade destas não serem visíveis, tanto por motivos de distração ou de pouca visibilidade. No intervalo, aproximadamente, das 17 horas até às 21 horas existe a passagem de dia para noite. A visibilidade do peão e da passadeira, à noite, é muito baixa, mesmo com a iluminação pública, o que contribui para o aumento de acidentes. Para além disso, a probabilidade de descuido aumenta na hora de ponta onde há mais movimento que nas outras alturas do dia (IGAI, 2015).

Segundo o Relatório Anual de Sinistralidade Rodoviária, em 2014 o período horário que apresentou mais sinistralidade foi o das 15 horas até às 21 horas, confirmando os dados anteriormente referidos (Figura 2).

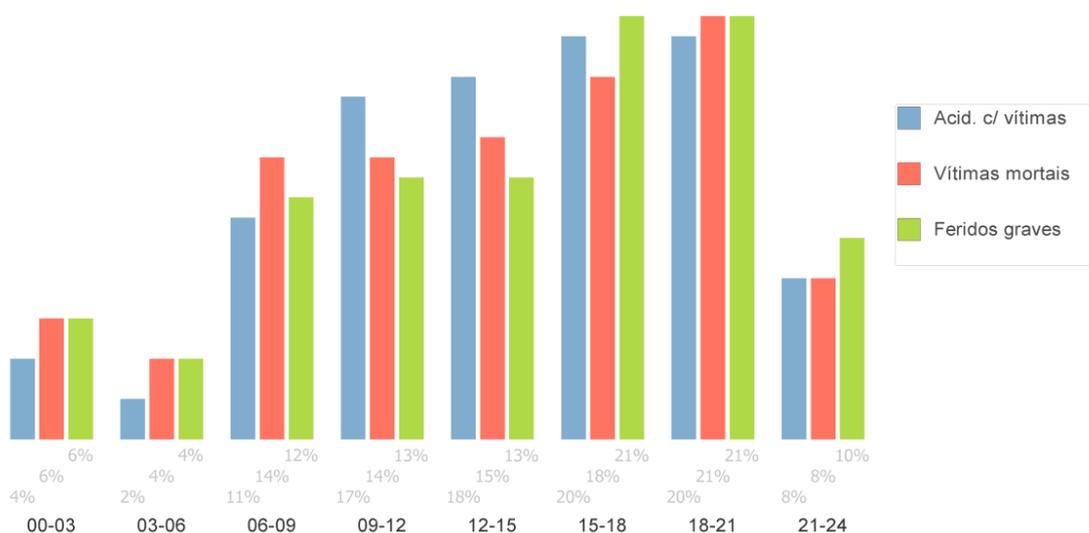


Figura 2- Gráfico da sinistralidade por período horário (%)

Fonte: Relatório anual de sinistralidade rodoviária, 2014

Segundo uma campanha oficial chamada “Seja visto”, desenvolvida pela Prevenção Rodoviária Portuguesa (PRP) com o intuito de reduzir o risco da ocorrência de atropelamentos durante o tempo da noite, constatou-se que o risco de envolvimento no acidente durante este período aumenta aproximadamente para o dobro (Prevenção Rodoviária Portuguesa, 2015). O destaque de um peão é essencial, principalmente na altura de pouca visibilidade. Analisando as centenas de casos de atropelamentos conclui-se que cerca de 40% dos casos estudados, os condutores tiveram dificuldade em ver o peão. A estrada, em muitos dos casos, está iluminada apenas com os faróis do

carro, tornando-se insuficiente para conseguir detetar, com antecedência, um peão (*Prevenção Rodoviária Portuguesa, 2015*).

Segundo o relatório global sobre o estado da segurança viária do ano 2015, lançado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), constata-se que a mortalidade através dos acidentes nas estradas tem estado a aumentar constantemente. Posto isto, uma das novas metas desta organização é a redução de mortes nas estradas até o ano de 2020 (Organização Mundial de Saúde, 2015: 1)

Os acidentes de tráfego nas estradas são o fator mais comum de mortes em comparação com outras causas de morte entre as faixas etárias de 15 a 29 anos (Figura 3).

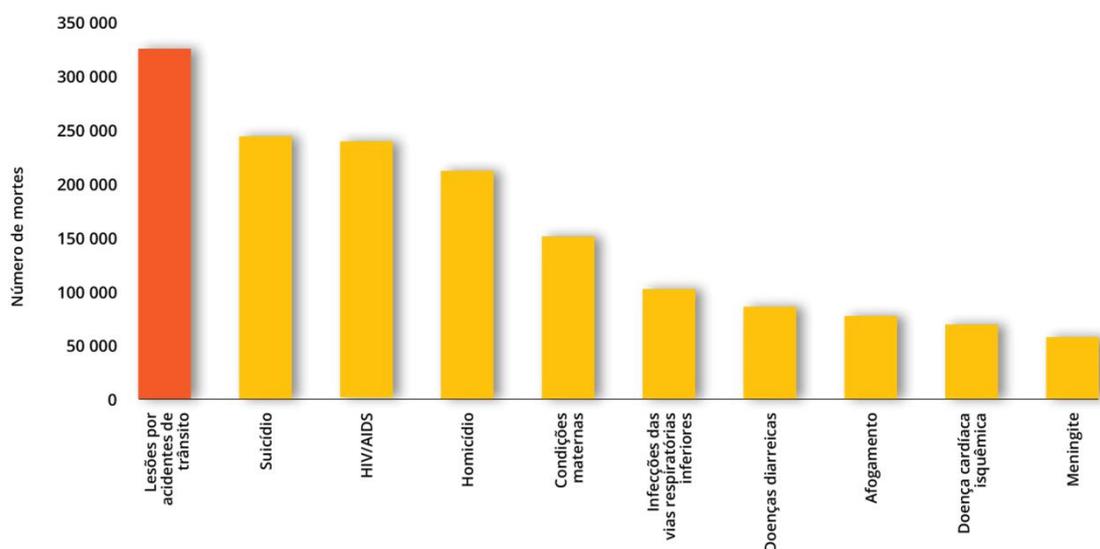


Figura 3- Gráfico das dez principais causas de morte entre os jovens de 15-29 anos, 2012

Fonte: *Relatório global sobre o estado da segurança viária, 2015*

## 2. História dos semáforos

Passado várias décadas da invenção do semáforo, as organizações responsáveis pela segurança viária nas estradas ainda não conseguiram encontrar uma solução que pudesse substituir o dispositivo de controlo de trânsito de três cores. Na história do semáforo podemos identificar vários tipos, sem possuírem a forma que estamos

habituaados a ver nas cidades atuais, como por exemplo semáforos que só tinham uma ou duas secções de cor.

No entanto, o que foi considerado mais eficaz foi o semáforo de três secções: vermelho, amarelo e verde. O primeiro semáforo tinha uma configuração bem distinta do que estamos habituados a ver hoje em dia. O semáforo de 1838 apresentava-se como uma espécie de torre (Figura 4) com um conjunto de sinais luminosos que indicavam a direção permitida e dentro desse espaço, encontrava-se um polícia responsável pela gestão do tráfego (Costa, 2011: 102).



Figura 4- Semáforo de 1838

Fonte: <http://streets.mn/>

Só passados alguns uns anos, os engenheiros desse primeiro modelo de semáforo chegaram à conclusão que poderia ser alterado a gestão manual das sinalizações para uma gestão elétrica e mecânica. A necessidade de mudança foi motivada por um acidente que aconteceu com um polícia que estava a gerir o funcionamento do semáforo. A causa do acidente deveu-se à explosão do gás, que fazia parte dos

princípios do funcionamento do semáforo e ocorreu na Bridge Street, New Palace Yard em 1868 (Castleman, 2014, McNeil, 2002: 460).

Até aos dias de hoje os investigadores ainda não descobriram onde foi inventada a primeira versão de um semáforo idêntico ao moderno. No entanto, a primeira versão mais popular de um semáforo foi construída por um polícia chamado Lester Wire na cidade de Salt Lake City em 1912. O respetivo semáforo fazia lembrar uma casa de pássaros que tinha sinalizações vermelhas e verde com uma lente de 5.5 polegadas (Castleman, 2014).

O primeiro semáforo com as três sinalizações foi instalado no ano de 1920 pelo polícia William Potts. Contudo, esta invenção não era propriamente prática devido aos tamanhos das lentes não serem suficientemente visíveis pelo seu tamanho e potência numa grande cidade. As lentes foram alteradas de 5.5 polegadas para 8 polegadas e a potência de luz foi, conseqüentemente, aumentada.



Nos anos 50, assistiu-se a um aumento da quantidade de veículos nas estradas americanas, tendo como consequência a necessidade de aumentar as estradas. Os semáforos de 8 polegadas deixaram de fazer o seu efeito e foram trocados para os de 12 polegadas (Figura 5) (Castleman, 2014).

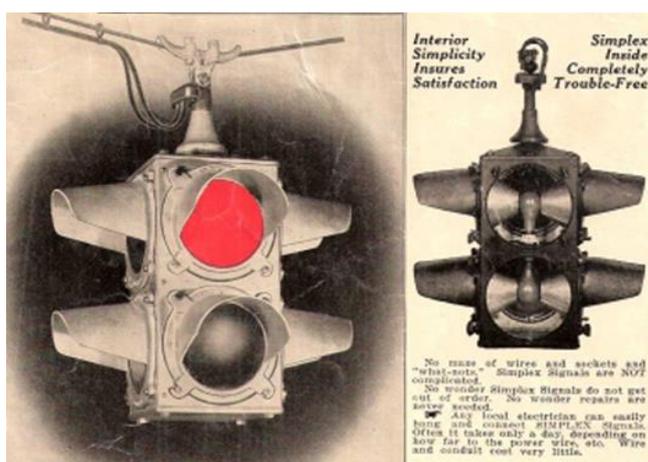
Figura 5- Publicidade ao semáforo de 12 polegadas

Fonte: <http://streets.mn/>

O primeiro semáforo que teve essa dimensão de lentes da sinalização vermelha foi construído pela companhia chamada «The Crouse-Hinds» e tornou-se como «modelo K». Relativamente às lentes amarelas e verdes não precisaram ser substituídas e até hoje em dia têm uma dimensão de 8 polegadas (Castleman, 2014).

As cores da sinalização do semáforo antigamente eram diferentes e apenas o vermelho tinha o mesmo significado que atualmente: perigo. Relativamente à sinalização verde, esta significava para ter cuidado e a cor branca para seguir. No entanto, esta combinação de cores acabou por ser mudada, devido a se tornar perigosa, pois a sinalização branca com a mistura de outras luzes era difícil de ver e fácil de confundir (Castleman, 2014).

Nos anos 40 do século passado esse esquema de cores foi substituída pelas cores que hoje se utilizam: verde- autoriza o movimento, amarelo- avisa e vermelho- proíbe. Praticamente desde o início da história dos semáforos que já existia a sinalização amarela, mas como na altura havia pouco movimento de trânsito, essa sinalização foi pouco usada. Em Nova Iorque até o ano 1952 eram instalados semáforos com duas divisões, mesmo sendo proibido por lei que saiu em 1935. Esta situação foi recorrente até aos anos 80 (Castleman, 2014).



A versão mais económica e talvez mais eficaz do semáforo era «Darley», que na sua estrutura tinha apenas quatro lâmpadas. Cada lâmpada conseguia mostrar a sinalização para dois sentidos, com a ajuda das lentes das várias cores (Figura 6) (Castleman, 2014).

Figura 6- Semáforo «Darley»

Fonte: <http://streets.mn/>

Em algumas cidades, como Los Angeles, São Francisco e Nova Iorque foram desenvolvidos os seus próprios semáforos exclusivos, onde o Design correspondia às necessidades da própria cidade (Figura 7).



Figura 7- Semáforos das cidades de Los Angeles, São Francisco e Nova Iorque, respetivamente

Fonte: <http://streets.mn/>

O semáforo concebido para Los Angeles tinha o nome de «Acmes». Para além de ter sinais luminosos também tem campanha e sinais de «stop/pode seguir». Estes semáforos muitas vezes aparecem nos filmes e na banda desenhada (Castleman, 2014).

Em São Francisco foram instalados semáforos com o nome «Wiley». Esses semáforos eram parecidos com uma gaiola de pássaros, dentro da qual havia placas movimentadas com imagens de permissão e proibição de passagens (Castleman, 2014).

O sistema de semáforos instalados em Nova Iorque chamado «Mercury», tinha duas divisões: vermelhas e verdes. Feitos de bronze, decorados com ornamentos e no topo de semáforo tinham figuras do deus romano Mercúrio. Hoje em dia esses semáforos são uma raridade e uma peça para colecionadores. Quase todos eles nos anos 60 do século passado foram derretidos pela Câmara Municipal de Nova Iorque (Castleman, 2014).

### 3. Estado da arte

#### 3.1. Estudo do problema de funcionamento e solução

Apesar de ainda não serem muitos os autores que se dedicaram ao estudo do segurança rodoviária (mais concretamente, ao semáforo e à passadeira) e à apresentação de melhorias, é possível identificar alguns nomes que apresentaram propostas, tais como: Roberto Vackflores (2010), Chang-Chi Shih (2012), Han Like, Liu Peng, Ren Mingjun e Wei Chengjie (2014), Artemy Lebedev (2016) e Matheus Pinto (2016). Para conseguir criar um novo semáforo, é necessário analisar os semáforos existentes. Essa análise consiste em destacar as funções que sejam pouco funcionais, com o intuito de obter alternativas mais eficazes, com a contribuição do Design para a sociedade. Os semáforos atuais apresentam ao nosso olhar as seguintes características:

- Pequena área de visibilidade da sinalização do semáforo;
- Design antiquado;
- Falta de sensores para comunicação com utilizador;
- Falta de clareza na indicação dada pelo semáforo;
- Falta de adaptação para pessoas com necessidades especiais;
- Escassez de semáforos com contagem dos segundos para a troca peão/conductor;
- Má iluminação da zona de passadeira/peão;
- Assistência técnica lenta.

Analisando cada uma destas características, o semáforo SmartLight pretende apresentar, mais adiante, uma proposta de melhoria.

### 3.1.1. Pequena área de visibilidade do semáforo

Na história do semáforo a área da lente aumentou ligeiramente, mas não o suficiente para, por exemplo, poder atrair a visão de um condutor distraído. Mesmo sabendo as consequências que pode ter uma pequena distração, esta continua a ser uma realidade e uma inevitabilidade nos dias de hoje. Uma das hipóteses é aumentar a área de visibilidade da lente do semáforo para ajudar na condução prudente diária e para além disso, ajudar a colmatar a distração (Paulo, 2015). Em suma, é importante criar um sistema de sinalização claro, instantâneo e eficaz, fornecendo aos indivíduos a informação necessária para um uso eficiente do espaço comum e para um melhor aproveitamento da cidade (Costa, 2011: 104).

### 3.1.2. Design antiquado

Durante décadas o design do semáforo manteve-se semelhante. A forma oval da lente era a alternativa mais simples e barata, e era adaptável à forma tradicional da lâmpada incandescente. O design do semáforo encontra-se desatualizado e a sua atração visual é um ponto que deve ser melhorado. Para isso, pretende-se melhorar a forma geral do semáforo através de algo mais atrativo e ao mesmo tempo simples.

Segundo Joan Costa: «Hoje em dia, o design concebido para os olhos constitui o meio fundamental da comunicação social. Os seus objetivos mais nobres são trabalhar para melhorar o aspeto visual daquilo que nos rodeia, tornar o mundo inteligível, aumentar a qualidade de vida, facultar informações e difundir a cultura e as causas cívicas e de interesse coletivo.» (Costa, 2011: 12). São inúmeras as contribuições que o design do semáforo SmartLight proporciona à sociedade, como o seu aspeto visual, conceção e informação útil. O seu aspeto visual tem como objetivo captar com grande eficácia a atenção. A sua conceção proporciona a criação de soluções para evitar acidentes e, juntamente, com a divulgação de informação útil, simples e acessível para qualquer idade, garante a máxima segurança.

O semáforo é um alvo do radar humano sendo primordial a sua capacidade de atrair visualmente na zona viária: «Quando a atenção visual é difusa ou está pouco desperta ou concentrada, o olho não passa de uma peça mecânica ótica e encontra-se inativo. É um alvo, uma presa fácil de capturar. Quando a atenção é ativa, o olhar explora os sinais que o rodeiam à procura de qualquer coisa – uma informação, um dado, torna-se um radar.» (Costa, 2011: 17). Em alguns casos do nosso dia-a-dia acontece a falta de atenção por vários motivos e pelos quais muitas vezes sucedem acontecimentos inesperados tais como acidentes e despistes. Principalmente para as cidades na zona de passagem do semáforo/passadeira é essencial ter toda a atenção do utilizador que conduz o veículo. Para evitar a percentagem da distração, o semáforo SmartLight, que aqui se propõe, tem um painel de LED (Light Emitting Diode) frontal de uma dimensão acessível para ser visível a uma longa distância, caso seja necessário efetuar uma travagem contínua/segura. Esse controlo é efetuado pelo sensor-câmara, que está presente num dos três módulos do semáforo e funciona através de captação de distância

realizada em certo tempo. Com isso é possível determinar a velocidade feita num definido espaço.

Para ter uma melhor atração visual, em comparação aos semáforos existentes, é necessário transformar o essencial do semáforo num objeto mais interessante e atrativo. Em primeiro lugar, é necessário começar pela forma do objeto, visto ser a atração principal. «Desenhar para os olhos é desenhar para cérebro, o mais complexo dos órgãos, que dirige o nosso comportamento e todas as nossas atividades. O olho e o cérebro formam um todo.» (Costa, 2011: 12). Por exemplo, numa loja de carros inicialmente o primeiro impacto é a forma do carro, e olhamos para aquele que aparentemente gostamos mais e apenas a seguir prestamos atenção à sua funcionalidade, ou seja, as suas características, capacidades e o interior. No caso do semáforo acontece o mesmo, ganhando atração visual oferece-se uma boa funcionalidade, utilidade e simplicidade de ver, garantindo a organização e conseqüentemente a segurança. Para ser visualmente atrativo e agradável, o semáforo tem de ser o mais icástico possível para garantir o conforto da visão do observador/utilizador. «Quanto mais icónica ou figurativa for imagem, mais fácil e agradável se torna de captar, porque requiere do espectador um esforço mínimo ou uma capacidade de abstração quase nula.» (Costa, 2011: 24).

É importante ser visualmente atrativo, mas não se pode esquecer a funcionalidade, pois esta é um dos requisitos mais importantes do produto no âmbito de Design Industrial. «... o fator de atração pode ser uma carga estética notável, ou a perfeição técnica que esconde o mistério de «como foi feita» uma imagem. Muitas das vezes a perfeição técnica interessa mais ao olho superficial do que aquilo que representa.» (Costa,2011: 26).

