



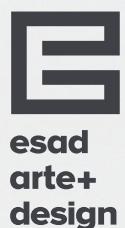
# **SEGURANÇA NO TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO:**

**DESIGN DE UM DISPOSITIVO DE REALIDADE AUMENTADA E REALIDADE MISTA  
COMPLEMENTAR A UM EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - UMA PERSPETIVA PARA 2030.**

Mauro André Alves Da Silva

Curso de Mestrado em Design de Produto  
Escola Superior De Artes e Design - Matosinhos

2021





**TITULO**

Segurança no Trabalho na Indústria da Construção:  
Design de um dispositivo de Realidade Aumentada e Realidade Mista complementar a um equipamento de proteção individual - uma perspetiva para 2030.

**Projeto de Tese**

Mauro André Alves Da Silva

**Orientador**

André Almeida Santos

**Co-Orientador**

Dirk Loyens

Curso de Mestrado em Design de Produto  
Escola Superior de Artes e Design - Matosinhos

2021



## **AGRADECIMENTOS**

*Agradeço aos meus pais. Antero e Gracinda, fonte onde bebo inspiração, perseverança e, onde colho amor e carinho.*

*À Nídia, por tudo. Sem ela a meu lado o presente seria deprimente e o futuro inserto e tenebroso.*

*Às minhas tias de Trás-os-Montes, pela ajuda preciosa.*

*Ao orientador André Almeida Santos pelo apoio prestado no desenvolvimento deste trabalho.*

*À Inês e ao João pela participação na discussão e avaliação de ideias.*

*Ao Sr. Francisco por tornar possível a visita à obra - essencial para o desenvolvimento do projeto.*

*Muito Obrigado a todos.*



## RESUMO

O presente documento reflete o trabalho desenvolvido no âmbito da obtenção do título de Mestre em Design de Produto.

A temática definida como problemática que deu origem ao desenvolvimento do presente projeto de tese foi: “acidentes e mortes na indústria da construção”. Em primeira instância foi realizada uma pesquisa bibliográfica em que são abordados dois grandes temas, sendo eles, a indústria da construção, onde é estudada e identificada a problemática, e tecnologia, capítulo que visa o estudo das tecnologias e meios necessárias para o desenvolvimento do projeto.

Após esta investigação preliminar é iniciado o processo de design, explorada a viabilidade do produto e identificadas as suas necessidades para que este seja efetivo tendo em conta a resolução da problemática anunciada e o ambiente no qual este virá a ser implementado.

O produto é projetado através de uma visão conceptual, apoiado num vasto leque de tecnologias que irão conduzir à implementação da indústria 4.0, apontada para 2030.

Por último é apresentado todo o processo de desenvolvimento do conceito, através de uma linha temporal que percorre desde a contextualização e pesquisa visual, até à conclusão do mesmo, passando pelas várias fases de desenvolvimento, ideação e materialização. Finalizando com uma visão aproximada do que poderá ser os EPI na indústria da construção no futuro: uma industria mais tecnológica e mais segura.



## **ABSTRACT**

This document reflects the work developed in the scope of obtaining the title of Master in Product Design.

The theme defined as problematic that gave rise to the development of this thesis project was: "accidents and deaths in the construction industry". In the first instance, a bibliographic research was carried out in which two major themes are addressed, namely, the construction industry, where the problem is studied and identified, and technology, a chapter that aims to study the technologies and means necessary for the development of the project.

After this preliminary investigation, the design process is initiated, the feasibility of the product is explored and its needs are identified so that it is effective taking into account the resolution of the announced problem and the environment in which it will be implemented.

The product is designed through a conceptual vision, supported by a wide range of technologies that will lead to the implementation of industry 4.0, aimed at 2030.

Finally, the entire concept development process is presented, through a timeline that runs from contextualization and visual research, to its conclusion, passing through the various phases of development, ideation and materialization. Concluding with an approximate vision of what PPE may be in the construction industry in the future: a more technological and safer industry.



## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**AR** - Realidade Aumentada  
**MR** - Realidade Mista  
**VR** - Realidade virtual  
**EPI** - Equipamento de proteção individual  
**EPC** - Equipamento de proteção coletiva  
**BIM** - Building information modeling  
**BBS** - Behavior-based safety  
**PBBS** - Proactive Behavior-based safety  
**IoT** - Internet of things  
**HMD** - Head Mounted Display  
**CAD** - Computer Aid Design  
**MtM** - Machine to Machine  
**MtH** - Machine To Human  
**AI** - Inteligencia Artificial  
**ML** - Machine Learning  
**DL** - Deep Learning  
**DNN** - Deep Neural Network  
**CPS** - Cyber Physical Systems  
**GPS** - Geographic Position System  
**V2X** - Vehicle to Everything

# ÍNDICE

Agradecimentos	5
Resumo	7
Abstract	9
Lista de Abreviaturas	11

## 1

### INTRODUÇÃO

1.1 Background	17
1.2 Metodologia	18
1.3 Motivação e Objetivos	19

## 2

### INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

2.1 Contextualização	23
2.2 Segurança na Construção Civil	25
2.2.1 Equipamentos de Proteção Individual e Coletiva	28

## 3

### TECNOLOGIA

3.1 Contextualização	33
3.2 Augmented Reality	36
3.3 Building Information Modeling	46
3.4 Internet of Things	48
3.5 5G Connectivity	51
3.6 Big Data	54
3.7 Inteligencia Artificial	56
3.7.1 Machine Learning   Deep Learning	58
3.8 Indústria 4.0	60

## 4

### IDEAÇÃO E PROJEÇÃO

Ideação e Projeção do Dispositivo	67
-----------------------------------	----

# ÍNDICE

## 5

### ANTEPROJETO

5.1 Diretrizes do Projeto	73
5.2 Pesquisa Visual e Construção de Moodboard	74
5.3 Visita à obra	78
5.3.1 Descrição da Visita à obra	79
5.4 Levantamento e análise de produtos em categorias próximas.	94
5.5 Ideação e Sketches	104
5.6 Reunião com grupo de designers	132
5.7 Iteração de Referências Visuais	134
5.8 Capacete de Referência	136
5.9 Sketches do Novo Conceito	138
5.10 Maquetes	150

## 6

### DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO U

6.1 Modelação e Renderização	159
6.2 Protótipagem Rápida	164
6.3 Versão light do dispositivo U	166

## 7

### DISPOSITIVO U<sup>REALITY</sup>

Dispositivo U <sup>REALITY</sup>	170
----------------------------------	-----

## 8

### CONCLUSÕES

8.1 Conclusões	199
----------------	-----

Lista de Imagens	201
Referências Bibliográficas	205

### ANEXOS

Legislação Europeia e Nacional	215
--------------------------------	-----

1

# INTRODUÇÃO



## 1.1 BACKGROUND

Todos os anos milhares de pessoas morrem, sofrem graves acidentes e/ou desenvolvem problemas de saúde diretamente relacionados com a sua ocupação laboral.

A indústria da construção é responsável pela maior taxa de mortes e acidentes relacionados com o trabalho, sendo a probabilidade de morte três vezes superior quando comparada a outras indústrias. Este grave problema assola este setor industrial desde que há registos, sendo que, o surgimento de legislação, de entidades fiscalizadoras bem como a evolução da tecnologia e a crescente preocupação com a segurança, fizeram com que os números se mostrem muito mais positivos nos últimos anos, contudo, ainda hoje são alarmantes.