### 3.1.3. Falta de sensores para comunicação com utilizador

Os sensores podem ser definidos como dispositivos eletrónicos, mecânicos ou eletromecânicos e podem ser utilizados para detetar, medir ou gravar fenómenos físicos (Santos, 2006, citado em Oliveira, 2014: 23). Com os avanços tecnológicos, afiguram-se com dimensões cada vez mais reduzidas e com um custo menor, sendo utilizados em diferentes situações (Chong and Kumar, 2003: 1250). O uso deste tipo de sensores é essencial no sistema de controlo inteligente de tráfego, pois dá informação em tempo

real, possibilitando acompanhar as flutuações do tráfego (Oliveira, 2014: 16). A comunicação com o utilizador é fundamental para atrair a sua atenção para o semáforo e para as indicações que este emite. Esta é uma das falhas identificadas nos semáforos de hoje em dia e, como tal, pretende-se com o SmartLight:

- Criar um sensor de velocidade para automóveis que calcula o tempo de chegada à zona de semáforo, permitindo determinar o espaço de travagem no trajeto;
- Criar um sensor que permita detetar uma pessoa que ainda se encontra na passadeira, embora o sinal do peão tenha passado de verde para vermelho. Este sensor imitará um aviso de precaução aos condutores;
- Criar um sensor que permita avisar o condutor da presença de um peão, mesmo estando sinalização verde para o condutor, aumentando a atenção.
- Criar um sensor interativo para veículos em emergência de serviços públicos. Este sensor acenderá uma luz específica num painel de LED, dando prioridade de passagem e causando o mínimo de dificuldade no meio do trânsito;
- Criar um sensor que permite reduzir a claridade do monitor do módulo no caso de não haver presença de carros ou peões, possibilitando ter um modo económico de recursos energéticos.

#### 3.1.4. Falta de clareza na indicação dada pelo semáforo

A indicação, pelo semáforo, de passagem permitida para veículos por vezes é pouco clara. Nesse sentido, pretende-se criar um módulo com painéis de LED que aumenta a quantidade de informação, permitindo ao utilizador ter uma fluidez na indicação e facilidade de leitura. Um exemplo de informação complementar, será representar as direções permitidas (por exemplo, com setas) nas divisões já existentes de vermelho e verde.

#### 3.1.5. Falta de adaptação para pessoas com necessidades especiais

A falta de adaptação para pessoas com necessidades especiais é uma constante realidade, mas é uma situação que pode e deve ser ultrapassada. Para isso, é preciso ter em conta alguns aspetos:

- Aplicar um desnível do passeio, na zona de passadeira, para permitir a passagem de estrada sem qualquer dificuldade;
- Criar um botão específico no poste, que ao carregar represente no monitor a informação adicional de pessoas com dificuldades motoras;

### 3.1.6. Escassez de semáforos com contagem dos segundos para a troca peão/conductor

A implementação de um semáforo com contabilização, em segundos, do tempo de passagem da sinalização permite conseguir ter uma condução mais suave e calculosa. Apesar de já existir em muitos semáforos, seria importante a integração deste sistema em todos os semáforos existentes.

### 3.1.7. Má iluminação da zona de passadeira/peão

Um dos motivos dos acidentes, principalmente em casos de pouca visibilidade à noite, é o fraco destaque do peão, como a má iluminação da passadeira ou da zona do passeio onde o peão fica à espera. Com a má iluminação, o tempo de reação aumenta e a pessoa move-se mais lentamente comparativamente a um espaço iluminado. É importante reconhecer que mesmo o condutor mais consciente pode não estar ciente dos efeitos significativos que a má iluminação pode ter na sua capacidade de responder a uma emergência (Plainis, Murray & Pallikaris, 2006: 125).

Segundo o *Relatório Anual de Sinistralidade Rodoviária* do ano 2014 divulgado pela Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR), 72% dos acidentes com vítimas ocorrem durante o dia, 25% durante a noite e 3% durante a aurora ou crepúsculo (Figura 8).

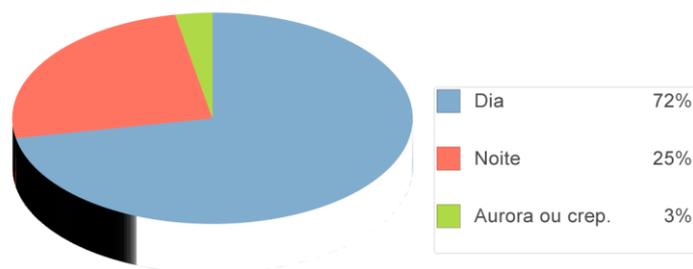


Figura 8- Infografia de acidentes com vítimas (%)

Fonte: *Relatório Anual de Sinistralidade Rodoviária do ano 2014*

Relativamente aos acidentes com vítimas mortais, 63% ocorrem durante o dia, 32% à noite e 5% na aurora ou crepúsculo (Figura 9).

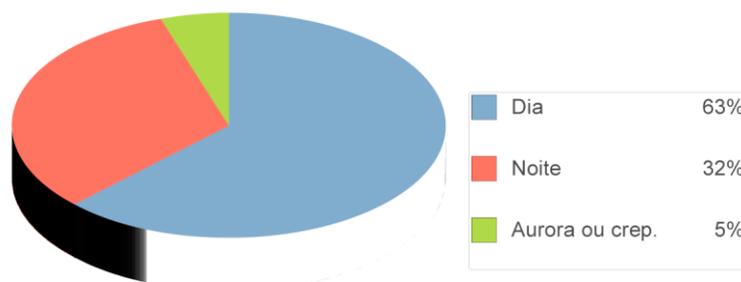


Figura 9- Infografia das vítimas mortais (%)

Fonte: *Relatório Anual de Sinistralidade Rodoviária do ano 2014*

Por último, dos acidentes que resultam feridos graves as percentagens são semelhantes às anteriores onde, 64% dos acidentes advêm durante o dia, 32% a noite e 4% na aurora ou crepúsculo (Figura 10).

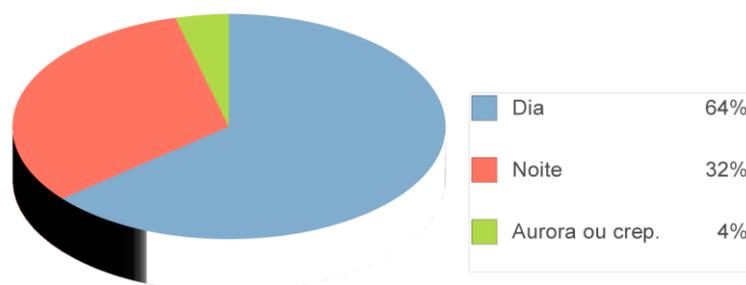


Figura 10- Infografia dos feridos graves (%)

Fonte: *Relatório Anual de Sinistralidade Rodoviária do ano 2014*

Apesar das percentagens nos indicarem que a sinistralidade é mais elevada durante o dia, os valores que correspondem à noite são igualmente elevados e precisam de ser reduzidos. Esta necessidade resolve-se com um foco de luz direcionado e na zona da passadeira. A iluminação de passadeira é feita não só para o espaço da passadeira, mas também fora, onde o peão fica à espera da sinalização permitida. Caso o peão não cumpra as regras de passagem da passadeira, a iluminação permite ver/prever o percurso realizado pelo peão. O foco permite visualizar o percurso do peão pelo

condutor, aumentando o controlo de segurança e tornando possível realizar uma travagem contínua ou antecipada no caso de emergência.

### 3.1.8. Assistência técnica lenta

A assistência de um produto, como o semáforo, é algo que precisa de funcionar rapidamente e de forma eficaz, para não se perder o controlo sobre a segurança viária, no entanto isto não se verifica. Para conseguir atuar rapidamente na troca de um semáforo avariado, pretende-se criar um sistema modular, que permite resolver um problema em poucos minutos. Para simplificar e diminuir o tempo da instalação do semáforo basta substituir um dos três módulos do semáforo. Nos três módulos, um é composto por um arduino, que consegue gerir o funcionamento dos três ou mais módulos de LEDs. O arduino é uma plataforma eletrónica de baixo custo que consegue dirigir o controlo de sistemas interativos, sendo adaptável aos múltiplos dispositivos eletrónicos (incluindo sensores) e permitindo representar a informação necessária num ecrã (*Arduino Portugal*, 2016).

## 3.2. Sinalética do semáforo

Segundo Costa (2007: 17), a sinalética é uma «disciplina da comunicação ambiental e da formação, que tem por objeto orientar as decisões e as ações dos indivíduos em lugares onde se prestam serviços». Ou seja, um «programa sinalético funciona num lugar específico, identificável à distância, inteligível e utilizável» (Costa, 2011: 96), sendo que em qualquer organização social existem constantemente sinais para indicar algo (Brandão and Remesar, 2000: 25).

No entanto, esta é uma questão que causa problemas pois muitas vezes é desvalorizada e deixada para o fim do processo e compromete a instalação de elementos em edifícios, nas ruas, praças e noutros espaços, que são calculados pelos autores dos projetos (Brandão and Remesar, 2000: 26)

No caso de Portugal, importou-se a não muito qualificada sinalização de Espanha com uma escolha de caracteres tipográficos, cores e dimensões desadequada (Brandão and Remesar, 2000: 26).

## 4. Projeto SmartLight

Após uma conceptualização teórica e um enquadramento acerca do tema e do levantamento de algumas limitações em relação aos semáforos existentes, apresenta-se então a proposta do semáforo SmartLight e abordam-se algumas questões pertinentes para o projeto.

### 4.1. Inquérito

Com o intuito de recolher alguns dados sobre o tema, foi realizado um questionário com as seguintes questões, respetivamente:

- Idade
- Sexo
- Naturalidade
- Vive numa povoação com semáforos?
- Já apanhou um susto na zona da passadeira e do semáforo causada por esse sinal ou por esse equipamento?
- Quando atravessa numa passadeira à noite considera que o peão está bem visível pelo condutor?
- Acha que o problema de visibilidade de um peão na passadeira devia ser resolvido?
- As novas tecnologias tais como: sensores de proximidade, interação visual, LEDs de alta luminosidade, deviam ser aplicadas no semáforo para evitar os acidentes?
- Parece-lhe importante a ideia de tráfego inteligente?
- Se alguma das novas tecnologias não lhe parecer adequada identifique qual.
- Seria um investimento proveitoso para o País a renovação do sistema de semáforos?
- Gostaria que o aspeto visual do semáforo fosse renovado?

Relativamente à caracterização da amostra, são alguns os dados que se podem retirar. A amostra foi composta por 526 indivíduos, sendo 66,7% do sexo feminino e 33,3% do sexo masculino (Figura 11). Quanto à idade dos participantes, a maioria tem

idades compreendidas entre os 21 e 30 anos (55,4%) e a seguir, surge a idade entre 19 e 20 anos, com 25,9% dos participantes (Figura 12). Para além disso, esta amostra foi composta por 94% de portugueses, sendo os restantes 6% de outros países.

## Sexo

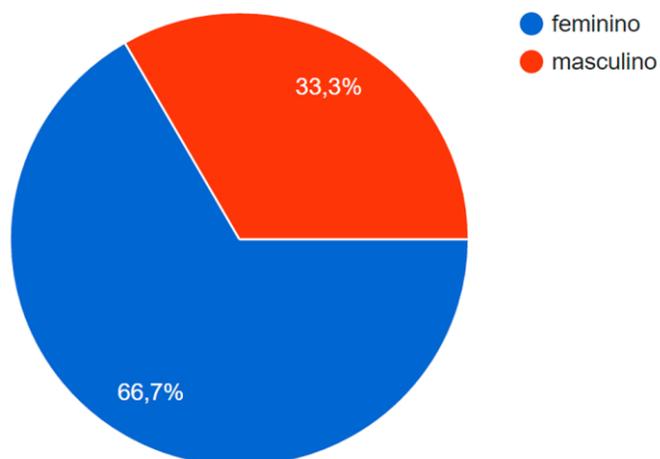


Figura 11- Sexo (%)

Fonte: *Questionário online: "Semáforo mais seguro", 2016*

## Idade

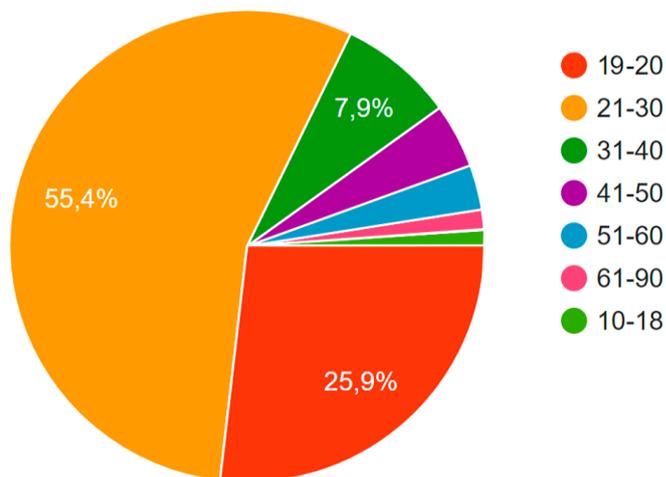


Figura 12- Idade (%)

Fonte: *Questionário online: "Semáforo mais seguro", 2016*

Analisando as perguntas que foram realizadas no questionário, conclui-se que 88,2% dos participantes vivem numa povoação com semáforos e 11,8% não (Figura 13). Para além disso, 51,6% refere já ter apanhado um susto na zona da passadeira e do

semáforo causada por esse sinal ou por esse equipamento, enquanto que 48,4% nunca apanhou nenhum susto (Figura 14).

### Vive numa povoação com semáforos?

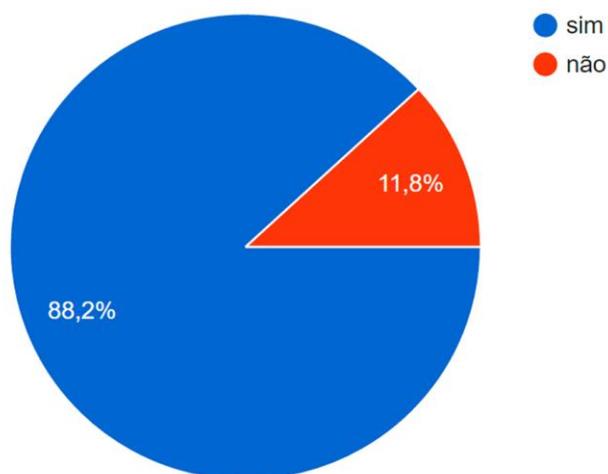


Figura 13- Povoação com semáforos (%)

Fonte: *Questionário online: "Semáforo mais seguro", 2016*

### Já apanhou um susto na zona da passadeira e do semáforo causada por esse sinal ou por esse equipamento?

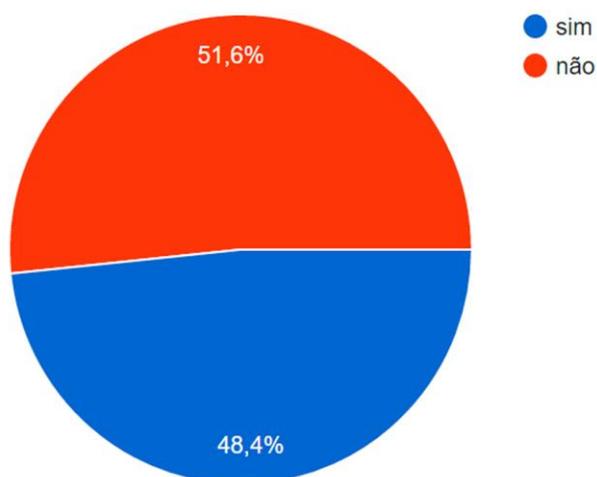


Figura 14- Susto na zona da passadeira e do semáforo (%)

Fonte: *Questionário online: "Semáforo mais seguro", 2016*

Apesar de a questão anterior estar estatisticamente dividida, a maioria dos participantes (75,9%) considera que o peão não está bem visível pelo condutor durante o período da noite, enquanto apenas 15,5% considera que sim (Figura 15).

Quando atravessa numa passadeira à noite considera que o peão está bem visível pelo condutor?

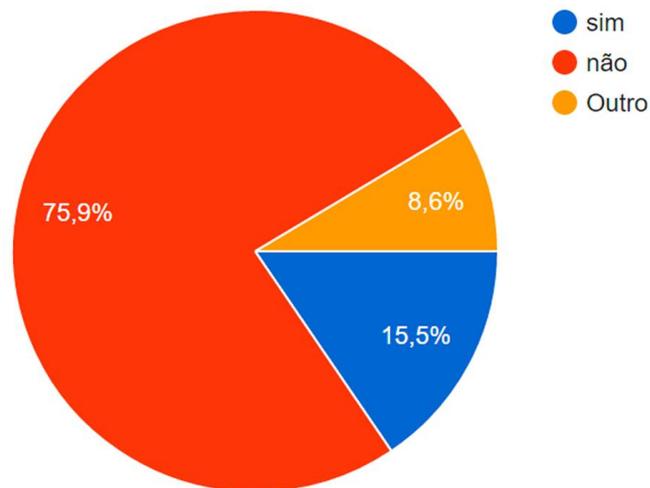


Figura 15- Peão visível pelo condutor (%)

Fonte: *Questionário online: "Semáforo mais seguro", 2016*

Neste sentido, 95,2% dos participantes concordam com a necessidade do problema de visibilidade de um peão na passadeira ser resolvido, enquanto apenas 4,8% não acha necessário (Figura 16).

Acha que o problema de visibilidade de um peão na passadeira devia ser resolvida?

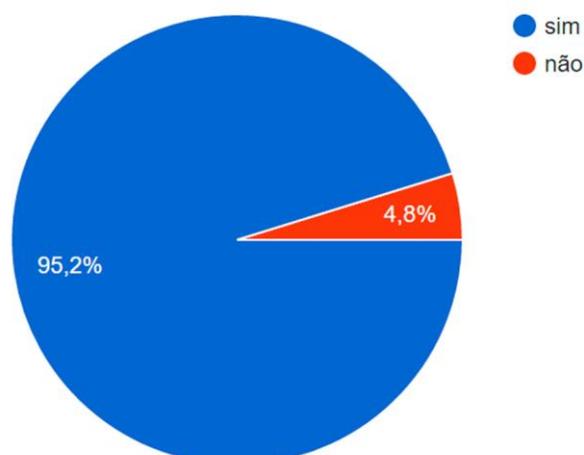


Figura 16- Visibilidade de um peão na passadeira (%)

Fonte: *Questionário online: "Semáforo mais seguro", 2016*

Relativamente às novas tecnologias (como por exemplo: sensores de proximidade, interação visual, LEDs de alta luminosidade), 97,3% dos participantes responderam afirmativamente à questão se estas deviam ser aplicadas no semáforo para evitar os acidentes. Como tal, apenas 2,7% não acha importante a sua aplicação (Figura 17).

As novas tecnologias tais como: sensores de proximidade, interação visual, led's de alta luminosidade, deviam ser aplicadas no semáforo para evitar os acidentes?

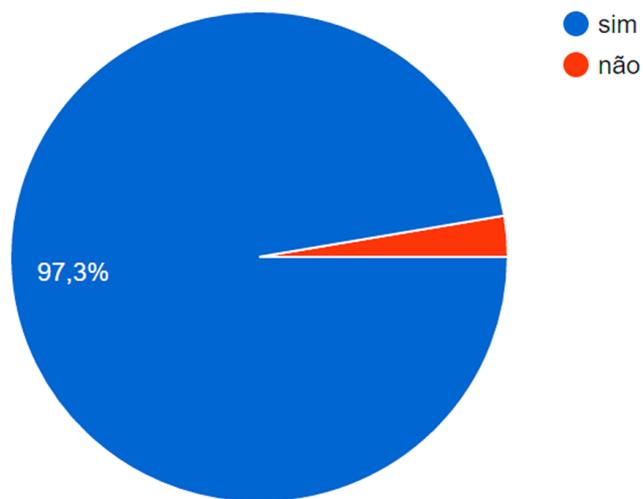


Figura 17- Aplicação de novas tecnologias (%)

Fonte: *Questionário online: "Semáforo mais seguro", 2016*

Quanto ao tráfego inteligente, a 96% dos participantes parece ser importante este conceito, enquanto que 4% não a acha pertinente (Figura 18).