O tema segurança na indústria da construção, perspetiva um problema, que necessita de resolução. Vivemos numa era digital e tecnológica, em que já vários setores industriais dirigiram os seus esforços para essa mesma digitalização, na procura de otimização de processos produtivos, otimização de recursos, melhoramento da segurança e conseqüentemente gerando mais lucros.

A indústria da construção encontra-se desfasada em relação a outros setores, muito pelo seu carácter de risco, imprevisibilidade e constante mudança de localização do trabalho, tornando-se menos viável a aceitação, implementação e uso de certas tecnologias digitais. Apenas agora se começam a ver os primeiros esforços para a preparação da implementação da chamada indústria 4.0, uma indústria mais digital, em que os dados e a comunicação em tempo real são vitais, como será exposto posteriormente.

Ainda na fase de desenvolvimento do tema da presente tese, foi executada a análise de previsões e tendências para os próximos 10 anos na indústria da construção. Como resultado chegou-se à conclusão que as tecnologias de Realidade Aumentada (AR), Realidade Virtual (VR) e Realidade Mista (MR) estão entre as tendências para o futuro deste setor nos próximos anos.

Foi analisado de que modo a AR e MR contribui para a gestão dos processos produtivos de outras indústrias, e identificada a pertinência de implementar estas tecnologias também na indústria da construção, mais concretamente ao nível da gestão, montagem e fiscalização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC).

Com a perspetiva da implementação das tecnologias referidas anteriormente, como meio para reduzir o erro humano para assim conseguir diminuir o número de acidentes e mortes no setor da construção. Será então desenvolvido um dispositivo que suporte esta tecnologia adequando-o ao ambiente de obra.

Pretende-se assim com este projeto:

O estudo e previsão de uma nova categoria de produto de análise e identificação de riscos em ambiente de obra, materializando numa proposta assumidamente conceptual que demonstre as características fundamentais do mesmo.

## 1.2 METODOLOGIA

O projeto apresentado foi desenvolvido com recurso a uma intensiva pesquisa bibliográfica pretendendo identificar necessidades bem como adquirir conhecimentos sobre as áreas de estudo definidas. Inicialmente tendo como foco a indústria da construção, mais concretamente a área da segurança, como meio de entender as causas para a problemática a tratar na presente tese.

O mesmo método foi aplicado para o estudo da tecnologia. Explorando as tecnologias essenciais para o funcionamento e implementação de um dispositivo holográfico na indústria da construção.

Após esta primeira fase de estudo e consolidação de conhecimentos, foi realizada a definição das características que o dispositivo deveria possuir para assim efetivar a sua formalização com sucesso.

Foram utilizadas ferramentas como: exploração, desenho, ideação, prototipagem e modelação, tornando-se fundamentais para o processo e desenvolvimento do projeto.

Posteriormente, foram estudados quais os métodos de design a aplicar, como forma assertiva de projetar e realizar as etapas a cima referidas. Preparando uma visita ao ambiente de obra para compreender as necessidades e a aplicabilidade do dispositivo a projetar.

Numa fase mais intermédia do projeto discutiu-se com vários designers numa sessão de análise e debate, com o intuito de perceber se os conceitos desenvolvidos seriam viáveis e aplicáveis, podendo assim obter diferentes perspetivas e opiniões para direcionar o projeto.

Após esta sessão o rumo do projeto foi traçado, sendo repetidas as etapas de pesquisa visual, desenho, prototipagem e modelação, desta vez direcionadas para um dispositivo mais condizente com o idealizado.

Por último foram reunidas as propostas do projeto de modo a apresentar o resultado do processo.

### 1.3 MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS

O que me motivou a abordar este tema foi a convivência desde pequeno com a área da Construção Civil. O meu pai era proprietário de uma pequena empresa de construção com a qual sempre tive uma presença muito ativa de apoio e trabalho.

Ao terminar a licenciatura defini como passo seguinte a realização do mestrado em design de produto na Escola Superior de Artes e Design de Matosinhos. No entanto, para que isso fosse possível teria que juntar algum dinheiro de forma a conseguir suportar os custos associados. Foi com esse objetivo que fui para França trabalhar como operário da construção civil, ramo onde já tinha algumas bases e onde facilmente se arranja trabalho. Durante esta temporada o interesse pela segurança na construção foi surgindo e intensificando-se. Trabalhei em montagem e remodelação de telhados, e, mesmo com o cumprimento dos padrões de segurança existiam falhas e acidentes. Tornei-me bastante dedicado a esta questão, encarregando-me da verificação e montagem correta de todos os EPCs em qualquer tipo de obra. Contudo, os meus companheiros de trabalho não se mostravam tão interessados neste assunto, arriscando demasiadas vezes em obras de pequena dimensão, alegando que não necessitavam destes equipamentos: "A obra é pequena, não precisamos de montar segurança".

Mas poupar tempo não pode ser uma prioridade quando está uma - ou mais - vidas em jogo. Infelizmente são muitas as vidas que se perdem em acidentes que poderiam ter sido evitados, assim como, são muitas as lesões que ocorrem e comprometem a qualidade de vida dos lesados. Vivi muito de perto as consequências destes acontecimentos. Um familiar meu sofreu um acidente mortal, após uma queda de 8 metros de altura enquanto trabalhava num andaime. A causa, foi a falha na montagem e fixação da plataforma de segurança onde ele se encontrava - quando a estrutura desabou, ele acabou por cair com ela.

Enquanto designer questionava-me de que forma poderia melhorar a experiência do utilizador em relação ao uso dos EPI e EPC, e, como poderia otimizar os equipamentos de modo a serem mais facilmente adotados e utilizados. A par disso, também sempre fui muito interessado por tecnologia e pelas possibilidades que esta nos oferece. Durante a escolha do tema de tese, e após uma pesquisa sobre várias áreas e problemáticas de possível intervenção, o tema segurança na construção - com um *twist* - de tecnologia foi o escolhido. Usufruido do meu conhecimento e convivência com a área da construção e do constante fascínio por um mundo tecnológico e futurista, chego à elaboração da presente tese, onde junto AR/MR, segurança e design.

2

# INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO



## 2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O ser humano usufrui de uma herança brutal deixada pelo universo, o planeta Terra, que, ao longo de quatro mil milhões de anos foi desenvolvendo e modificando a sua atmosfera para possibilitar o aparecimento de vida. Apenas com duzentos mil anos a espécie humana dominou a face do mundo que conhecemos. Após cento e oitenta mil anos como nómadas os seres humanos instalaram-se, fazendo surgir a inerente necessidade de abrigo contra as intempéries e ameaças de predadores, inspirando-o a construir. Algo que, conseqüentemente, levou ao aparecimento das primeiras cidades. Com o surgimento destas, os seres humanos tornam-se seres sociais, reunindo-se e partilhando saberes, vivendo em comunidade e edificando aquilo que designamos de civilização (**Arthus-Bertrand, 2009**). Surge daí o termo 'civil', aquele que integra uma civilização. Com a sua força e astúcia, o ser humano foi moldando a face do planeta, até chegarmos aos dias de hoje em que, num ritmo frenético, mais e maiores edifícios invadem os céus das grandes metrópoles.

A área da construção pode ser dividida em vários subsectores, sendo eles: residencial, industrial, infraestrutural e ainda o sector institucional e comercial (**Commission de la construction du Québec, 2020**). Estes procuram organizar interesses e classificar as empresas, dividindo-as em focos de ação. Mas, apesar da globalização da construção, ao nível mundial, a maior percentagem de trabalhos na área ainda está a cargo de empresas locais (**ILO, 2020**).

Com foco no mercado português, foi possível aferir que as grandes empresas representam cerca de 20% do total de empresas no sector da construção (**Graça, H., & Braz, F., 2012**). Contudo, as pequenas e médias empresas (PME) têm um grande volume de negócio através de subempreitadas, que consistem geralmente num projeto de grande dimensão ao cargo de uma multinacional que, no que lhe concerne, contrata subempreiteiros, estando estes especializados nas mais diversas tarefas. Método este que se mostrou mais vantajoso do ponto de vista económico para as duas entidades envolvidas, permitindo também o maior cumprimento de prazos apertados (**Faria, J., 2008**).

Portanto, embora as PME representem 80% do mercado, muito do trabalho é-lhes proporcionado pelas grandes empresas, ou seja, os restantes 20%. Algo que nos dá uma visão realista, mas, simultaneamente, enganadora, visto que as PME's não teriam volume de negócio para manter os 80% do mercado nacional sem recurso a subcontratos com grandes empresas. Porém, um dos motivos para os subcontratos está também na dificuldade das multinacionais em encontrar profissionais competentes. Como referido numa reportagem da RTP (**2019**), em Portugal a construção civil, assim como acontece noutras indústrias, enfrenta há vários anos um problema para o qual ainda não encontrou solução: **a falta de mão de obra qualificada**. Dada a eclosão da crise financeira global de 2008, os Portugueses têm vivido períodos muito instáveis financeiramente e psicologicamente, enfrentando a diminuição do número de postos de trabalho e o aumento da taxa de desemprego. A generalidade da população não possuía capacidade financeira para subsistir, bem como para fazer face a compromissos assumidos, acumulando dívidas. Ter um posto de trabalho tornou-se cada vez mais difícil e, este clima de instabilidade manteve-se até ao ano de 2014 (**Martins & Jesus, 2018**). Neste período, os vários profissionais qualificados sentiram necessidade de abandonar o país para procurar um futuro melhor, com salários mais dignos. O que se tornou um problema uma vez que, a maioria destes emigrantes após o fim da recessão financeira não retornaram ao país.

A juntar a estes fatores está o facto de os jovens terem “fugido” deste tipo de profissão, geralmente conhecida pelo árduo esforço físico e exposição a intempéries - o que torna a construção uma das áreas menos procuradas por esta faixa etária para trabalhar. O fraco incentivo do governo português e das entidades empregadoras também se reflete em baixos salários, que, não refletindo o esforço requerido, levam os empregadores a preferir contratar mão de obra estrangeira, que é mais barata, mas, em contrapartida, menos qualificada (**Rádio Televisão Portuguesa, 2019**).

Dados da Comissão Europeia apontam para uma falta de trabalhadores na ordem dos setenta mil na indústria da construção em Portugal. *“The construction sector also faces challenges. Skills and labour shortage particularly affect the development of the sector, which is lacking about 70,000 workers, including highly qualified professionals”* (**European Commission, 2019**). A qualidade de um trabalhador influencia a fluidez de uma obra. Um trabalhador qualificado efetua o seu trabalho de maneira correta e segura, isto resulta numa maior produtividade e em menos acidentes de trabalho, gerando um maior aproveitamento do tempo e dos recursos em países onde a mão de obra é mais qualificada. Assim, os prazos são cumpridos com maior facilidade, havendo também um menor registo de ocorrências fatais (**Karimi et al., 2016**). Por outras palavras, uma maior qualificação do trabalhador previne acidentes e mortes no local de trabalho, sendo estes, tragicamente, algo recorrente e um dos motivos pelos quais a indústria da construção é mundialmente conhecida.

De acordo com a International Labor Organization, este é um problema que assola esta indústria desde que há registo. Esta sempre liderou com o maior número de acidentes e mortes quando comparada a outras indústrias. Infelizmente, estes números desproporcionais mantêm-se no presente (**ILO, 2020**), contudo, nos últimos anos existe uma maior consciencialização para a necessidade de mudança de mentalidades. As obras estão cada vez mais seguras, assistindo-se crescentemente a uma maior atenção para se tomarem medidas que garantam a segurança. No entanto, os acidentes continuam a acontecer e esta realidade está longe de ser eradicada. E, sendo esta temática um dos focos da presente tese, esta será aprofundada no subcapítulo 2.2.

A tecnologia pode ajudar, desempenhando um papel fulcral. A construção está agora a entrar numa *“revolução digital”*, já atravessada e implementada noutras indústrias. O setor, conhecido pelos seus processos manuais e tradicionais, começa - tardiamente - a adotar meios digitais como via de otimização de alguns processos. Consequentemente, a industrialização e a automação surgem como fortes tendências, antecipando uma mudança na forma como a construção tem sido pensada nos últimos anos. A utilização de Building Information Modeling (BIM)\*, robótica, inteligência artificial, e pré-fabricados tem mostrado, em vários estudos científicos, que a implementação de sistemas tecnológicos pode ter um impacto significativo na economia de tempo, dinheiro e recursos (**“Digitalisation, Construction 4.0 and BIM”, n.d.**).

Estas inovações tecnológicas conduzem-nos à indústria 4.0 - também conhecida como a era da digitalização - que numa comunhão de termos, tem sido citada regularmente como Construção 4.0 (quando referindo a indústria da construção civil). Espera-se então que a implementação destas tecnologias venham a inverter as estatísticas, aumentando a segurança, a produtividade e consequentemente os lucros através da digitalização. Pois, de acordo com a organização internacional The World Economic Forum, 1% de aumento na produtividade a nível mundial, poderia salvar 100 mil milhões de dólares por ano ao setor da construção (**The World Economic Forum., 2016**).

## 2.2 SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção providencia infraestruturas necessárias para o crescimento e desenvolvimento de um país, quer ao nível social, quer ao nível económico. Numa escala global existem cerca de 350 milhões de pessoas diretamente ligadas a este setor, estando este número em constante ascensão. Os trabalhadores na indústria da construção, um grande número de pessoas, estão assim diariamente expostos a atividades perigosas, resultando num enorme número de mortes, acidentes, ferimentos e problemas de saúde (Biswas et al., 2017).

Segundo as estatísticas mundiais da International Labour Organization (ILO), por ano morrem cerca de 2,3 milhões de pessoas devido a doenças ou acidentes relacionados com trabalho, sendo a indústria da construção a que mais contribui para esses números. A ILO afirma que *"The construction industry has a disproportionately high rate of recorded accidents"* ("World Statistic", 2020, para., 5). Isto quer dizer que, a um nível mundial a probabilidade de um operário da construção sofrer um acidente mortal é três vezes superior quando comparado a todas as outras indústrias, sendo que os acidentes não mortais são duas vezes mais propícios do que noutros setores (Wong et al., 2020).