Parece-lhe importante a ideia de tráfego inteligente?

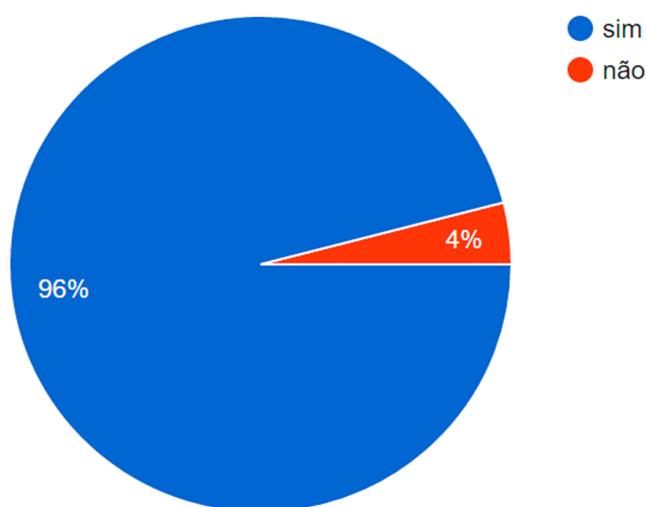


Figura 18- Tráfego inteligente (%)

Fonte: *Questionário online: “Semáforo mais seguro”, 2016*

Quando confrontados com a questão de se pronunciarem com qual das novas tecnologias supracitadas não parecer adequada, a maioria das respostas vai de encontro à importância do conforto de visão do condutor. Sendo assim, as respostas mais frequentes foram as seguintes:

- “LEDs de alta luminosidade não podem encandear o condutor, o que pode provocar um acidente”;
- “Sensores de proximidade podem causar confusão.”

A razão que leva a substituir as lâmpadas incandescentes por LEDs é proporcionar uma melhor eficácia de destaque da sinalização que por vezes não é visível, principalmente para o condutor. Para a existência de uma melhor atração visual para o condutor pretende-se integrar um sistema de LEDs que irá aumentar a luminosidade quanto maior for a velocidade do veículo, ou seja, se o veículo que se está a aproximar da passadeira ultrapassar a velocidade permitida na zona irá aumentar a luminosidade do LED com a sinalização proibida (Figura 19).

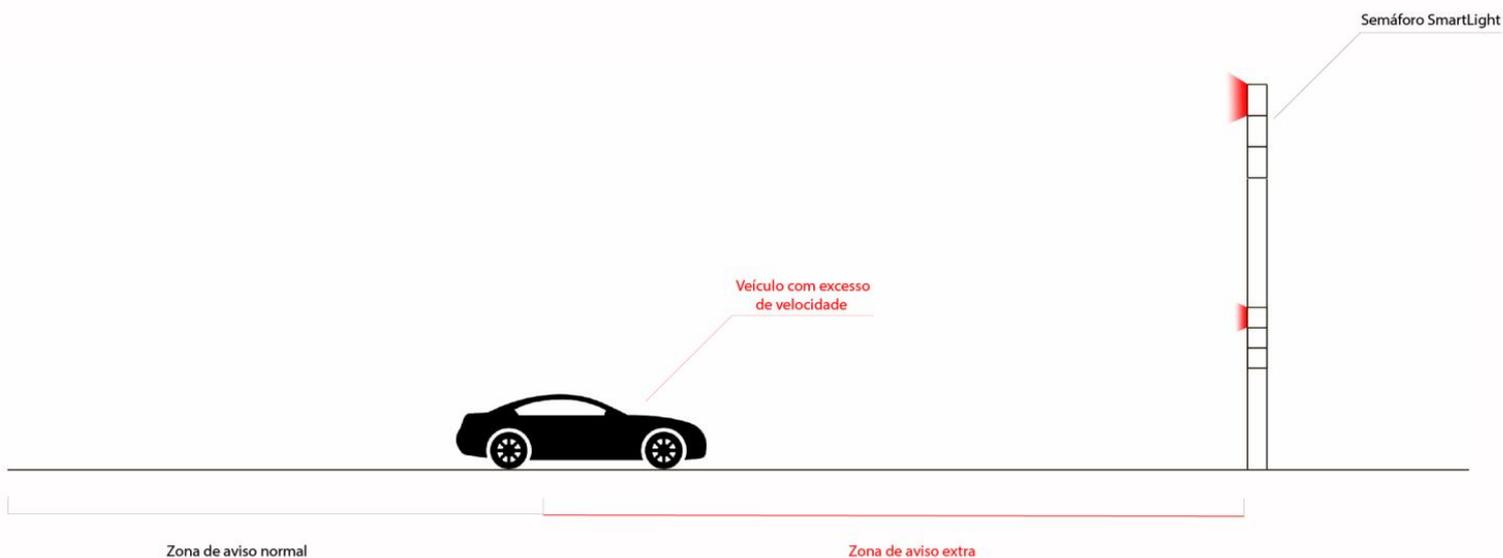


Figura 19- Esboço de sistema de LEDs

Fonte: *Elaborado pelo autor*

Esta alteração nos semáforos irá permitir atrair a visão do condutor e insistir na importância de controlar a velocidade, prevenindo um possível acidente que pode afetar o condutor, como os participantes presentes na via rodoviária. É ainda importante referir que o aumento da luminosidade do LED só se verifica quando existe excesso de velocidade e está a sinalização vermelha no semáforo. Em suma, isto permite que o condutor cumpra as regras e conduza dentro do limite de velocidade permitido, proporcionando conforto na condução e uma melhor visualização das indicações permitidas do semáforo.

Relativamente aos sensores de proximidade integrados no semáforo, o seu objetivo é conseguir poupar a eletricidade com a redução de horas de utilização do semáforo. Mais concretamente, para ser possível poupar a eletricidade de utilização do semáforo através da redução da sua utilização para mínimo, é necessário integrar um sensor de proximidade no módulo do semáforo que só funciona com a existência de movimento no espaço da zona viária a uma determinada distância, possibilitando o aviso antecipado da existência de um semáforo. Este sensor funciona através da deteção de movimento pela câmara, tendo a função de ser regulada a sensibilidade, evitando o disparo de funcionamento do semáforo em casos desnecessários.

Por último, 84,6% concorda que seria um investimento proveitoso para o país a renovação do sistema de semáforos, enquanto 15,4% considera que não (Figura 20).

Nesta linha, 65% gostaria que o aspecto visual do semáforo fosse renovado, embora 35% não concorde com esta mudança (Figura 21).

Gostaria que o aspecto visual do semáforo fosse renovado?

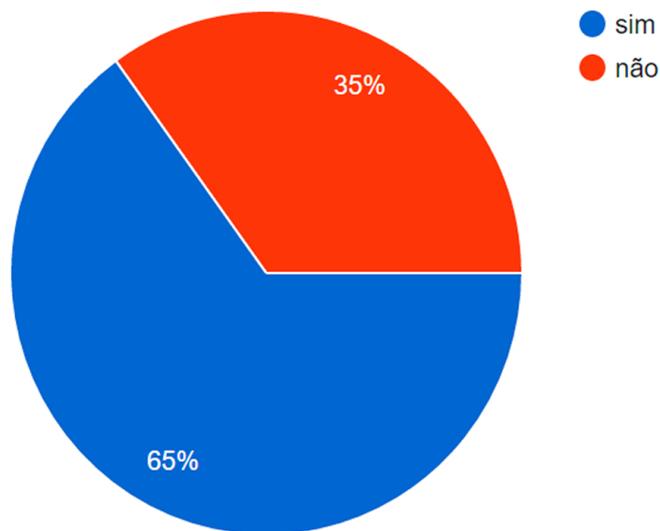


Figura 20- Mudança do aspeto visual do semáforo (%)

Fonte: *Questionário online: "Semáforo mais seguro", 2016*

Seria um investimento proveitoso para o País a renovação do sistema de semáforos?

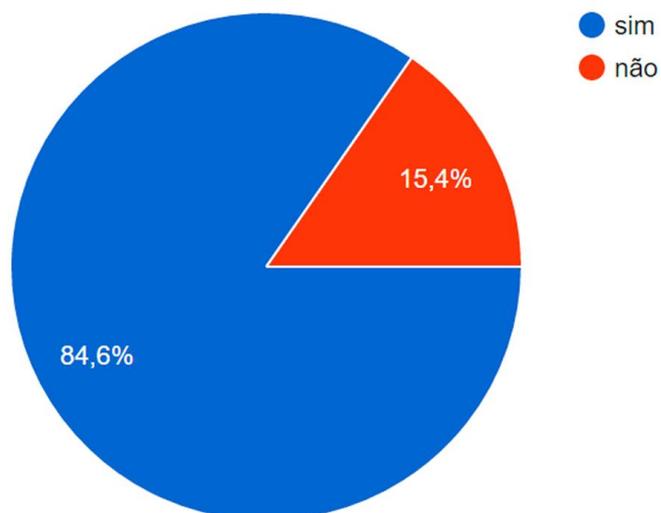


Figura 21- Renovação do sistema de semáforos (%)

Fonte: *Questionário online: "Semáforo mais seguro", 2016*

## 4.2. Princípios de Web Design como peso visual e direção visuais integrados no Semáforo SmartLight

Segundo o artigo “Design Principles: Visual Weight And Direction”, de Steven Bradley (2014) sobre princípios de Web Design, qualquer elemento individual que faça parte de uma composição tem um certo grau de atração visual. Quanto maior o nível, mais atração tem o objeto. É um ponto essencial no desenvolvimento de um projeto, em que um dos objetivos é resolver um problema de falta de atenção. Este fenómeno é geralmente chamado como «peso visual», e a direção que define este poder é a «direção visual» (Bradley, 2014).

Para o desenvolvimento do tema relacionado com a atração visual do utilizador, neste caso o semáforo, é muito importante considerá-lo. Com esses pormenores visuais o seu design ganha mais vida, ou seja, hierarquia, suavidade, equilíbrio, ritmo e conversão. Não existe uma maneira de conseguir medir o «peso visual». Contudo a nossa mente e a nossa visão dizem nos que alguns elementos de uma composição têm maior atração visual que os outros (Bradley, 2014).

Há um conjunto de ferramentas que podem fomentar a atração visual do utilizador na zona da passadeira, como se explanará. O semáforo é um objeto que quer captar a atenção e possível destacar algumas características que podem ajudar nessa questão, em termos do design do novo semáforo SmartLight:

*Tamanho* - Os objetos grandes têm peso visual maior que os objetos pequenos. Com essa afirmação lógica podemos dizer que os objeto neste caso, o semáforo, teria o tamanho maior que o habitual para obter melhores resultados de visibilidade (Bradley, 2014).

*Cor* - Cores quentes geralmente parecem ser mais “pesadas” do que cores frias. O importante neste projeto é captar a atenção do utilizador, ou seja, poder conseguir parar o trânsito, com a sinalização que é mais pesada “vermelha” (Bradley, 2014).

*Matriz* – Elementos escuros possuem peso visual maior do que os elementos com as matrizes claras. Para obter o maior destaque dos elementos importantes do módulo *SmartLight* usa-se o painel de LEDs que tem como fundo a cor preta para ter o maior destaque (Bradley, 2014). Neste caso concreto deve ter-se em conta o contraste da totalidade do meio ambiente.

*Posição* – Elementos que se encontrem na parte de cima de uma composição parecem ser mais “pesados” do que os elementos na parte de baixo. Normalmente os objetos que se encontram nos planos de frente têm mais “peso visual” do que os elementos que estão no plano de trás. Os semáforos atuais em alguns dos casos, na perspectiva do condutor, têm o problema de ver o semáforo estando dentro de um carro e ao não reparar na sinalização vermelha, por um motivo de distração, pode provocar um acidente (Bradley, 2014).

*Forma* - Elementos com a forma correta parecem ser mais “pesados” do que elementos que têm a forma incorreta. A forma de um módulo do semáforo *SmartLight* é uma deformação de uma forma original do semáforo tradicional. Tudo isso contribui para o aumento da área da sinalização iluminada com LEDs, onde a forma é alterada para uma forma quadrada com cantos arredondados, não fugindo muito aos hábitos cognitivos do utilizador, permitindo que a área visível pelo utilizador torne o semáforo mais visível e mais atraente (Bradley, 2014).

*Conteúdo semântico* – Por regra alguns dos objetos são visualmente mais interessantes que os outros, como por exemplo as formas complexas. Tendo em conta os interesses de cada pessoa a forma escolhida para o semáforo é uma forma simples e atraente pela integração de novas tecnologias (Bradley, 2014).

*Saturação* - As cores saturadas parecem ser mais “pesadas” e acabam por ser mais atraentes para o utilizador. É importante ter a parte de iluminação com LEDs bem clara e com qualidade de produção de imagem para o painel de LED (Bradley, 2014).

*Psicologia e contraste* – O contraste é essencial para a identificação da oposição de «objeto-fundo» e equilíbrio das prioridades cognitivas. Psicologicamente os semáforos *SmartLight* não deveriam diferenciar por completo dos semáforos das versões descendentes, ou seja, manter os três módulos de sinalização do semáforo (Bradley, 2014).

Com esses conhecimentos conseguimos ter uma noção legível para perceber como funciona a parte visual do semáforo no espaço e quais são os critérios de visualização no espaço público, com a intenção de prevenir uma falta de atração visual, ajudando assim na parte de segurança do espaço público, principalmente na passagem de estrada.

#### 4.2.1. Cores e significados do semáforo

Apenas três simples cores servem para controlar o trânsito hoje em dia em quase todas as cidades do mundo. Essas cores não foram escolhidas por acaso, mas sim com algum sentido e significado.

Segundo Costa (2011: 6), «o vermelho significa a vitalidade: é a cor de sangue, da paixão, da força bruta e do fogo. Cor fundamental, ligada ao princípio da vida, expressa sensualidade, virilidade e energia. É, simultaneamente, exaltação e agressividade e símbolo da sexualidade e do erotismo». Relativamente ao amarelo, este indica que «é a cor mais luminosa, mais quente, mais ardente e expansiva. É a cor do Sol, da luz e do ouro. Pelo que é violento, intenso e agudo até à estridência» (Costa, 2011: 61). Por último, a cor verde «É a cor mais tranquila e sedativa. Evoca a vegetação, a frescura aquática e o mundo natural. Contudo, é a cor da calma indiferente, não transmite alegria nem tristeza ou paixão. Quando alguma coisa reverdece, suscita a esperança de uma vida renovada, e daí a associação entre o verde e a esperança. O verde que tende mais para amarelo ganha uma força solar e ativa. Se predominar o azul, torna-se sóbrio e mais sofisticado.» (Costa, 2011: 61).

<b>Vermelho</b>	<b>Visível</b>	<b>em</b>	<b>226/10 000 seg.</b>
<b>Amarelo</b>	Visível	em	963/10 000 seg.
<b>Verde</b>	Visível	em	371/10 000 seg.

Figura 22- Visibilidade das cores em função do tempo

Fonte: Costa, 2011

#### 4.2.2. Integração de LEDs num semáforo

A eletricidade é cada vez mais usada e está integrada no dia-a-dia da sociedade, substituindo os objetos de uso diário para os elétricos com o intuito de facilitar, melhorar e poupar o tempo. A dependência constante da eletricidade e o seu uso cada vez maior faz com que os preços aumentem e, conseqüentemente, as pessoas sintam necessidade de poupar. Neste sentido, começa-se a arranjar soluções ou alternativas para gerir bem o seu uso ou até mesmo inventar dispositivos que permitem ter um gasto

menos dispendioso. O semáforo é um exemplo disso, visto ser usado, diariamente, em quase todas as cidades e em várias quantidades.

A lâmpada de filamento funciona através de passagem de eletricidade por um filamento num espaço sem oxigénio, provocando o aquecimento bruto. Esse aquecimento provoca uma incandescência luminosa e é o que cria uma fonte de iluminação. Essas lâmpadas são usadas até hoje em dia, embora o seu uso tenha diminuído por diversas razões, como por exemplo a pouca durabilidade e gasto de energia, emissão de gases carbónicos e emissão de calor produzido durante o funcionamento.

Foi preciso mais de um século, para descobrir uma fonte de iluminação para substituir uma lâmpada incandescente, gastando menos luz e tornando-se mais eficaz no seu objetivo de funcionamento, ou seja, conseguir poupar por volta de 80% de eletricidade do que uma lâmpada normal e também diminuir os custos com a manutenção das estruturas. É o caso, por exemplo, dos semáforos de Lisboa onde as lâmpadas foram substituídas por LED (Sol, 2013).

Os LEDs, também designadas por pequenos "pontos de luz" foram inicialmente usadas como sinais luminosos, existindo apenas a cor verde e vermelho (Brandi and Geissmar-Brandi, 2001: 219). Ao longo dos anos, a variedade de cores aumentou e também a sua potência (Brandi and Geissmar-Brandi, 2001: 219). As vantagens dos LEDs consistem principalmente no facto de consumirem pouca eletricidade e terem, aproximadamente, uma vida teórica de 200000 horas, ou seja, cerca de 20 anos (Brandi and Geissmar-Brandi, 2001: 219). No entanto, o único defeito de LEDs, mas que consegue ser justificado, é ter um custo elevado (Figura 23).

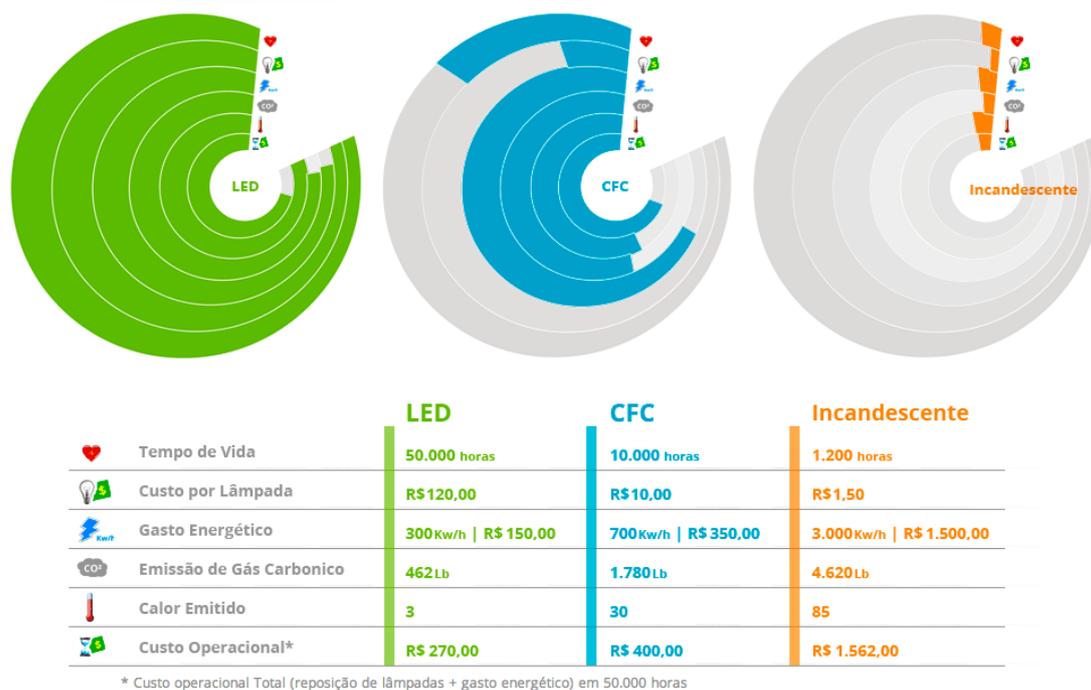


Figura 23- Infografia de comparação de vários tipos de lâmpadas

Fonte: <http://www.grupooriginal.com/cgi-sys/suspendedpage.cgi>

Quanto aos LEDs, resumidamente, funcionam através de um *chip* que converte a eletricidade para luz e a lente multiplica essa luminosidade, não levando ao aquecimento bruto do material. Como o material não aquece, não gasta tanta energia como as lâmpadas normais incandescentes e, conseqüentemente, aumenta o tempo de vida (Ming, 2009: 3).