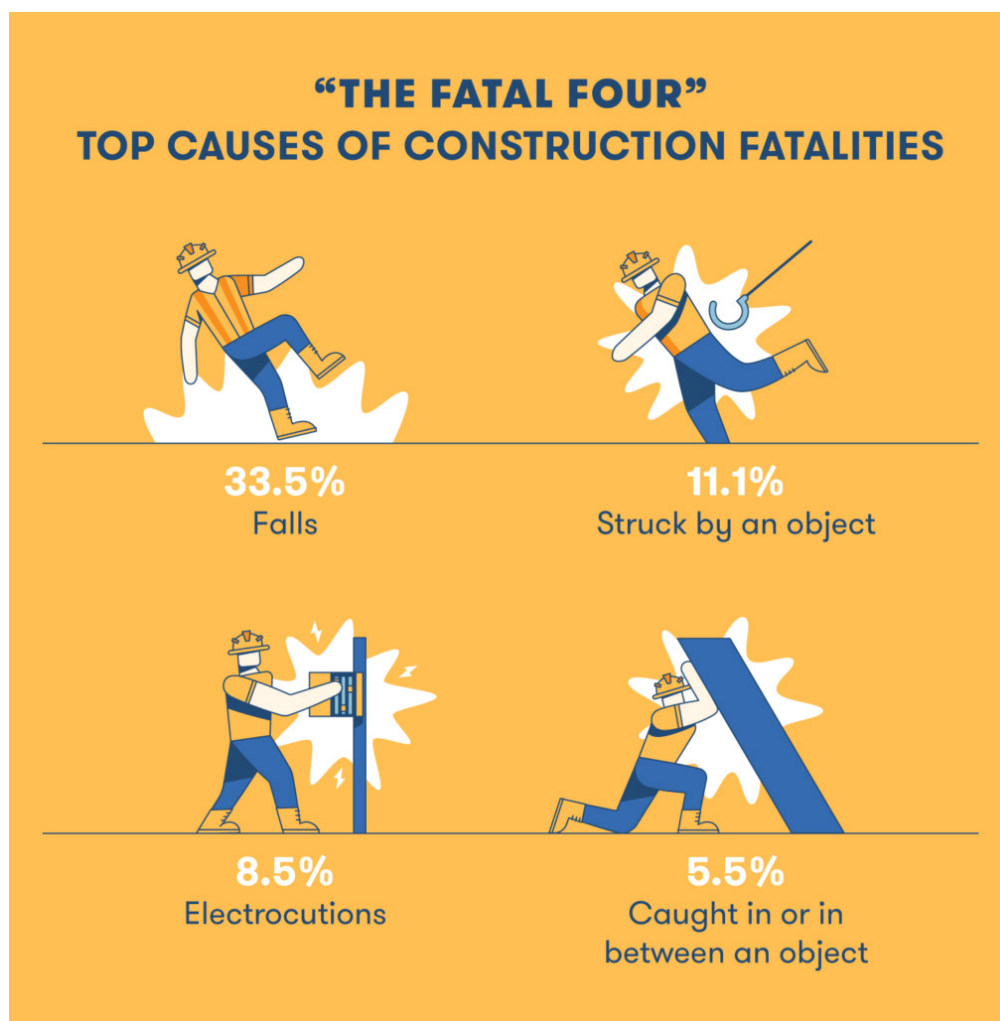


Fig. 1

The Fatal Four - Big Rentz  
As 4 maiores causas de mortes na construção.

As maiores causas de acidentes e mortes na construção tem origem em quedas de altura, embates contra objetos/ estruturas, eletrocussão, atropelamentos ou esmagamentos por veículos, ou estruturas (OSHA,2019; Li et al., 2015). Contudo, não resta apenas saber as causas de um acidente de trabalho, é necessário aferir os fatores que dão origem a essas causas, sendo esses dados importantíssimos para efetivamente conseguir prevenir eventos semelhantes.

A aposta na formação e no uso de Equipamentos de Proteção Individual é fulcral para contrariar as estatísticas. Por ano, as empresas do setor gastam milhões de euros em custos relacionados com acidentes de trabalho (Injury Facts, 2020). Se estas verbas em vez de serem utilizadas em dias de trabalho perdidos, indemnizações, tratamentos médicos e custos hospitalares, fossem canalizadas para uma melhor formação dos trabalhadores ao nível da segurança, os operários estariam mais despertos para o uso devido dos EPC e EPI. Seriam também mais cautelosos em relação aos perigos à sua volta, o que resultaria na redução dos acidentes de trabalho e, consequentemente, nas despesas com esses mesmos acidentes (OSHA, 2020). Ou seja, é necessário o estabelecimento de políticas preventivas.

Embora a construção ao longo dos anos tenha ganho uma má reputação no que diz respeito a questões de segurança, com a adoção de novas tecnologias e novos parâmetros de segurança, com um maior investimento monetário, tem-se conseguido alcançar melhores resultados. Os mais recentes dados estatísticos dos Estados Unidos, Reino Unido e Hong Kong, já têm vindo a revelar uma redução no número de acidentes e mortes relacionados com a indústria da construção (Zhang et al., 2013). Tal facto prova que o caminho da construção para uma indústria digital, tem contribuído para a diminuição de acidentes e mortes. À medida que a construção se aproxima da indústria 4.0 o índice de sinistros tem tendência a baixar. Uma maior monitorização dos trabalhadores resulta num menor número de acidentes, pois, cerca de 80% dos acidentes ocorridos numa obra são causados devido a comportamentos negligentes da parte dos trabalhadores (Li et al., 2015).

Estudos apontam que comportamentos inseguros são uma das principais causas dos acidentes e que estes podem derivar da falta de formação do trabalhador, da não utilização de Equipamentos de Proteção Individual, da má gestão projetual, entre outros fatores (Winge et al., 2019). Na constante procura da redução dos índices de acidentes no local de trabalho, tem sido utilizada a análise de dados de comportamentos perigosos, acidentes e mortes, para que seja possível prever e evitar incidentes futuros. Behavior-Based Safety (BBS) - em português - Segurança Baseada no Comportamento, define um conceito que visa analisar e modificar comportamentos humanos inseguros. Numa primeira análise é feita a identificação de um comportamento considerado perigoso, em seguida, é observado o porquê desse comportamento acontecer, e, consequentemente é feita uma intervenção para eficientemente alterar esse mesmo comportamento, fazendo por fim uma revisão para aferir se o perigo foi efetivamente eliminado (Zhang et al., 2013).

BBS já foi implementado com sucesso em várias indústrias europeias e norte-americanas, incluindo indústrias como a do petróleo, manufatura, energia nuclear, transportadora, e ocasionalmente, também na indústria da construção. No entanto, a construção assume uma variedade de características de trabalho bastante diferente das demais indústrias, estando sujeita, com grande frequência, a um ambiente instável e pouco controlado. Existem constantes mudanças na localização das obras e isso resulta em ambientes de trabalho complexos. Estes fatores originam uma enorme imprevisibilidade de comportamentos, o que não se pode dizer de ambientes fabris onde os movimentos de cada trabalhador são padronizados, e, à partida, previsíveis (Li et al., 2015).

Por essa razão, a análise e processamento desta enorme quantidade de dados requer a intervenção de computação autónoma. O termo comum utilizado para caracterizar os dados referidos é “Big Data” (**Shahzan., 2019**). Big Data uma categorização de dados que necessita de tecnologias adjacentes para que seja efetiva a sua utilização e análise, nomeadamente Internet Of Things (IOT), geolocalização em tempo real, Building Information Modelling (BIM), etc., que possibilitam a extração do potencial máximo destes dados e que irão possibilitar a implementação da indústria 4.0 na construção.

Os dados aliados às tecnologias acima enunciadas possibilitam uma abordagem tecnológica e precisa em relação ao tema da segurança. Proactive Behavior-Based Safety (PBBS), é o resultado da união da tecnologia com a segurança baseada no comportamento. As inovações do PBBS são a automática e constante monitorização da localização e do comportamento do operário, o que permite a medição quantitativa do desempenho de segurança, investigar causas de comportamentos inseguros e melhorar, assim, a eficiência da gestão da segurança. Este sistema tem um enorme potencial na redução de comportamentos que possam comprometer a segurança de um operário no local de trabalho, resultando da sua aplicação, uma esperada redução dos acidentes e mortes na indústria da construção (**Li et al., 2015**).

Porém, existem outras formas para obter esses resultados. A formação é também uma ‘arma’ contra os acidentes. Em todos os setores industriais são exigidos cursos e formações que habilitam o operário a efetuar funções específicas. Numa obra, a manipulação de guias, máquinas, manuseamento de matérias perigosas - como produtos químicos - são alguns exemplos de trabalhos que um operário apenas pode executar se possuir formação que o habilite para a realização do mesmo. Algo que também acontece ao nível da segurança, mas que poderia ser ainda mais explorado. Hoje em dia, para médias e grandes empresas do setor, são impostas normas que exigem a permanência nos quadros de Técnicos Superiores de Segurança no Trabalho, ou que as mesmas contratem serviços de empresas cuja especialização seja especificamente avaliar e certificar os padrões de segurança e higiene exigidos por lei (**Ciência e Letras, 2020**). Em Portugal para se obter o diploma de Técnico Superior de Segurança no Trabalho é necessária a realização de um curso onde o técnico terá de adquirir vários conhecimentos para que possa assegurar a segurança na obra (**iLearning, 2020**).

## 2.2.1 EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI) E EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO COLETIVA (EPC)

Sendo a prevenção a melhor aliada da segurança, os equipamentos de proteção individual (EPI) são extremamente importantes para de prevenir acidentes ou eventuais lesões no local de trabalho, como demonstrado no gráfico (Fig.2), onde é possível enumerar: capacete de segurança, luvas de proteção, protetores auditivos, aparelhos de proteção respiratória, óculos de proteção, vestuário de proteção, calçado de proteção e equipamentos de proteção individual para trabalhos em altura, como alguns dos mais usados EPI no local de trabalho (Wong et al., 2020).

*“Entende-se por equipamento de proteção individual todo o equipamento, bem como qualquer complemento ou acessório, destinado a ser utilizado pelo trabalhador para se proteger dos riscos, para a sua segurança e para a sua saúde”.*

**(DRE, Decreto-Lei 348/93, 1993-10-01, para.17)**

De acordo com os princípios gerais de prevenção, estes devem ser sempre utilizados quando os riscos não podem ser limitados ou completamente eliminados. Sendo que o EPI enquanto medida de controlo de risco deve ser a última a ser implementada, e sempre que possível, deve ser dada prioridade às medidas de proteção de carácter coletivo também conhecidas por Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC). Em Portugal, os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC), deverão ser facultados gratuitamente pela entidade empregadora e adequados aos riscos a que o trabalhador está exposto no exercício da sua atividade. O mesmo se aplica às formações prévias para uma correta utilização e manutenção do equipamento: para que uma má utilização do EPI não comprometa a segurança do utilizador. Esta instrução expõe aos trabalhadores normas e regras a serem cumpridas, sobre utilização, manutenção e conservação destes equipamentos (Almeida et al., 2016).

*“The non-use of personal protective equipment (PPE) is one of the leading factors that cause fatal occupational falls in the construction industry.”*

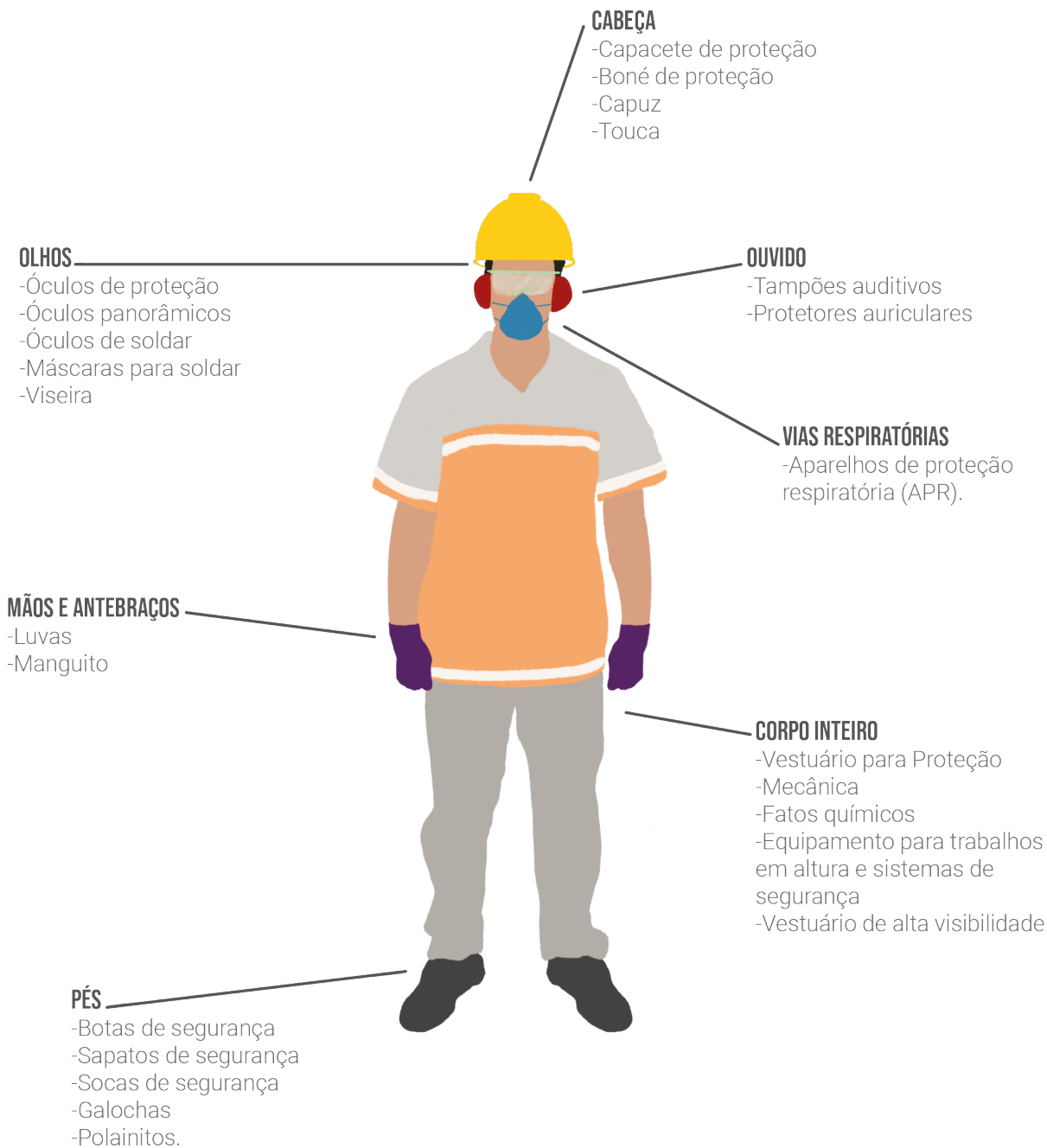
**(Wong et al., 2020, p.1)**



Todos os EPI e EPC comercializados e utilizados na UE devem estar de acordo com as diretrizes da Comissão Europeia e possuir a marca CE aqui ilustrada.