Analisando a figura, podemos sem dúvida escolher e incorporar LEDs para o seu uso no dia-a-dia. Mais uma razão de integração de novas tecnologias de LEDs no semáforo SmartLight, permitindo que num futuro próximo seja possível poupar as finanças das câmaras municipais das cidades e ter um funcionamento eficaz da parte de iluminação do semáforo e, simultaneamente, aumentando a segurança do peão.

#### 4.3. Passadeiras com LEDs integrados

Muitas vezes a passadeira é um objeto pouco visível, pelo seu posicionamento, devido à distração do condutor, ao mau tempo ou mesmo à pouca visibilidade do poste

com a sinalização “passadeira”. No entanto, não se pode excluir a responsabilidade do peão por não estar a cumprir as regras de passagem de estrada. Todos nós desde pequenos fomos ensinados a atravessar a passadeira e segundo o código da estrada a faixa de rodagem deverá ser passada apenas nas passadeiras e em casos de não existir uma a menos de 50 metros, com a prévia verificação que a passagem da estrada pode efetuar-se sem perigo de acidente (*Segurança Rodoviária*, 1999: 137).

Houve inúmeras tentativas de resolver esse grande problema e, uma delas, foi a criação de um ponto de referência chamado marcador de via. Estas soluções até hoje apresentadas conseguiram a redução de alguns números de mortes na estatística e foram salvas milhares de vidas por todo o mundo. No entanto, não foram totalmente eficazes, não funcionando a cem por cento, tanto por haver um descuido do utilizador (Neto, 2012), como também devido ao aumento de população e, conseqüentemente, o aumento de quantidade de carros nas ruas.

As soluções para conseguir parar o condutor e deixar o peão passar na passadeira são as seguintes:

- Existência de um sinal de passadeira;
- Passadeira ser pintada com tinta refletora;
- Nos quatro cantos do sinal da passadeira existir uma lâmpada que constantemente acende e apaga, sendo a lâmpada alimentada por um painel solar;
- Criação de uma passadeira com lombas;
- LEDs embutidas no pavimento.

Mesmo com a aplicação destas soluções é preciso reduzir e conseguir controlar a zona de passadeira, ou pelo menos conseguir diminuir a probabilidade do condutor e/ou peão se distraírem, por exemplo devido ao uso de novas tecnologias. A direção do olhar de um condutor dentro de um veículo deve estar direcionada para a frente ou para a estrada que está a seguir, quando isto não acontece aumenta a probabilidade de não reparar na passadeira, nem no sinal que está à beira da estrada.

A distração do condutor poderá ser mitigada ou mesmo resolvida com a tecnologia de LEDs e sensores integrados na estrada perpendicularmente ao movimento. Essa tecnologia já existe, mas não está completamente desenvolvida, nem é totalmente eficaz no seu funcionamento, sendo necessário dar apoio à existência desse projeto e

resolver algumas lacunas, fazendo um novo modelo. O objetivo dessa tecnologia é conseguir avisar e proibir o condutor de passar quando o peão atravessa a passadeira. Com LEDs de cores vermelho e verde integrados no pavimento reguladas com um botão e com apoio de um sensor é possível aumentar a visibilidade de um peão, ao longe. A sinalização é posta a funcionar através de uma ligação manual, ou seja, o peão carrega no botão que está integrado num poste situado à beira da estrada, ativando esta função e fazendo com que a zona da passadeira seja visível para o peão com a sinalização verde e para o condutor com a sinalização vermelha (Figura 24 e 25). Este dispositivo teria como material policarbonato e termoplástico elastómero o que garantiria uma alta resistência.

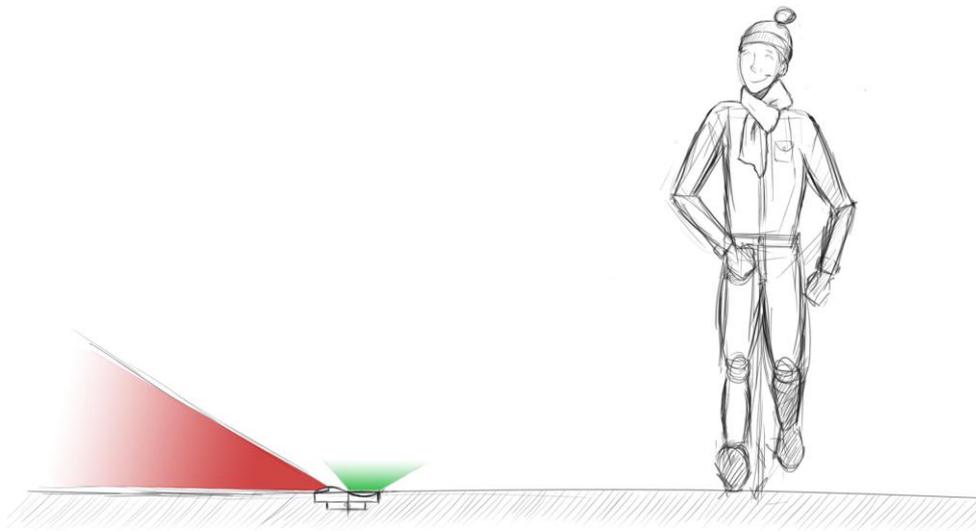


Figura 24 – Esboço da ideia de segurança na passadeira

*Esboço do autor.*

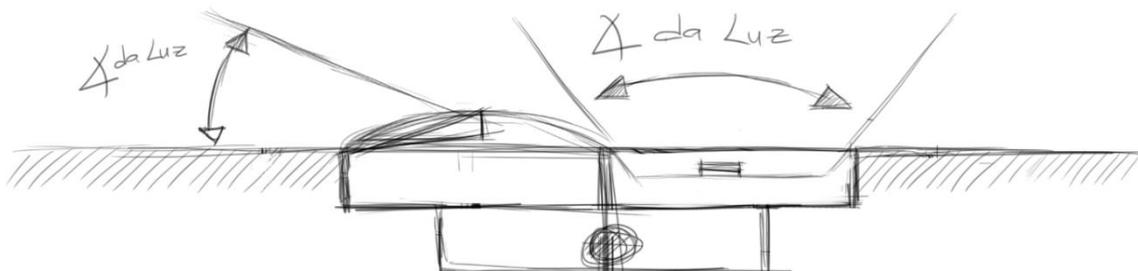


Figura 25 – Esboço da ideia de segurança na passadeira

*Esboço do autor.*

O desenvolvimento de um produto deve ter em conta tanto as características, como as limitações dos utilizadores (Brandão e Remesar, 2004: 140). A maioria dos estudos que focam a segurança da utilização dos produtos, consideram o utilizador como uma pessoa sem limitações motoras ou cognitivas, algo que devia ser revisto (Brandão e Remesar, 2004: 140). Este projeto também pretende dar lugar, por exemplo, a pessoas idosas e pessoas com deficiência que por vezes não são capazes de atravessar a passadeira a tempo. Neste caso proponho inserir no mesmo poste mais um botão com uma imagem gravada em forma de ícone tradicional e internacional de acesso (Figura 26), podendo ser também reconhecido a nível tátil e com relevo para pessoas portadoras de deficiência visual.



Figura 26 – Ícone tradicional e internacional de acesso

Fonte: *Sasaki (2009)*

Ao acionar este botão, é emitido o ícone tradicional e internacional de acesso no módulo vermelho para avisar o condutor da existência de passagem de um peão idoso ou portador de deficiência e também, automaticamente, irá aumentar o tempo possível de passagem do peão conforme a dimensão da passadeira.

Em suma, irão existir dois botões e cada pessoa escolhe o botão mais adequado e correspondente à sua situação (Figura 27).

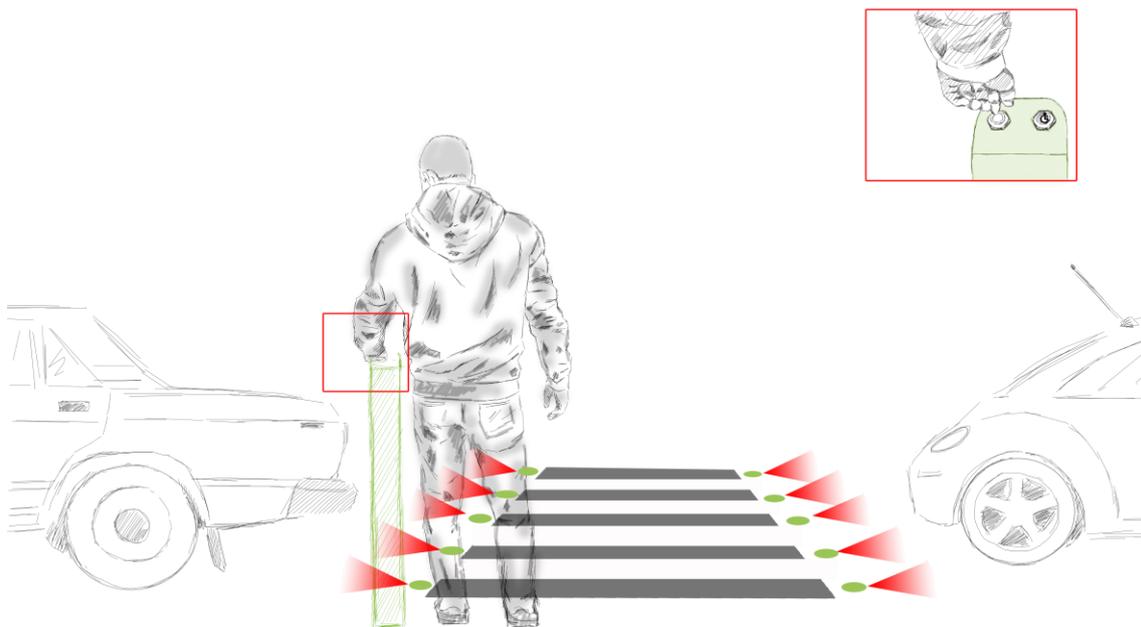


Figura 27 – Esboço do poste

*Esboço do autor.*

#### 4.4. Proteção internacional IP do semáforo SmartLight

O que significa IP?

O código «IP» com origem de tradução do inglês *International Protection* é um sistema de classificação para a proteção da carcaça elétrica contra a entrada de objetos sólidos e água. Este sistema também serve para fornecer a informação adicional relacionada com a tal proteção. Como o semáforo é um objeto exterior, tem que corresponder aos requisitos para os equipamentos expostos à corrosão atmosférica.

Analisando a tabela que está representada na Figura 28, podemos concluir que o índice que se adequa melhor para o módulo SmartLight é de “65”. O módulo do semáforo necessita da proteção contra a poeira que está sempre presente à beira da estrada. Com o constante movimento dos carros e chuva de várias potências, criam-se salpicos que saem dos carros em vários ângulos com alguma força. Segundo a tabela, o nível “65” é ideal para o semáforo ser totalmente protegido contra a poeira e jatos de água.

## GRAU DE PROTEÇÃO

2º Numeral  
Grau de proteção contra água

NEMA x IEC		2º Numeral													
NEMA	IP20	IP22	IP54	IP55	IP66	IP67	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	●														
2		●													
3			●												
3R				●											
4			●												
4X					●										
6						●									
12															
13															

1º Numeral		2º Numeral								
Grau de proteção contra objetos sólidos		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Não protegido	0	IP 00	IP 01	IP 02	IP 13	IP 14	IP 15	IP 16	IP 17	IP 18
Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 50mm	1	IP 10	IP 11	IP 12	IP 13					
Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 12mm	2	IP 20	IP 21	IP 22	IP 23					
Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 2,5mm	3	IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34				
Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 1mm	4	IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44	IP 45	IP 46		
Protegido contra poeira depressão: 200mm de coluna d'água Máxima aspiração de ar: 80 vezes o volume do invólucro	5					IP 54	IP 55	IP 56		
Totalmente protegido contra a poeira. Mesmo procedimento de teste	6						IP 65	IP 66	IP 67	IP 68

Figura 28- Grau de proteção

Fonte: [http://www.acros.com.br/novo/?page\\_id=693](http://www.acros.com.br/novo/?page_id=693)

#### 4.5. Projeto da renderização final SmartLight

Antes de o projeto SmartLight estar definido e estabelecer as suas próprias características foi necessário realizar uma intensa pesquisa sobre o tema e, consequentemente, criar esboços sobre as ideias que iam surgindo como está representado nas figuras seguintes (figura 29, 30, 31 e 32):