**Fig. 2**

\*MIPS é uma tecnologia desenvolvida com o intuito de reduzir as lesões cerebrais resultantes de quedas ou embates de objetos no capacete, MIPS é utilizado em capacetes com o objetivo da prática desportiva podendo ter uma aplicação em EPI destinados à segurança no trabalho (Cameron, 2020).



**Fig. 3**

Infografia dos EPI existentes

3

**TECNOLOGIA**



### 3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A origem etimológica da palavra tecnologia provém do grego antigo que associa o termo “*tekhne*” que significa arte, habilidade, com o termo “*-logia*” que significa doutrina, teoria, ciência, resultando na palavra “*tekhнологia*” que significa o tratamento sistemático de uma arte, construção ou técnica.

O termo tecnologia ao qual estamos familiarizados hoje em dia significa a criação de algo novo ou a reinvenção de algo de uma maneira totalmente diferente “*technology is the practical application of knowledge so that something entirely new can be done, or so that something can be done in a completely new way.*” (European space agency, n.d, para. 2), esta definição pode então pôr-nos a questionar o sentido da definição de tecnologia no seu aspeto prático. Presentemente algumas pessoas definem tecnologia como os mais recentes dispositivos tecnológicos, algo vanguardista e eletrónico, outras, no entanto, englobam no conceito de tecnologia tudo aquilo que torna o presente diferente do passado (European Space Agency, n.d).

A história da tecnologia humana tem o seu início com a intenção de modelação da primeira ferramenta, momento em que o ser humano não utiliza apenas algo que está ao seu alcance, mas sim projeta e materializa algo para atingir a finalidade pretendida - uma rocha de sílex que permite raspar e cortar, aprimorada pelo homem. Este é o primeiro avanço tecnológico datado na história da humanidade, desde então seguiram-se inúmeras invenções e inovações, a manipulação do fogo, a roda, o tear, os moinhos de vento, até chegarmos aos dias de hoje, em que tudo o que temos à nossa volta teve de ser inventado e, a certa altura foi ou ainda é considerado uma inovação tecnológica (Karasinski, 2013).

Foi a invenção do primeiro computador que desencadeou a revolução digital, dando origem ao poder computacional que temos hoje em dia e que atualmente processa todos os dados da população mundial, contudo, esta é uma história recente. Apenas há algumas décadas é que estes aparelhos fazem parte do nosso quotidiano, no entanto, ainda hoje a maioria dos seres humanos quase não faz ideia do quão potente é o computador que carrega no bolso (Alves, 2014).

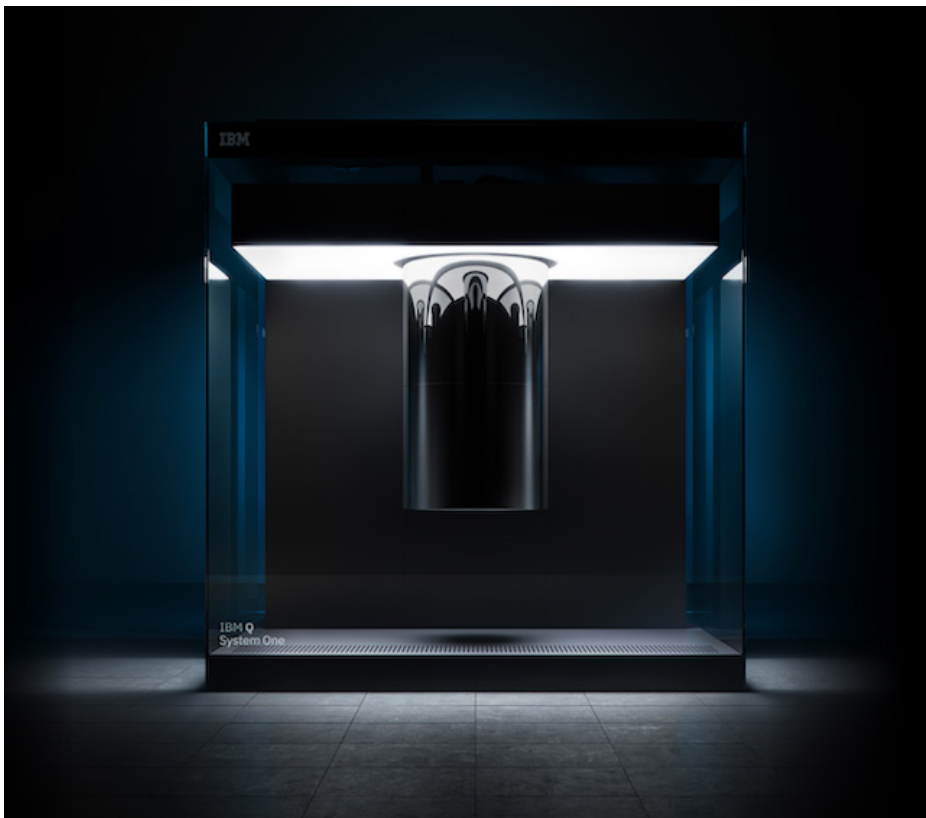
Nada melhor para expor a evolução das máquinas computacionais que a história dos transístores. Vejamos um transístor como uma espécie de portão, esse portão apenas pode estar fechado ou aberto. A eletricidade são elétrons a mover-se de um ponto para o outro, sendo o transístor um interruptor que permite ou bloqueia a passagem dos mesmos. Atualmente, o tamanho mais comum para um transístor é de 14 nanómetros, o que - para podermos ter uma ideia de dimensão - é 500 vezes menor do que um glóbulo vermelho presente no nosso sangue (Kurzgesagt, 2020). À medida que os transístores atingem tamanhos de alguns átomos verificamos que atingimos o limite do que é fisicamente possível para a nossa nanotecnologia.

Cientistas e programadores que trabalham a esta escala microscópica tem testemunhado um fenómeno ao qual chamaram de Quantum Tunneling, que na sua génese, consiste na capacidade que um átomo tem de viajar através de uma barreira física (Krämer, 2020). Por esta razão os transístores não deverão ficar menores do que aquilo que são atualmente, visto que o “portão” não tem capacidade de conter os átomos elétricos.

A evolução da nanotecnologia põe, assim, fim às previsões de Gordon Moore, que no ano de 1965 publica o artigo “*Cramming more components onto integrated circuits*” na revista Electronics Magazine, em que prevê um futuro brilhante para a indústria da computação através da análise da evolução do número de transístores que cabem num circuito integrado.

Ele antecipou um crescimento exponencial a cada ano, observação esta que ficou conhecida como a “lei de Moore” que nos diz que a cada ano que passa é possível conter o dobro dos transistores ocupando o mesmo espaço no circuito integrado (**Moore, 1965**). Segundo Moore (**1965**), à medida que isso acontecia, o preço dessa mesma tecnologia sofreria um decréscimo.

Estas considerações, foram durante muito tempo basilares para o entendimento da tecnologia, mas não poderão continuar a ser usadas, uma vez que, com a evolução da mesma, deixarão de se conseguir aplicar (como foi referido em cima), e tornar-se-ão obsoletas face à tecnologia do futuro (**Lori et al., 2020**).



IBM Quantum Computing  
O primeiro computador  
quântico.

Fig. 4



IBM Quantum Computing  
O primeiro computador  
quântico.

Fig. 5

Atualmente quando se fala sobre tecnologia, a maioria das pessoas associa tecnologia a Tecnologia da Informação, no entanto, a tecnologia é muito mais que isso.

A International Business Machines Corporation (IBM) está agora a explorar o desconhecido ao direcionar o foco dos seus estudos para o desenvolvimento de tecnologia quântica, mais concretamente, de um computador quântico (**"IBM | Quantum Computing", 2020**). É extremamente complexo explicar a arquitetura destes computadores, enquanto a computação atual utiliza o sistema binário (específicas combinações de 0 e 1), a computação quântica utiliza superposição. Para melhor compreensão do que é superposição, temos o exemplo de uma moeda. Na computação atual rodamos a moeda sobre uma mesa e no final obtemos cara ou coroa (0 ou 1), na computação quântica o estado de superposição diz-nos que a moeda está em constante rotação podendo ser cara e coroa ao mesmo tempo (0 e 1 em simultâneo), até ao momento da sua leitura. A computação atual utiliza impulsos elétricos traduzidos em bits (0 e 1), a computação quântica utiliza átomos num estado de superposição ao qual dão o nome de Qubit. Isto gera um poder computacional nunca experienciado, permitindo a estas máquinas realizar tarefas que nenhum computador tradicional tem a capacidade fazer (**Gershon, 2018 ; Gil, 2020**).

Os computadores quânticos estão apenas numa fase inicial de descoberta e desenvolvimento, caminhando para o desconhecido, suscitando curiosidade ao ser humano e revelando que esta tecnologia tem capacidades ainda desconhecidas: podendo responder a questões fundamentais como a origem do universo e eventualmente tornando o computador tradicional um objeto obsoleto (**Kurzgesagt, 2020**).

### 3.2 AUGMENTED REALITY (AR)

Sendo a Augmented Reality (AR) uma importante temática e de grande foco na presente tese, torna-se relevante aprofundar o conhecimento sobre esta tecnologia e as suas possibilidades. A AR é muitas vezes citada em conjunto com Virtual Reality (VR), visto que ambas as tecnologias surgiram relativamente em simultâneo e é comum existirem algumas dúvidas em relação às diferenças entre as duas.

A Realidade Virtual oferece a capacidade de representar experiências em ambientes da vida real, assim como, simulações virtuais transportando o utilizador para um lugar irreal gerado por computador, desligando-o de tudo o que o rodeia. Em 1957, Morton Heilig criou a primeira máquina de simulação de sensações chamada de “sensorama” (Fig.6) que representa simulações de imagens em 3D acompanhadas por vento, cheiro e som, sendo a primeira experiência relevante no campo da Realidade Virtual, dando a Morton Heilig o título de “pai da VR” (Markos, 2020).



Sensorama, Markos  
Experiência pioneira de  
realidade virtual.

Fig. 6

Quatro anos mais tarde, em 1961, Philco Corp desenvolveu o primeiro dispositivo 'Head Mounted Display' (HMD), que consiste num capacete com um ecrã de visualização. Embora não se tratasse de Realidade Virtual, este foi o primeiro passo para evolução do VR . Com a evolução da tecnologia vários dispositivos foram desenvolvidos para o uso comercial, contudo, o alto preço destes equipamentos e a baixa qualidade de visualização tornaram-se uma barreira para a adoção desta tecnologia. Após vários anos adormecida, esta tecnologia vê-se a acordar com a sua implementação na indústria dos jogos digitais, onde as empresas do setor encontraram grande utilidade no desenvolvimento dos seus produtos, cativando o consumidor a adquirir e experimentar estas novas experiências imersivas (You et al., 2020; Wohlgenannt et al., 2020).

É esperado que o número de empresas a adotar tecnologias de AR, MR e VR cresça, as mais vastas áreas como a da saúde, educação e setor industrial já o fazem como modo de preparação e formação dos seus trabalhadores, tendo como exemplo empresas como Volkswagen e IKEA (Future Business Insights, 2020).

Oculus Rift  
Exemplo de dispositivo  
que incorpora realidade  
virtual na atualidade.

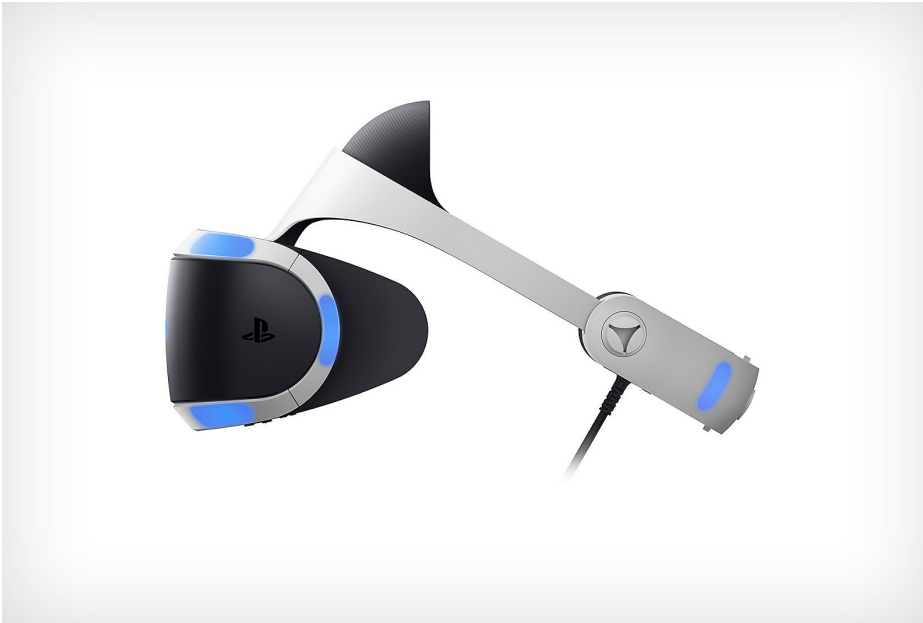
Fig. 7



Valve Index  
Ecossistema que envolve  
um ex. de dispositivo de  
realidade virtual hoje em dia.

Fig. 8





Playstation VR  
Dispositivo de realidade  
virtual mais popular na  
atualidade.