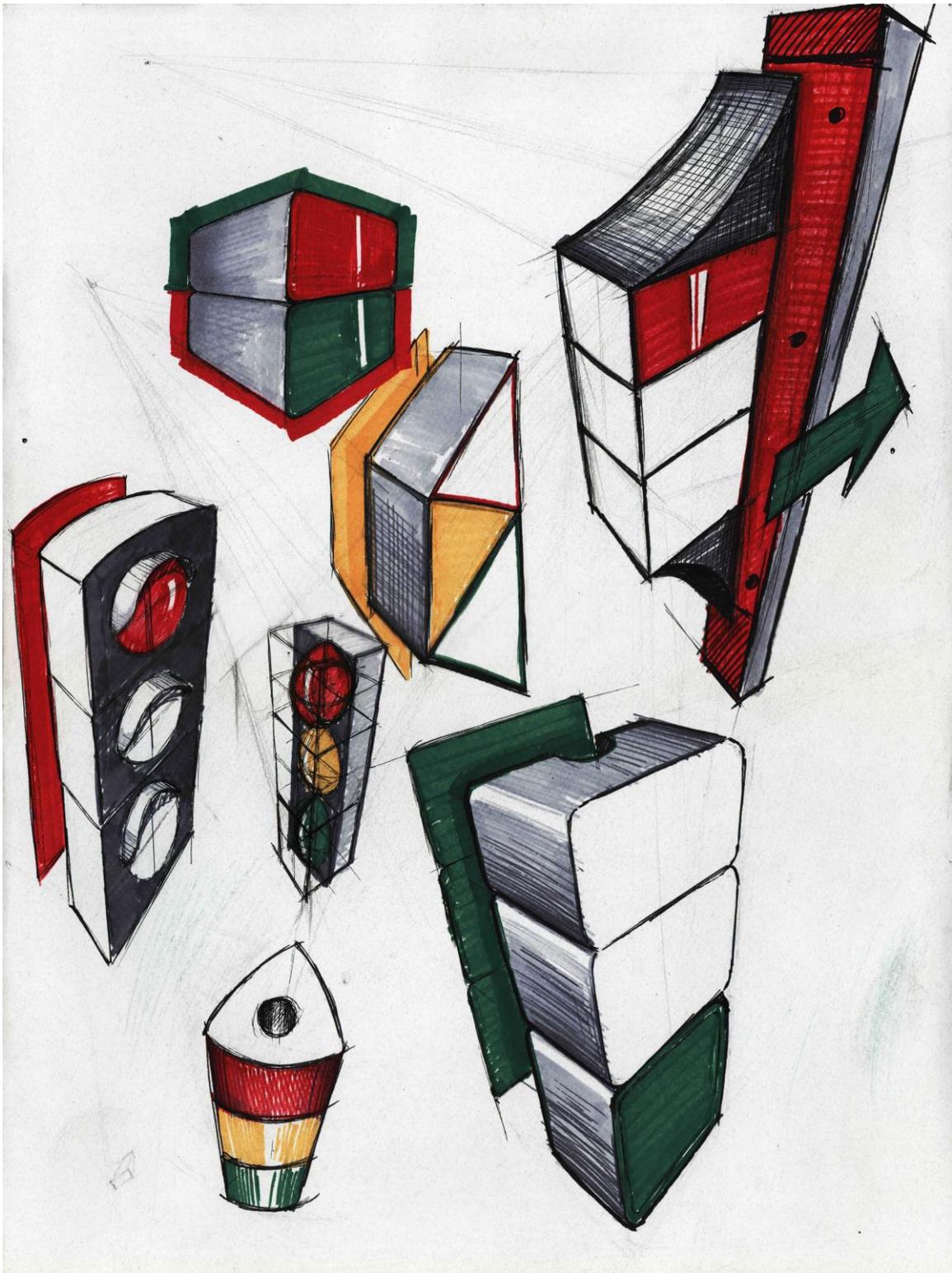


Figura 29 – Esboço de estudo

*Esboço do autor.*

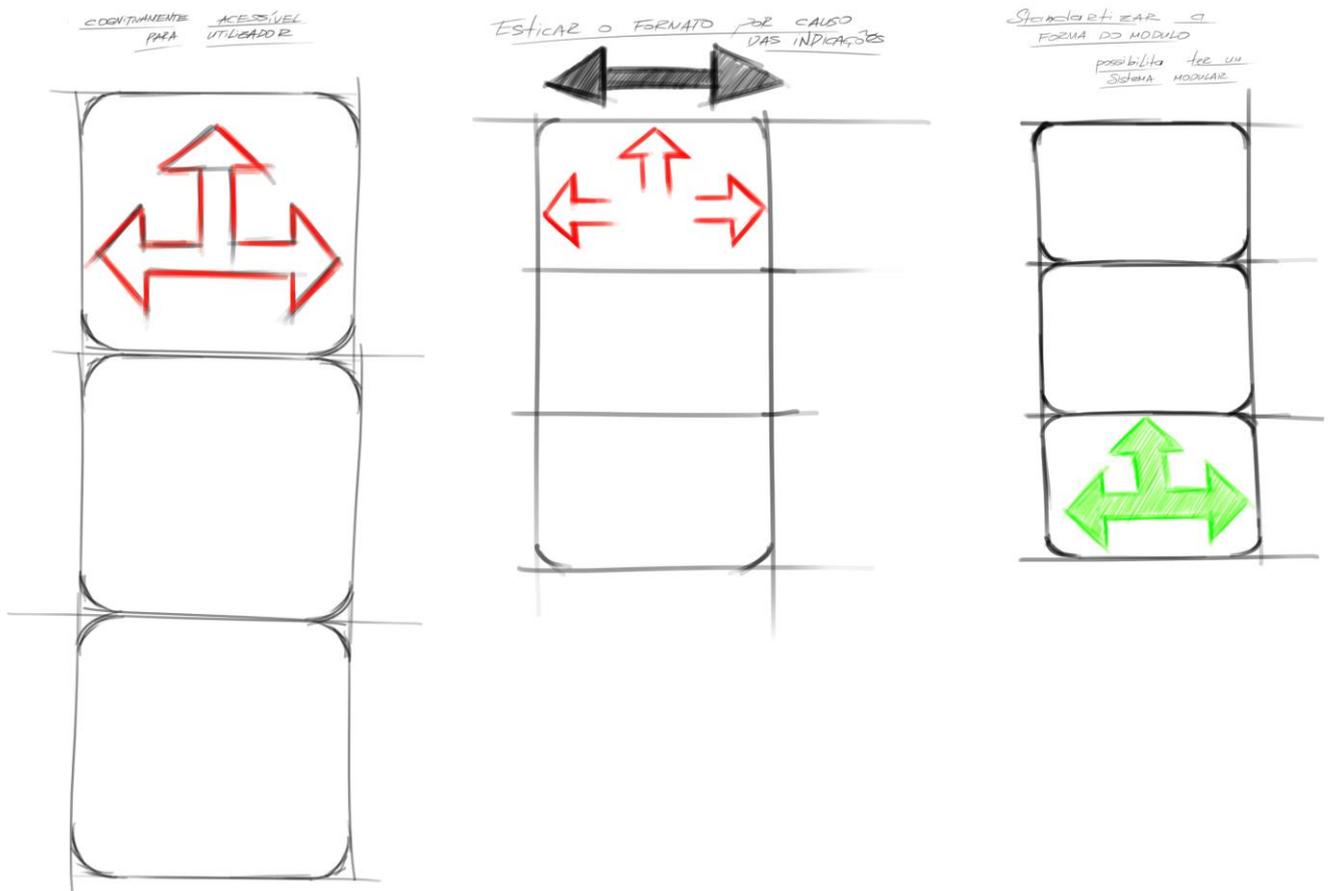


Figura 30 – Esboço de estudo

*Esboço do autor.*

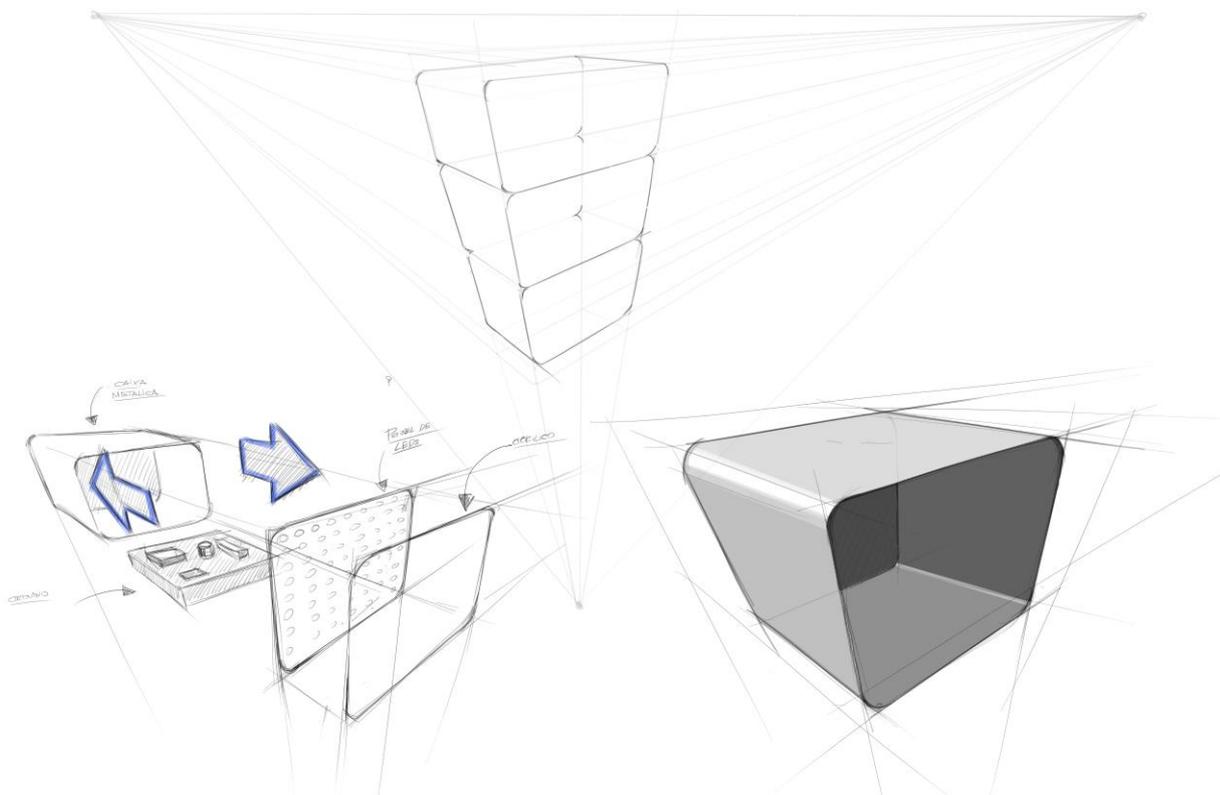


Figura 31 – Esboço de estudo

*Esboço do autor.*

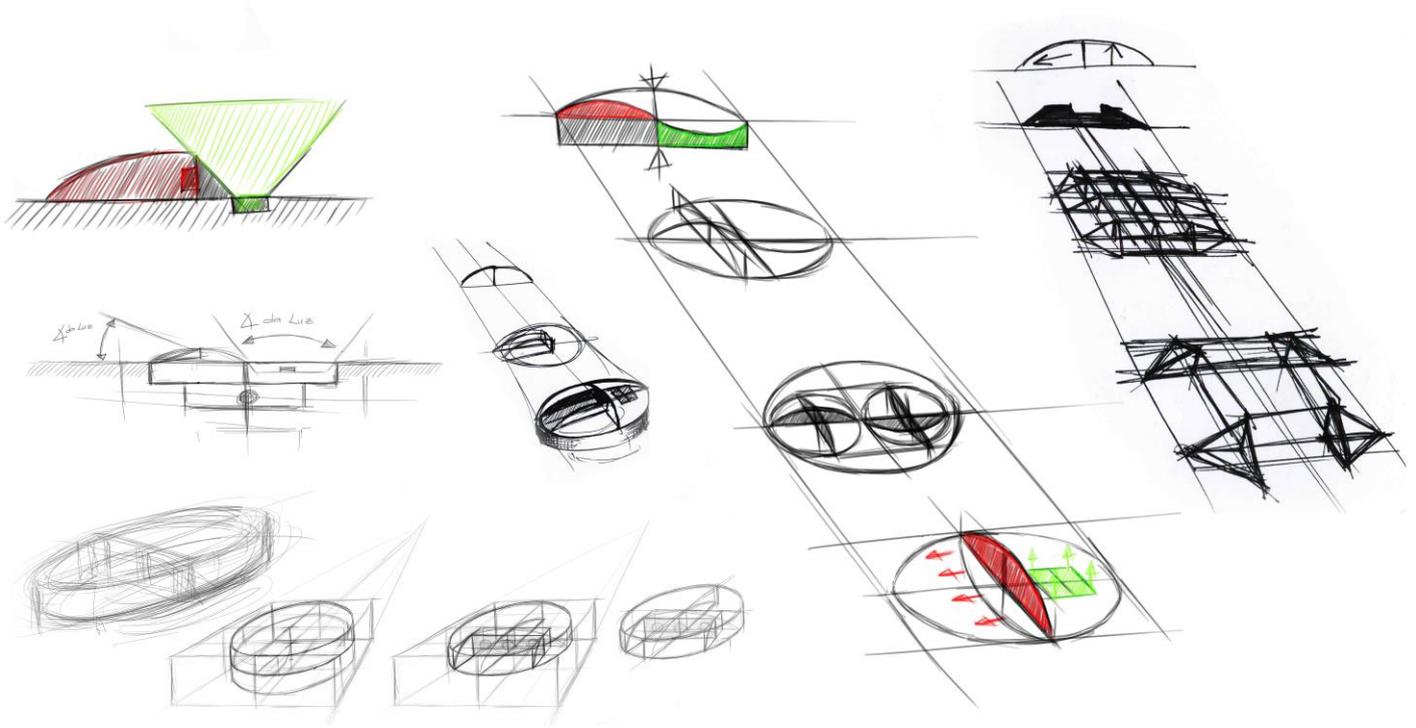


Figura 32 – Esboço de estudo

*Esboço do autor.*

Após as ideias estarem estabelecidas e com o intuito de uma melhor visualização do semáforo SmartLight e da sua realização, foi efetuado a modulação 3D no programa Rhinoceros 5.0 e a sua respetiva renderização através do programa KeyShot 5. Assim sendo, são apresentadas de seguida as imagens respetivas ao semáforo SmartLight.

O semáforo SmartLight apresenta um design renovado e no *render* apresentado é possível verificar o seu aspeto visual geral na sua totalidade, sendo a sua representação à escala de uma pessoa (Figura 33). Para além disso, é possível ainda verificar como se encaixa o módulo. Este ponto de modulagem é extremamente importante para o projeto pois é facilmente utilizável e possibilita algumas vantagens, como por exemplo a rápida reparação em caso de avaria.

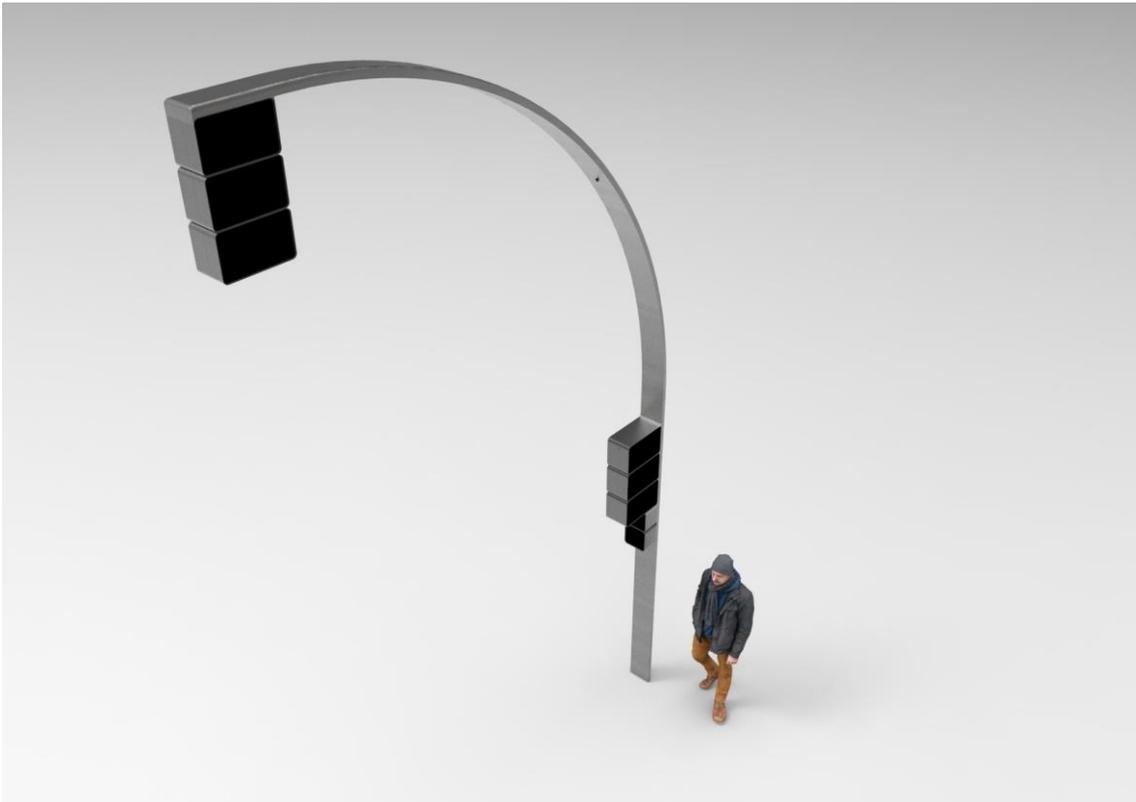


Figura 33 – *Render* do poste à escala de uma pessoa

*Render do autor.*

No próximo *render* é apresentado o módulo do semáforo em explosão, onde é possível verificar a sua constituição, ou seja, cada peça e como estas se encaixam umas nas outras (Figura 34) (Vídeo 1). Os módulos são constituídos por uma cobertura em ferro que pretende proteger das influências externas a que estes estão sujeitos. Relativamente ao seu interior, estes são compostos por uma caixa de plástico sendo composta por vários materiais: arduino (proporcionando o funcionamento do módulo), painel de LEDs, a respectiva proteção (composta por acrílico antivandalismo e um rebordo para evitar acumulação de pó e entrada de humidade). É importante ainda referir que esta caixa não é desmontável e encaixa-se na estrutura metálica do poste feito à medida, não possuindo qualquer folga.

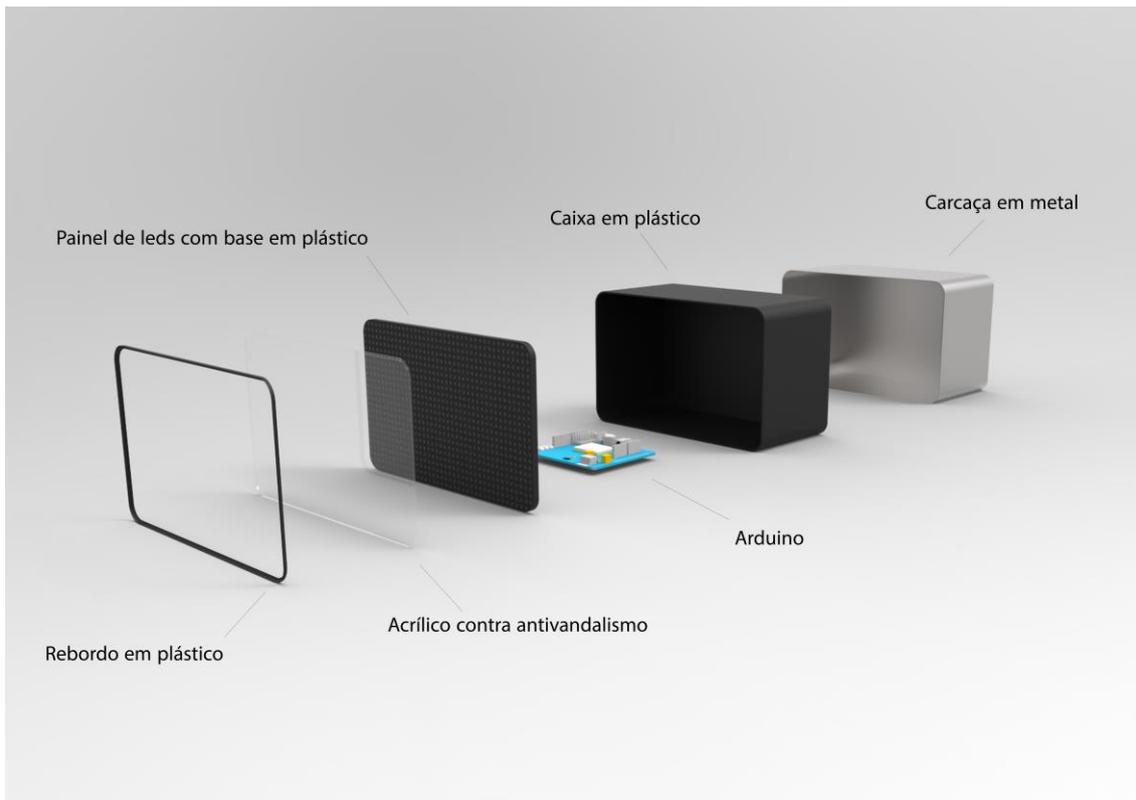


Figura 34 – *Render* da explosão do módulo

*Render do autor.*

No que respeita à perspetiva dos módulos do semáforo para o condutor e peão estes têm a seguinte aparência (Figura 35,36):

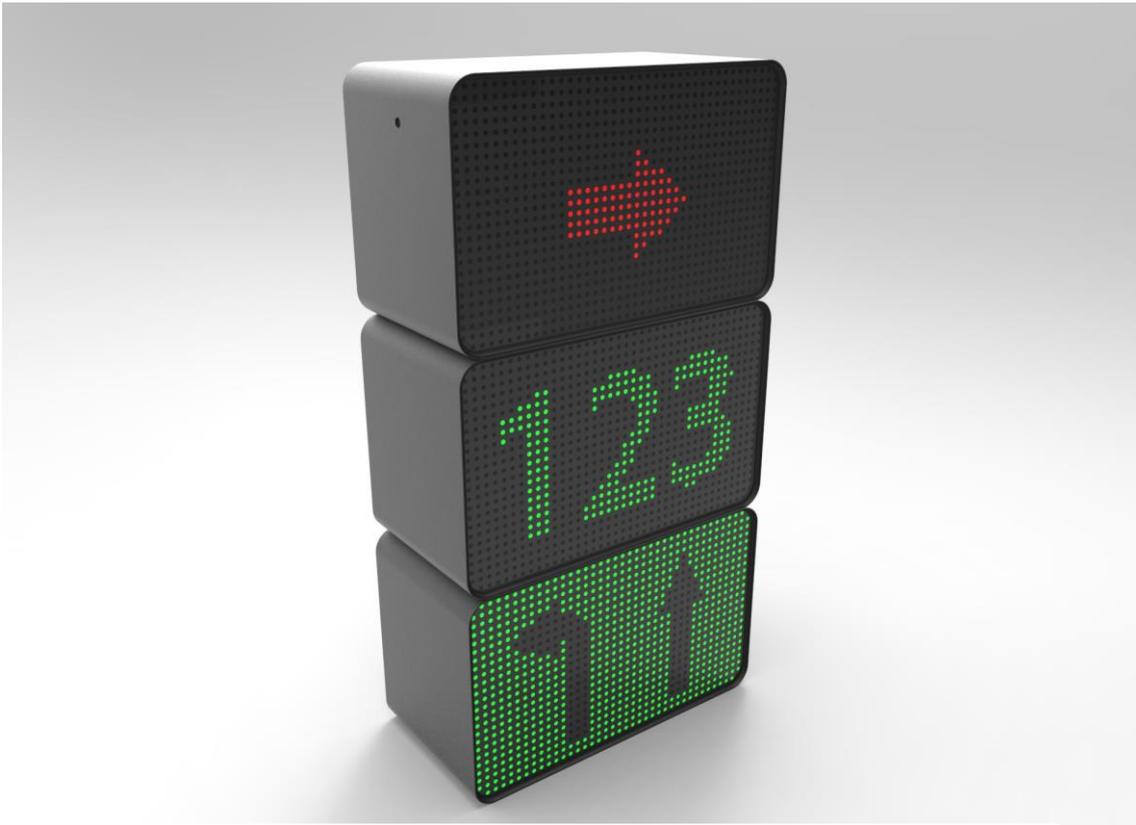


Figura 35 – *Render* do módulo para condutor

*Render* do autor.

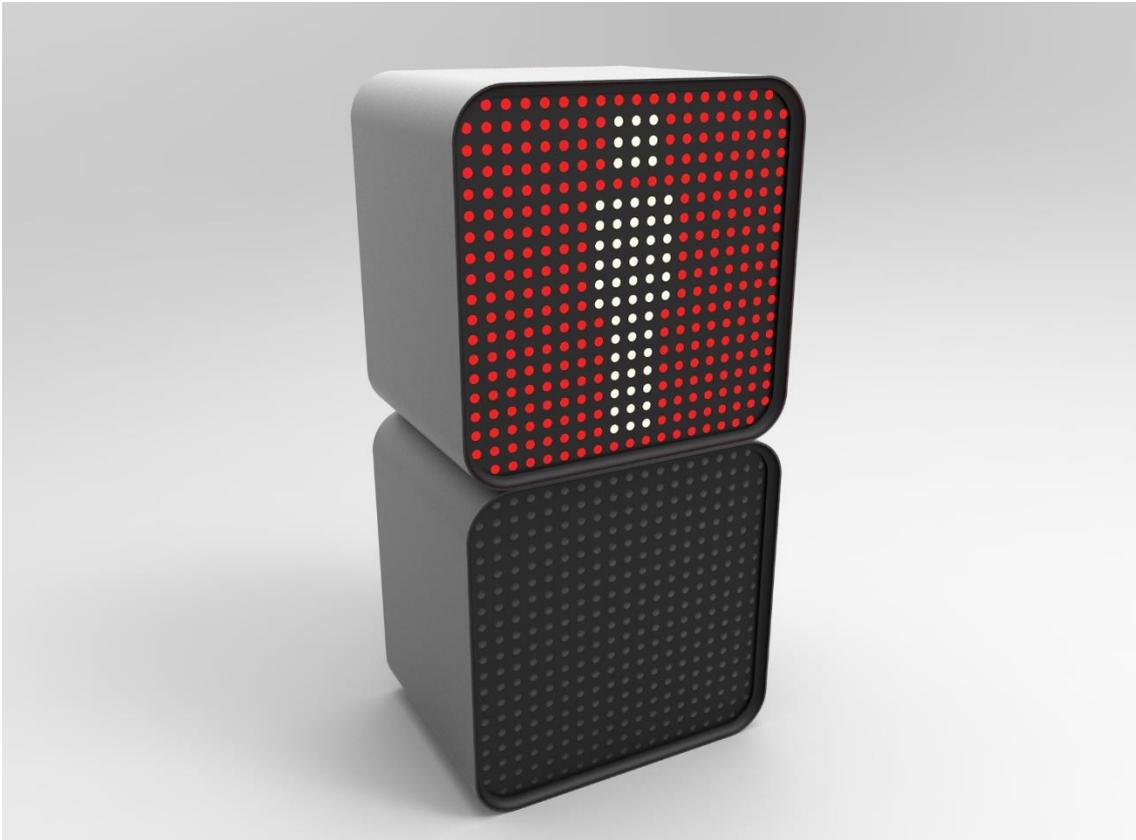


Figura 36 – *Render* do módulo para peão

*Render* do autor.

O módulo é fixo apenas com dois parafusos antivandalismo, ou seja, estes possuem uma cabeça de parafuso não *standard* como representado na figura 37 e 38 e também no Vídeo 1. Esse parafuso vai ter o chapéu com a mesma grossura da chapa de metal, ficando escondido na espessura da chapa, tornando-o pouco visível e, simultaneamente, simples na sua lógica de função.



Figura 37 – *Render* do parafuso da fixação do módulo a estrutura

*Render do autor.*

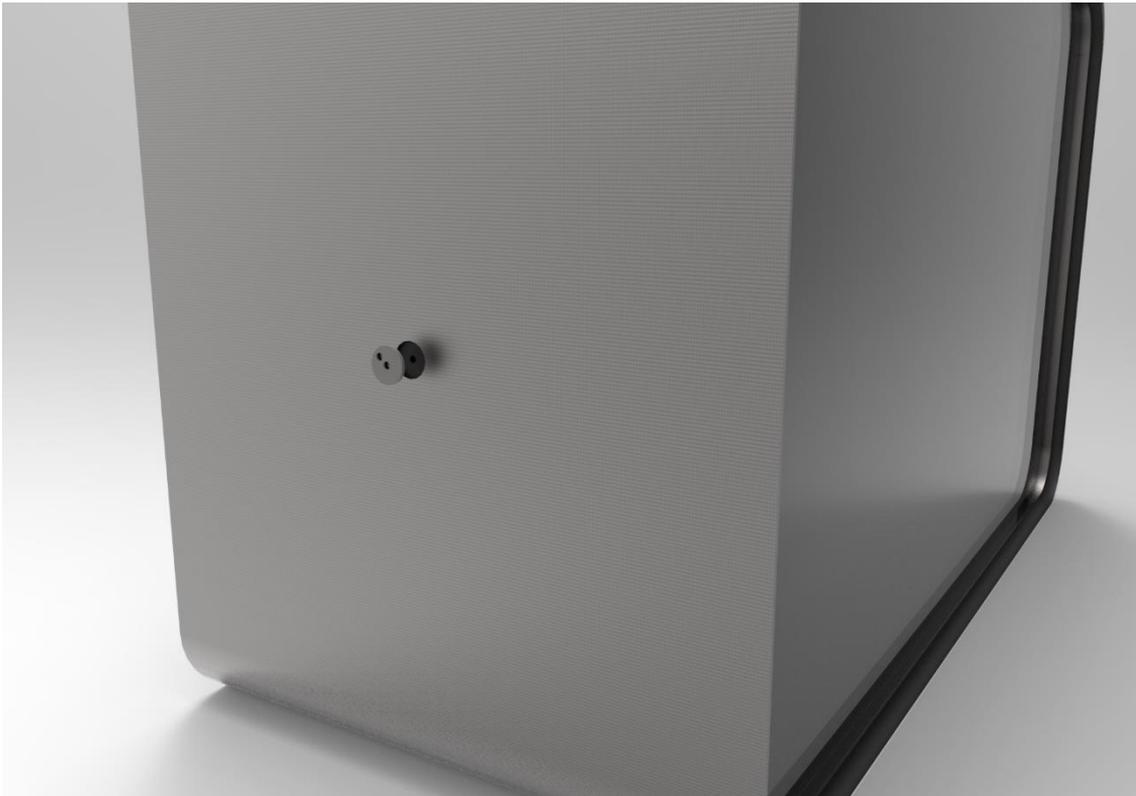


Figura 38 – *Render* da fixação do módulo com parafuso

*Render do autor.*

Ao encaixar o módulo na estrutura do poste fica conectado à eletricidade e à rede com o intuito de interagir entre eles, proporcionando o seu funcionamento. Na figura 39 é possível então visualizar os módulos e a sua aparência num semáforo em funcionamento.

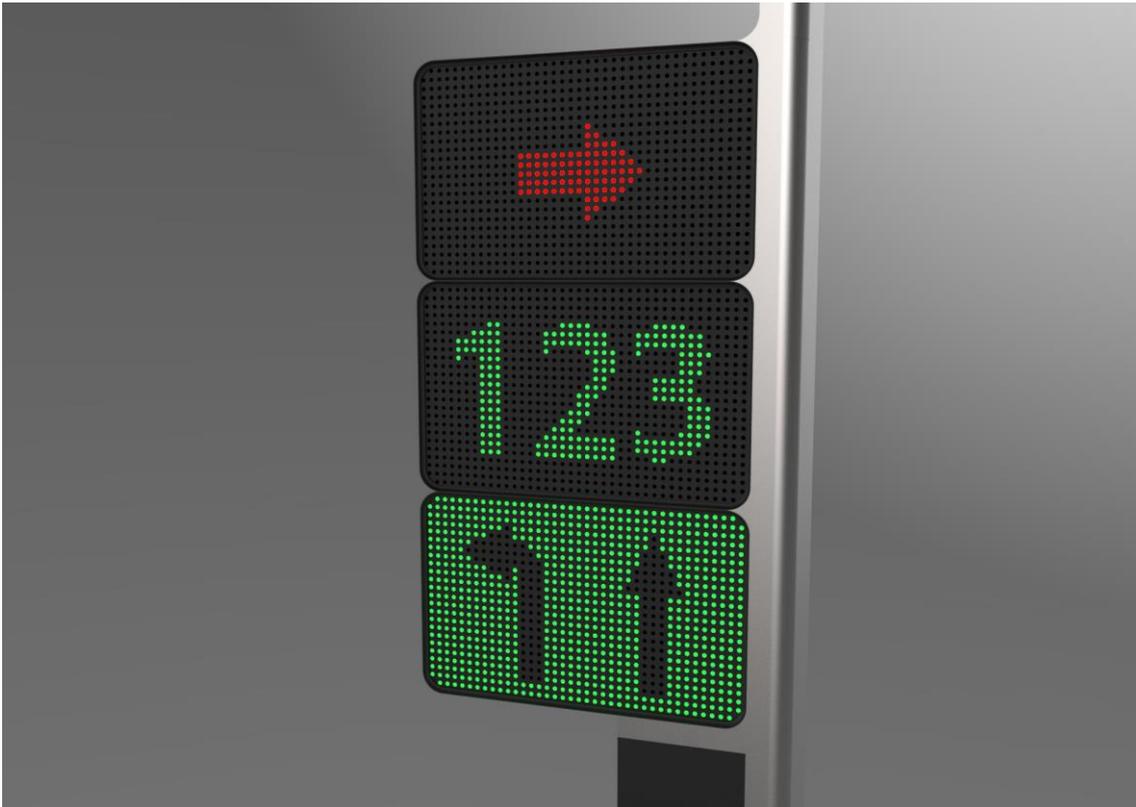


Figura 39 – *Render* semáforo em funcionamento

*Render do autor.*

Existem inúmeras situações possíveis na estrada, sendo uma das mais comuns o semáforo apenas possuir uma divisão de módulos tanto para o condutor como para o peão, devido à existência de estradas com uma faixa por sentido. Sendo assim, é necessário adequar o semáforo a esta situação (Figura 40,41).

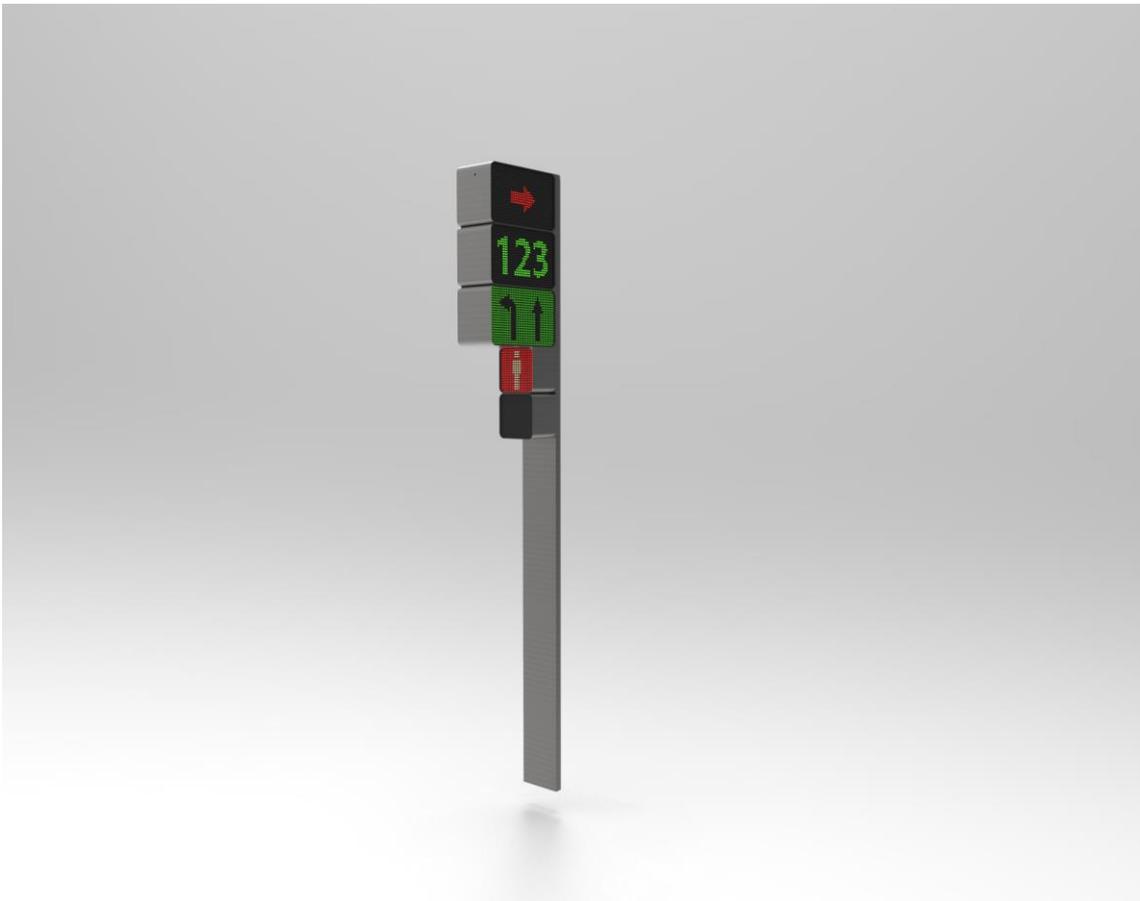


Figura 40 – *Render* do semáforo com uma divisão de módulos para condutor

*Render do autor.*

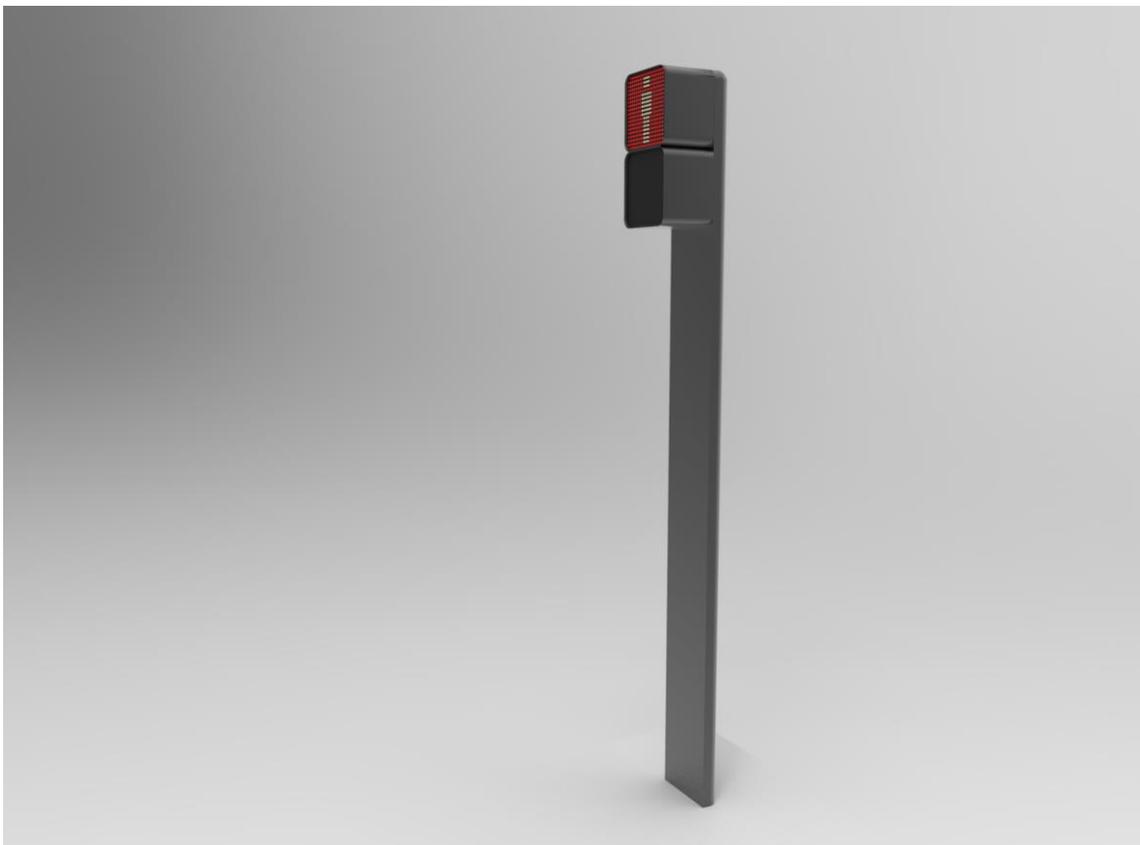


Figura 41 – *Render* do semáforo com uma divisão de módulos para peão

*Render do autor.*

Para melhor entendimento e visualização, foram realizados *renderes* simulando uma das situações possíveis supracitadas (Figura 42,43).

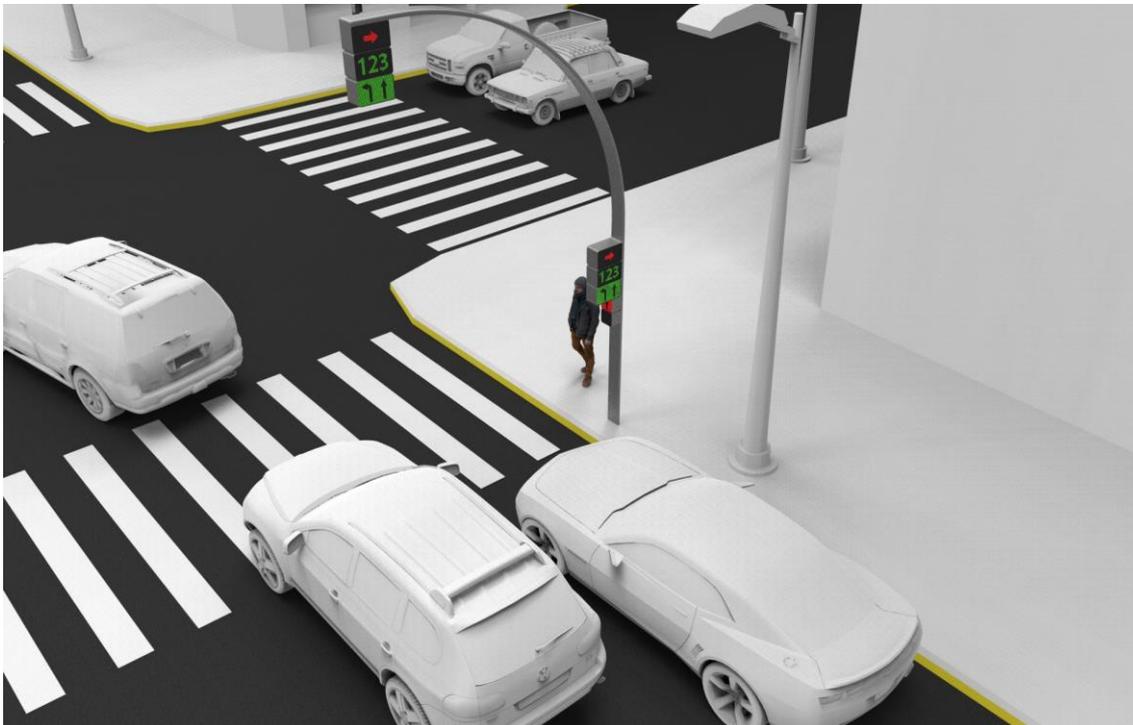


Figura 42 – *Render* de simulação de funcionamento do semáforo

*Render do autor.*

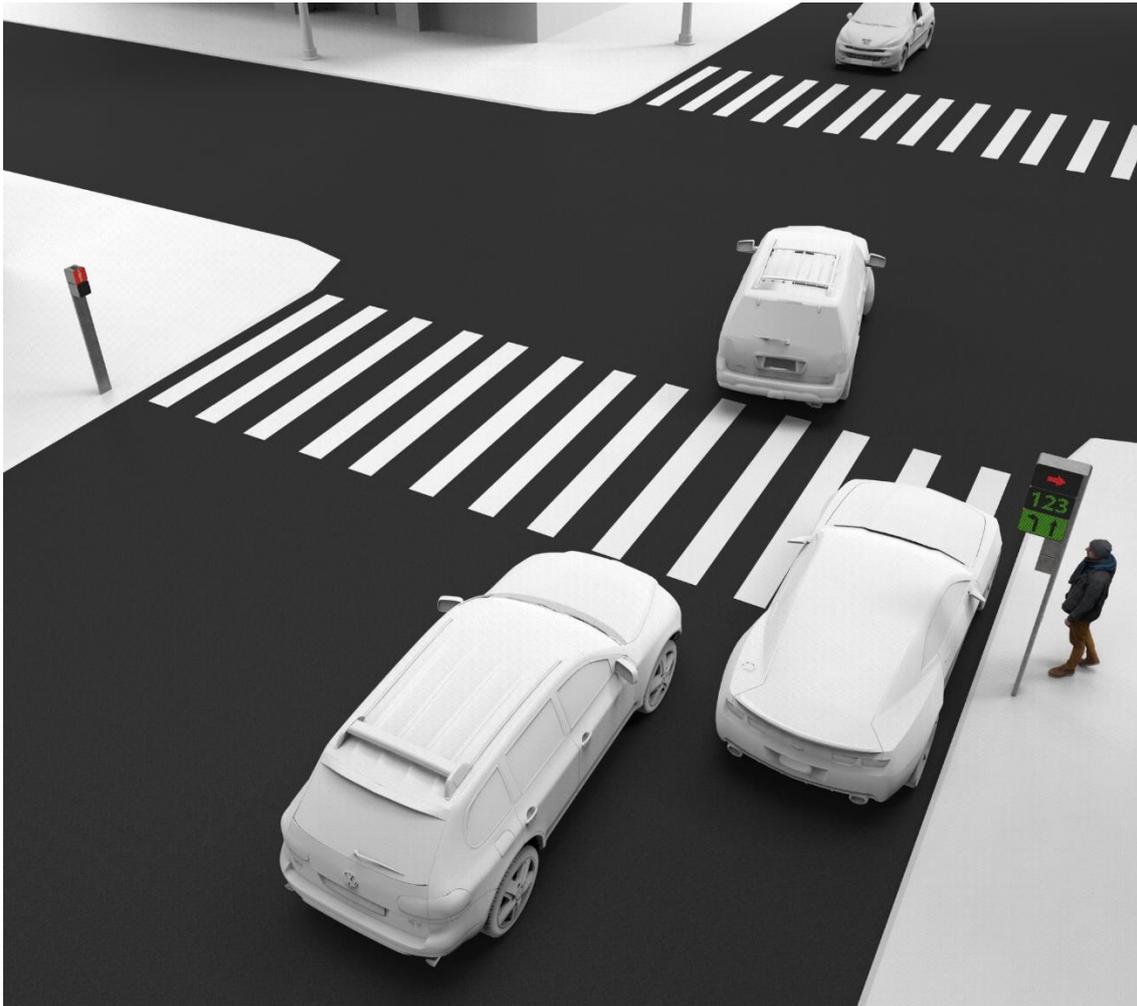


Figura 43 – *Render* de simulação de funcionamento do semáforo

*Render do autor.*

Focando um pouco na questão da passadeira e mais concretamente no funcionamento da passadeira iluminada, esta funciona através de um módulo com LEDs possibilitando uma melhor iluminação da visão do condutor e do peão das sinalizações permitidas (Figura 44).

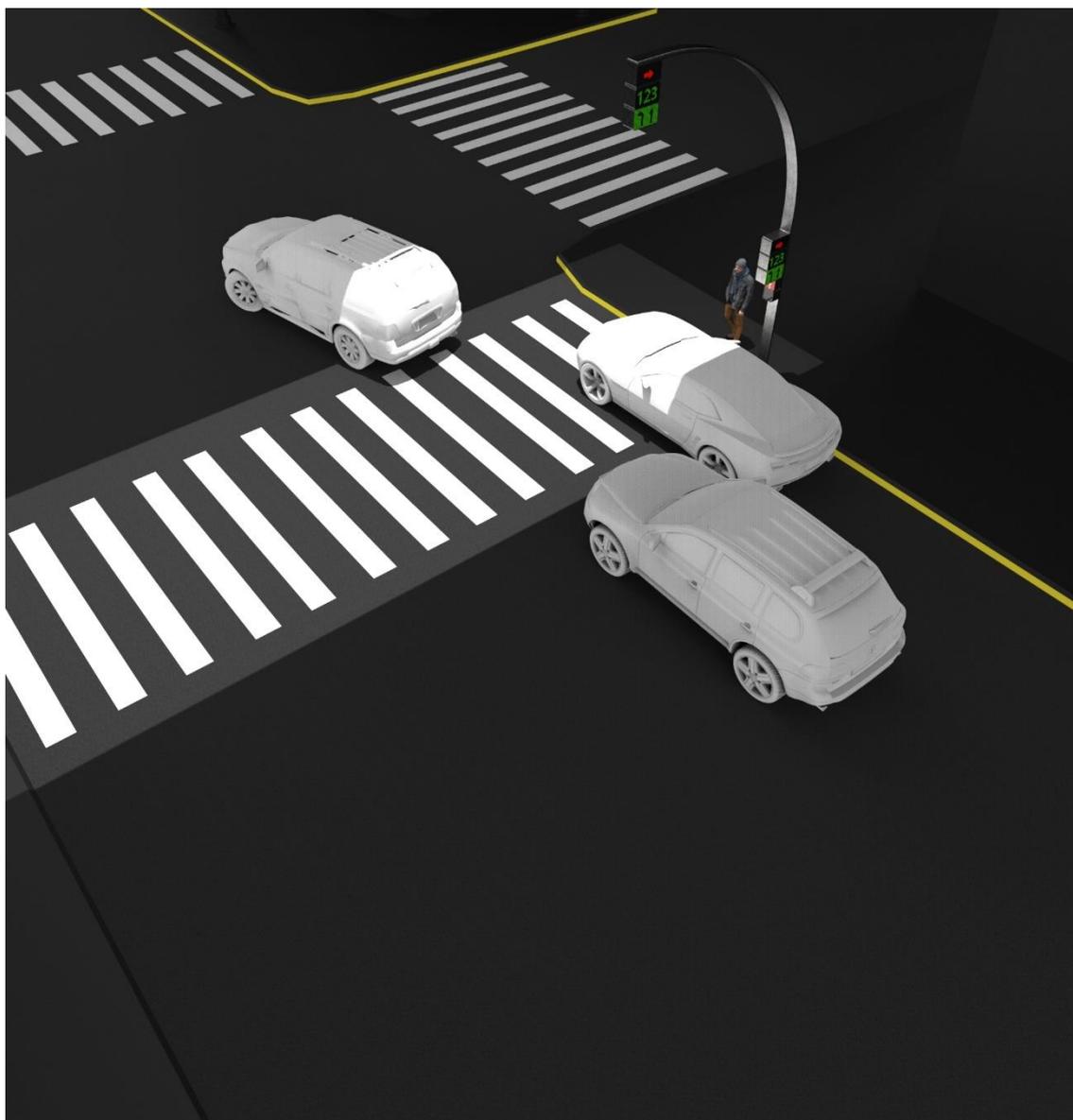


Figura 44 – *Render* de simulação de funcionamento de Leds da iluminação da passadeira

*Render do autor.*

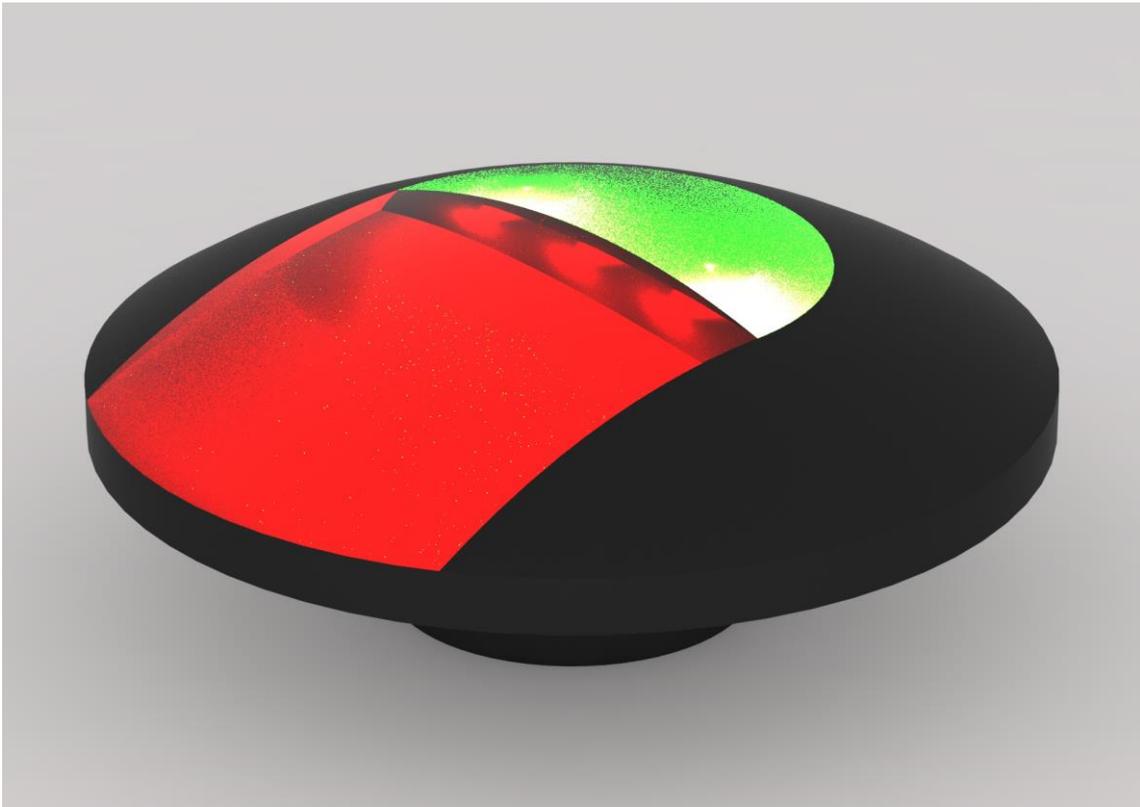


Figura 45 – *Render* de simulação de funcionamento do módulo para a passareira

*Render do autor.*

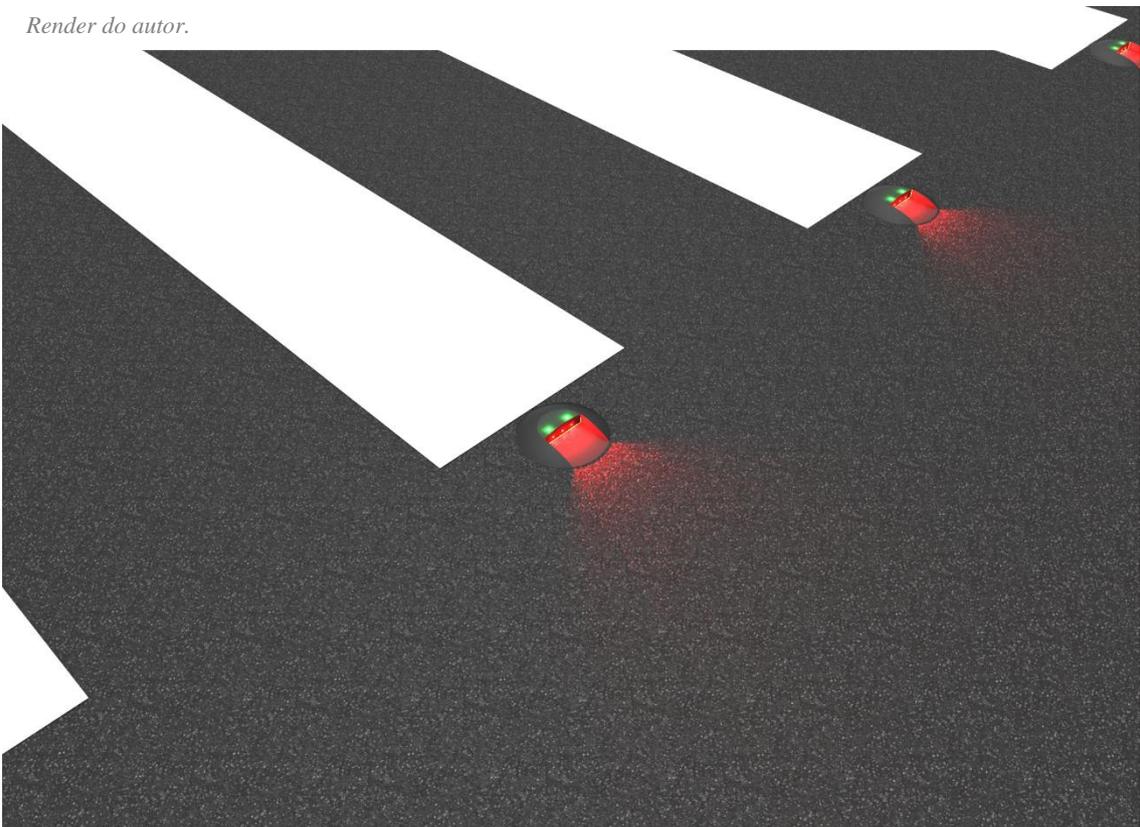


Figura 46 – *Render* de simulação de funcionamento do módulo para a passareira

*Render do autor.*

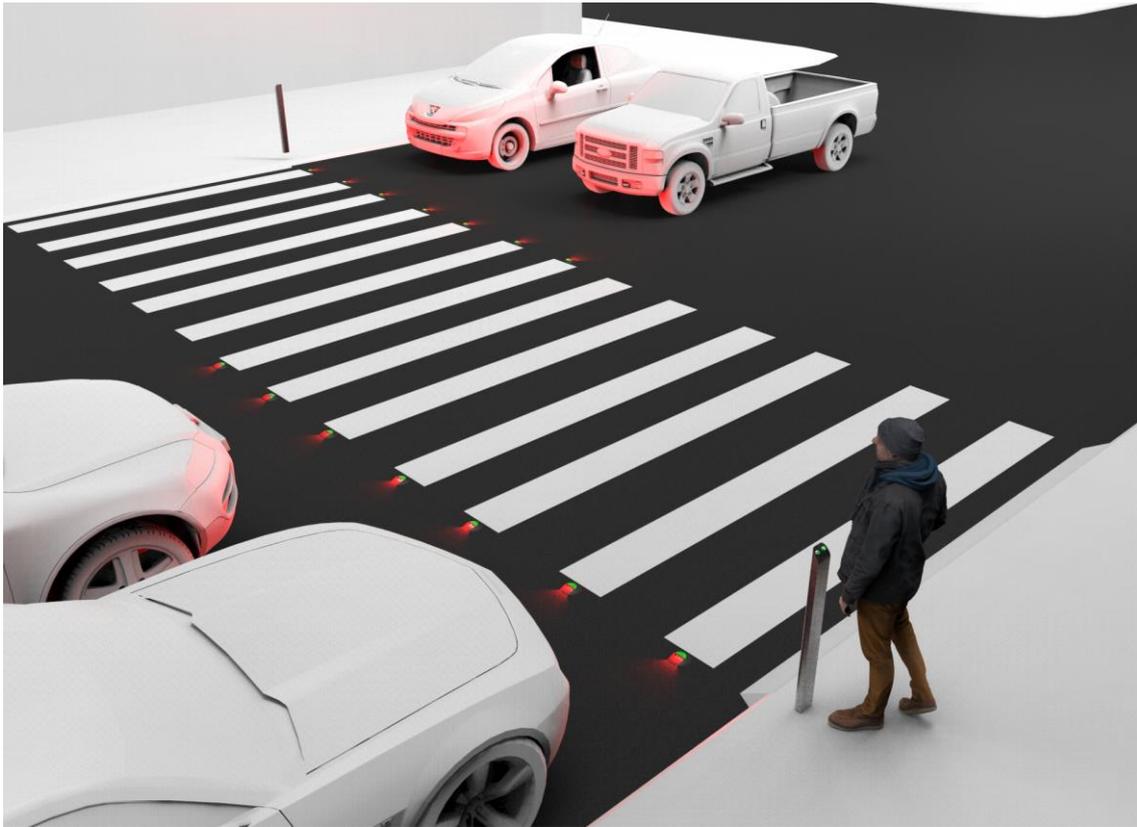


Figura 47 – *Render* de simulação de funcionamento do módulo para a passadeira

*Render do autor.*

Para esse módulo funcionar na passadeira, é necessário o peão carregar em um dos dois botões inseridos num poste junto à passadeira, sendo um deles direcionado para pessoas com necessidades motoras (Figura 48,49). O poste é constituído por metal também servindo como proteção contra possíveis acidentes que possam incluir os peões que estão no passeio.



Figura 48 – *Render* de poste com botões à escala de uma pessoa

*Render do autor.*



Figura 49 – *Render* de poste com botões

*Render do autor.*

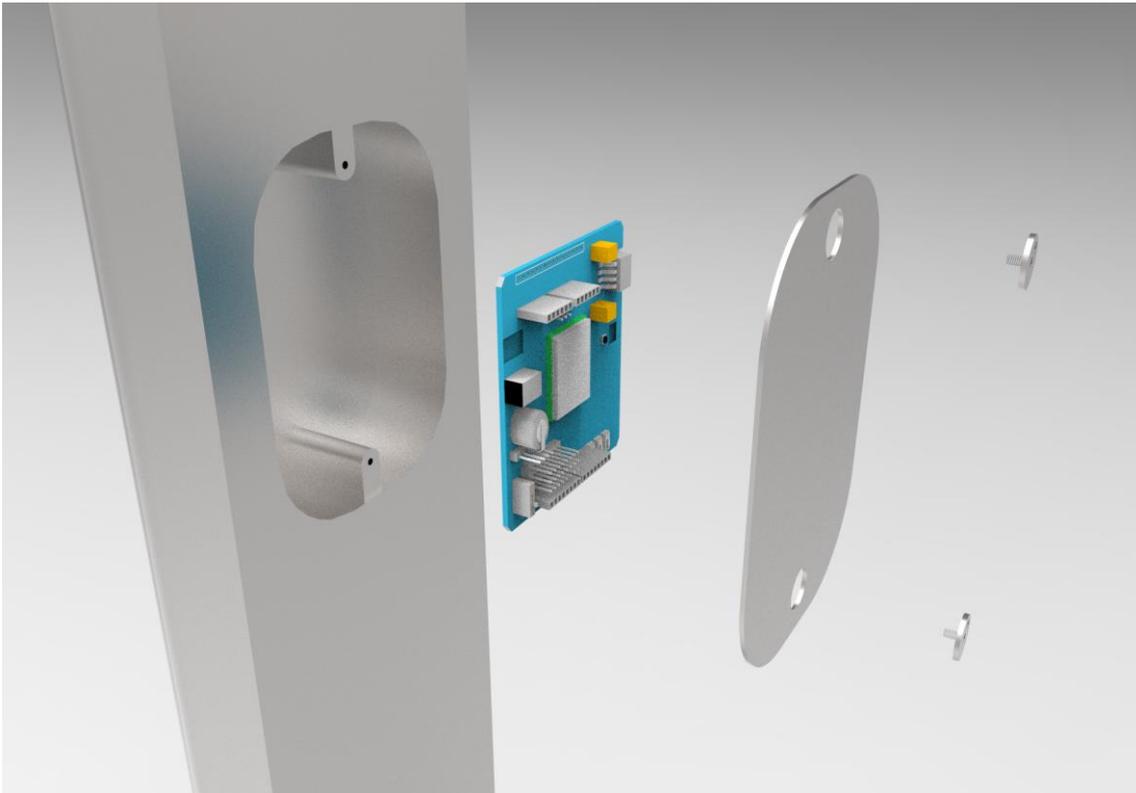


Figura 50 – *Render* acesso ao arduino da gestão do semáforo

*Render do autor.*

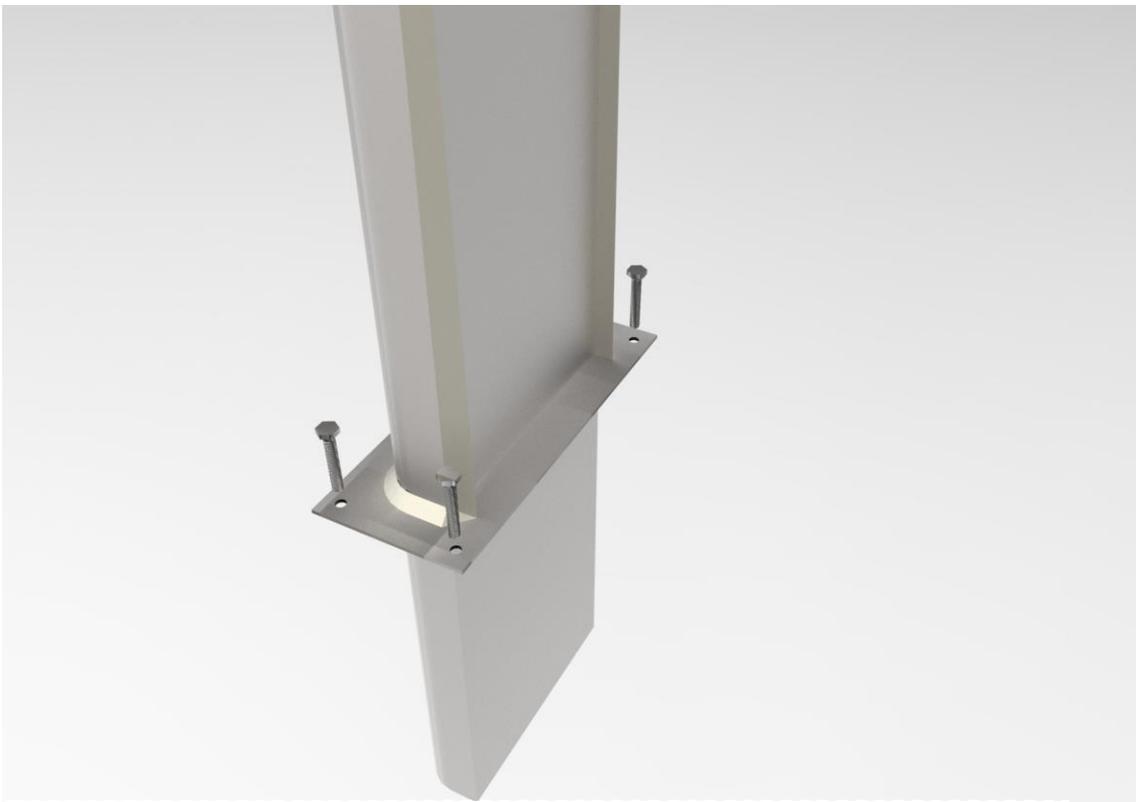


Figura 51 – *Render* fixação do poste ao chão

*Render do autor.*

Após uma pesquisa, foram estabelecidas as seguintes características técnicas do módulo:

- Dimensões: 347x250x200 mm ou 148x148x200 mm
- Painel de led grande : 932 leds
- Painel de led pequeno : 357 Leds
- Caixa em metal
- LEDs alto brilho 5mm
- Luminosidade ~100 lumions por LED
- Funcionamento 24h intermitente / programável
- Controlado por arduino
- Controlo Automático de Brilho por sensor de Luminosidade
- Câmara de 8 megapixéis com resolução de imagem 3264x2448(4:3)
- Aviso sonoro
- Custo aproximado do conjunto de um semáforo é de 1000 euros
- Custo aproximado do módulo maior é de 150 euros
- Custo aproximado do módulo menor é de 110 euros
- Custo aproximado do poste 200 euros
- Custo aproximado do módulo para a passadeira 5 euros

## **5. Considerações finais**

O presente projeto consistiu na recolha de informação sobre os semáforos atuais e no seu estudo com o intuito de avaliar e encontrar pontos fracos possíveis de serem melhorados. Assim, propôs-se um semáforo designado “SmartLight” com diversas características que possibilitam ultrapassar algumas deficiências através de aplicação de novas tecnologias integradas e, conseqüentemente melhorar a segurança e a organização nas estradas.

O projeto teve um longo percurso, com muitas alterações e é necessário fazer o balanço. O seu início surgiu, como já referido, numa altura em que me deparei com uma

situação de perigo na via pública. Nessa altura, comecei a ler e a refletir sobre a temática de segurança rodoviária e a pensar como é que os meus conhecimentos sobre design poderiam ajudar e fazer a diferença. Após alguma leitura sobre o funcionamento da segurança rodoviária atual, apercebi-me que os semáforos são uma ponte entre os peões e a estrada e que podia ser esse o meu foco.

A partir daí comecei a direcionar a minha pesquisa para os semáforos, para a sua história, os problemas das passadeiras, estatísticas de morte nas estradas, para as tentativas realizadas para mudar os números, entre outros. Por outro lado, também aprofundei mais os conhecimentos sobre o Design Industrial e Design Inclusivo relativo a esta temática e tentei perceber o que já tinha sido estudado nestes campos. No entanto, fui encontrando algumas dificuldades visto não existir assim tanta informação disponível e estudos realizados, ou pelo menos, que sejam dedicados às tentativas de melhorar o problema e não só nos números. Neste sentido, optei por criar um questionário *online* com o propósito de recolher informação sobre o tema e chegar mais perto da nossa realidade.

Na altura em que ia analisando a informação e escrevendo o suporte teórico deste projeto, continuei constantemente a trabalhar nas ideias e a criar esboços para tentar perceber se realmente funcionavam. À medida que as ideias começaram a ter credibilidade passei os esboços para programas mais adequados, ou seja, comecei a trabalhar os meus desenhos em 3D no programa Rhinoceros 5.0 e, posteriormente, foram convertidos para o programa Adobe Illustrator CS6 como desenhos técnicos e com medidas à escala. Para acabar a parte prática, utilizou-se o programa KeyShot 5 com o intuito de realizar *renders*, ou seja, tornar os desenhos reais.

Refletindo, no geral, sobre o semáforo “SmartLight” é possível enumerar as seguintes características: integração de LEDs que, conseqüentemente, permitem aumentar a área de visibilidade do semáforo e para além disso, contribuir para a poupança de energia; renovação do design antiquado dos semáforos, possibilitando uma maior atração visual do utilizador o que facilita a transmissão de informação, passando esta a ser mais simples e acessível para qualquer idade; criação de sensores que permitem uma comunicação mais fácil e eficaz com os utilizadores; criação de um módulo com painéis de LED facilitando a clareza e simplificação da indicação dada pelo semáforo; adaptação do produto para pessoas com necessidades especiais e idosos; contabilização, em segundos, do tempo de passagem da sinalização; iluminação da zona de passadeira/peão com a implementação de LEDs e a criação de um sistema modular.

No entanto, há sempre objetivos que acabam por não ser cumpridos, ou por dificuldades técnicas, questões de tempo, financiamento, entre outros. Nesse sentido, gostaria que fosse possível a realização de um protótipo para testar o que aqui proponho e num segundo momento tornar este projeto real implementando-se nas localidades. Este projeto pode ser uma vantagem para outras pessoas que tenham interesse nesta área e que desejem elaborar um projeto semelhante, visto este poder ser adaptado aos diversos contextos. Para além disso, gostaria que este projeto incentivasse a investigação e a realização de projetos semelhantes nesta área.

Em suma, é importante salvaguardar que o projeto SmartLight foi pensado para todo o tipo de utilizadores e segundo as suas características e limitações, com o fim de organizar e melhorar a segurança rodoviária. É também um projeto que prima por poder ser facilmente adaptado a cada situação e contexto, sendo multifuncional. Acima de tudo, o projeto “SmartLight” pretende contribuir e ajudar a sociedade a refletir sobre as elevadas estatísticas de sinistralidade. Apesar do número de mortes ter diminuído com a implementação de algumas medidas, continua ainda a ser uma dura realidade. Neste sentido não se pode desejar apenas a sua diminuição, mas sim continuar a estudar e a criar soluções mais funcionais para a segurança de todos. Foi este o propósito de criar uma luz inteligente: tentar resolver um problema, melhorando uma parcela da vida quotidiana.

## **6. Maqueta**

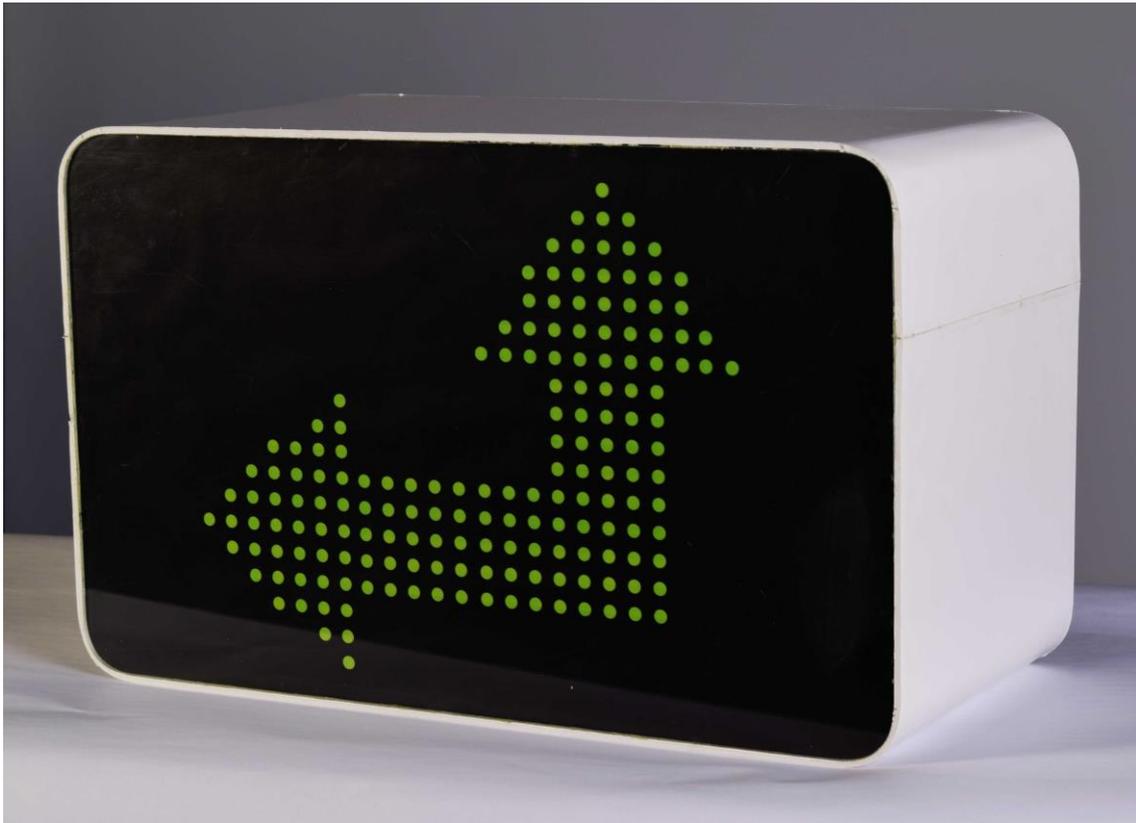


Figura 50 – Maqueta à escala do módulo para o condutor

*Fotografia do autor.*

## **7. Propostas de sinalização**

























## **8. Desenhos técnicos**





























## 9. Referências bibliográficas

### Bibliografia geral

Bonsiepe, G. (1986) *Metodologia Experimental: Desenho Industrial*. Brasília: CNP /Coordenação Editorial.

Brandão, P. and Remesar, A. (2000) *Espaço público e a interdisciplinaridade*. Lisboa: Centro Português Design.

Brandão, P. and Remesar, A. (2004) *Design Urbano Inclusivo: uma experiência de projecto em Marvila "Fragmentos e Nexos"*. Lisboa: Centro Português Design.

Brandi, U. and Geissmar-Brandi, C. (2001) *Lightbook: the practice of lighting design*. Basel: Birkhäuser.

Costa, Joan (2007) *Señalética Corporativa*. Barcelona, Autor-Editor.

Costa, Joan (2011) *Design para os olhos: marca, cor, identidade, sinalética*. Lisboa, Dinalivro.

Lesko, J. (2008) *Industrial design: materials and manufacturing guide*. New Jersey, John Wiley & Sons.

Löbach, B. (2001) *Design Industrial: bases para a configuração de produtos industriais*. São Paulo: Edgard Blücher.

McNeil, I. (2002) *An encyclopaedia of the history of technology*. London: Routledge.

Ulrich, K. and Eppinger, S. (2000) *Product design and development*. Estados Unidos da América, The McGraw-Hill Companies.

## Teses

Azevedo, S. (2014) *O Comportamento de risco dos condutores e Locus de Controlo*.  
Dissertação de mestrado, Instituto Universitário da Maia.

Campos, H. (2009) *A sinistralidade rodoviária - drama ou fatalidade - estratégias de combate*. Dissertação de mestrado, Lisboa: Academia Militar Direcção de Ensino.

Meirinhos, V. (2009) *Pedonalidade em risco: estudo antropológico dos atropelamentos em Lisboa*. Dissertação de mestrado, Instituto Universitário de Lisboa.

Oliveira, S. (2012). *Sensor de presença para semáforo inteligente de baixo custo*.  
Dissertação de mestrado, Universidade de Taubaté.

Pedroso, T. (2015). *Segurança de peões em meios urbanos- caso de estudo cidade do Porto*. Dissertação de mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto.

## Webgrafia

*Arduino Portugal* (2016) Disponível em: <http://www.arduinoportugal.pt/arduino/>  
[Consult. 12 Maio 2016].

Bradley, S. (2014) *Design Principles: Visual Weight And Direction*. Disponível em:  
<https://www.smashingmagazine.com/2014/12/design-principles-visual-weight-direction/#how-do-you-measure-visual-weight> [Consult. 16 Fevereiro 2016].

Castleman, M. (2014) *Traffic Signal Trivia*. Disponível em:  
<http://streets.mn/2014/10/29/traffic-signal-trivia/#lightbox/3/> [Consult. 9 Novembro 2015].

Lebedev, A. (2016) *Air crosswalk at VDNKh*. Disponível em:  
<http://www.artlebedev.com/air-zebra/vdnh/> [Consult. 20 Março 2016].

- Like, H., Peng, L., Mingjun, R. & Chengjie, W. (2014) *Modular traffic lights*. Disponível em: <http://www.yankodesign.com/2014/04/21/modular-traffic-lights/> [Consult. 10 Novembro 2015].
- Ming, S. H. (2009) *Semáforos de LED's*. Disponível em: <http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/led.pdf> [Consult. 26 Maio 2016].
- Neto, D. (2012) *Segurança rodoviária: Passadeiras, semáforos e peões*. Disponível em: <https://jpn.up.pt/2012/04/30/seguranca-rodoviaria-passadeiras-semaforos-e-peoes/> [Consult. 19 Julho 2016].
- Отдел ГИБДД УМВД России по городу Брянску (sem data) *Причины и условия ДТП на пешеходных переходах*. Disponível em: <http://xn--90aaefavsx0al6m.xn--p1ai/propaganda/rekomendaczii-uchastnikam-dorozhnogo-dvizheniya/3661-prichiny-i-usloviya-dtp-na-peshexodnyx-perexodax> [Consult. 10 Abril 2016].
- Organização Mundial de Saúde (2015) *Relatório global sobre o estado da segurança viária*. Disponível em: [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2015/en/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/) [Consult. 15 Janeiro 2016].
- Paulo, D. (2015) *Circula Seguro*. Disponível em: <http://www.circulaseguro.pt/condutor-e-ocupantes/evite-conducao-distraida> [Consult. 23 Maio 2016].
- Pinto, M. (2016) *Modular sólo traffic light for variety urban signaling functions*. Disponível em: <http://www.tuvie.com/modular-solo-traffic-light-for-variety-urban-signaling-functions/> [Consult. 10 Junho 2015].
- Prevenção Rodoviária Portuguesa* (2015) Disponível em: <http://sejavisto.prp.pt/index.php/ser-visto/> [Consult. 10 Fevereiro 2016].
- Segurança Rodoviária* (1999) Disponível em: <http://www.segurancaRodoviaria.pt/legislacao/codigo-da-estrada/> [Consult. 10 Maio 2016].

Shih, C. (2012) *Traffic Friendly Light*. Disponível em: <http://www.yankodesign.com/2012/10/16/traffic-friendly-light/> [Consult. 10 Setembro 2015].

Sol (2013) Disponível em: <http://sol.sapo.pt/noticia/68614/sem%C3%A1foros-de-lisboa-custam-um-milh%C3%A3o> [Consult. 20 Novembro 2016].

Vackflores, R. (2010) *Traffic lights gets smarter*. Disponível em: <http://www.yankodesign.com/2010/09/22/traffic-lights-gets-smarter/> [Consult. 10 Setembro 2015].

IGAI (2015) Disponível em: <http://www.igai.ru/autonews/515531-statistika-dtp-s-yanvary-po-sentyabr-2015-goda.html> [Consult. 09 Maio 2016].

## **Periódicos**

Chong, C. and Kumar, S. (2003) Sensor Networks: Evolution, Opportunities, and Challenges, *Proceedings of the IEEE*, 91 (8), pp. 1247-1255. DOI: 10.1109/JPROC.2003.814918.

Plainis, S., Murray, I. J., & Pallikaris, I. G. (2006). Road traffic casualties: understanding the night-time death toll. *Injury Prevention*, 12(2), 125-138.

Sasaki, R. (2009). Símbolos para deficiências na trajetória inclusiva. *Revista Reação*, 11-17.