**Fig. 9**

Dispositivos como o Playstation VR (Fig. 9), Oculus Rift (Fig. 7), e Valve Index (Fig. 8) são atualmente os mais populares e atrativos no que diz respeito a HMD de Realidade Virtual.

O que é, no entanto, Realidade Aumentada?

Em contraste com a VR, a Augmented Reality (AR) é uma experiência interativa que realiza a sobreposição de elementos virtuais sobre o mundo físico, através de meios digitais. Em 1968 surge o primeiro HMD de Realidade Aumentada, que possuía monitorização de movimentos e permitia ao utilizador visualizar um cubo virtual em três dimensões de diferentes ângulos e perspetivas (Boas, 2020). Esta tecnologia foi sendo explorada até aos dias de hoje em diferentes aplicações e dispositivos como podemos ver na Fig. 10.

### APPS E DEVICES

Embora esta tecnologia tenha quase 50 anos de existência, está longe de estar aprimorada. É ainda muito recente a implementação desta no mercado acessível ao consumidor. Em 2013 a Google lançou o Google Glass, um dispositivo de Realidade Aumentada que tinha como intuito conectar o utilizador com a internet permitindo-o obter informações básicas, tais como pesquisas Google e direções do Google maps, enviar mensagens, etc., e ainda permitia a captura de foto e vídeo (**"Project Glass: Live Demo At Google I/O", 2020**). Contudo, estes não tiveram grande aceitação. O design sempre foi importante para a tecnologia e para a sua aceitação pelo público, ao que acresce tratar-se de algo que é usado na cara, tornando-o extremamente difícil de agradar a um público abrangente. Esta primeira visão da Google para o Google Glass foi demasiado arrojada ao nível do design, com vários comentários negativos por parte da comunidade em geral. O conjunto de um pobre design aliado ao baixo nível de interação e experiência pouco aditiva, fez com que este não tenha sido bem-aceite pelos consumidores (**"Google Glass Explorer Edition: Explained!", 2020**).

Depois desta abordagem sem grande sucesso, a Google redirecionou os seus dispositivos para um uso profissional e lançou então o Glass Enterprise Edition que já conta com a segunda geração. Abordagem esta que viu um futuro mais risonho em setores como o da indústria, medicina, logística e educação, onde recentemente lançaram uma nova versão (**"Glass", 2020**).

*“People wearing Google’s glasses are transported to a strange new world in which the Internet is always in their line of sight. But for people looking at the people wearing those glasses, the view is even stranger – someone wearing a computer processor, a battery and a tiny screen on her face.”*

(Miller, 2013, para, 1).

Em 2030 a IDTechEx estima que a área da VR, AR e Mixed Reality (MR) tenha um valor de mercado avaliado em 30 mil milhões de euros, algo também impulsionado pela pandemia Covid-19 que motivou o crescimento destas tecnologias e da sua aplicação que expandiram conforme crescia a necessidade de trabalho remoto ou interação entre profissionais sem a possibilidade de presença física (Coles, 2020).

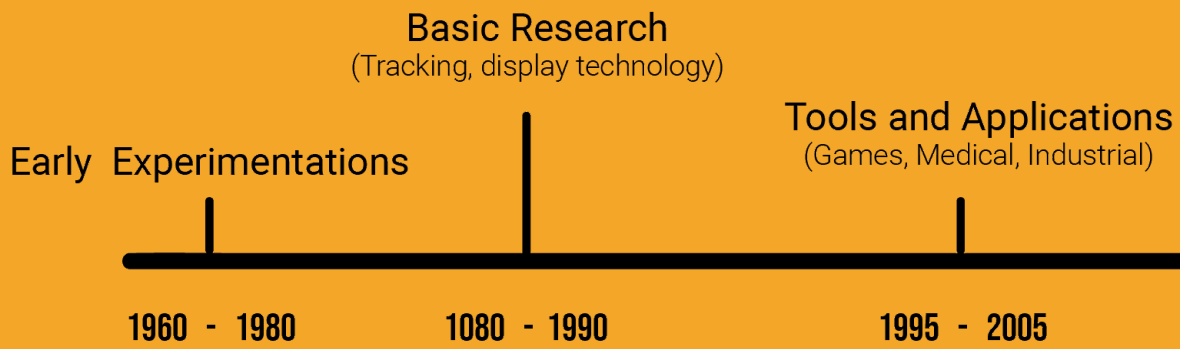
No entanto, esse crescimento foi despoletado em 2016 quando a empresa Niantic lançou o jogo de telemóvel que veio introduzir a AR de uma maneira mais massificada na vida dos utilizadores de tecnologias: o Pokémon Go. Alguns meses mais tarde, o Pokémon GO já havia sido descarregado 650 milhões de vezes e com ele a Realidade Aumentada chegou globalmente aos consumidores. Este jogo posiciona as criaturas virtuais no mundo real utilizando o Global Positioning System (GPS), onde através da câmara do dispositivo móvel o jogador pode ver a criatura no seu mundo, e mesmo a sua frente interagir com ela. Este jogo foi revolucionário e alvo de muita atenção pelos média que se referia ao fenómeno como “A febre mundial do novo jogo para o telemóvel” (“SIC Notícias”, 2016), que durante meses levou as pessoas a correr de lado para lado a tentar encontrar “pokémons” (“Niantic”, 2017; Paavilainen et al., 2017).

Várias aplicações similares seguiram-se. A Apple e a Google estão a investir esforços para incentivar os programadores a criar conteúdo cada vez mais aprimorado em torno desta tecnologia. ARCore é o software de desenvolvimento de AR/MR proposto pela Google, que o disponibiliza em open source para que sejam desenvolvidas aplicações para o sistema operativo android baseadas em interações AR (“ARCore”, 2020). A Apple possui também uma plataforma similar, a qual chama ARKit (“Augmented Reality - Apple Developer”, 2020), onde é possível medir com exatidão uma sala, um objeto e a altura de uma pessoa através da câmara do nosso dispositivo (“Measure app”, 2020), ou ainda, visualizar qual a cadeira que melhor se enquadra na decoração da casa (“Aplicações móveis”, 2020). Tecnologia que podemos encontrar até nas mais comuns conversas de vídeo com a aplicação de filtros, maquilhagens virtuais, diferentes fundos, etc., criando uma simbiose entre o que é real e o que é virtual (“How Augmented Reality Improves Video Calls”, 2020).

Desde jogos a aplicações utilitárias, as apps que utilizam Realidade Aumentada são cada vez mais comuns e a tendência é para serem utilizadas com maior frequência, uma vez que, também o software dos dispositivos caminha para a otimização dessas aplicações. Tendo como exemplo o novo iPad Pro, onde um dos destaques da última versão - 2020 - é a implementação no dispositivo do scanner LIDAR, uma tecnologia que vem revolucionar o mapeamento de espaços, scanner de objetos e implementação de elementos de realidade aumentada num espaço. Esta permite uma aplicação de objetos virtuais mais rigorosa e com grande precisão ao nível da perspetiva e da profundidade nunca vista num dispositivo móvel.

Na apresentação do novo iPad Pro 2020 é ressaltado o esforço da Apple direcionado para esta tecnologia, “It has pro cameras that can transform reality.” A marca introduz assim a possibilidade holística de que a partir de agora será possível utilizar o dispositivo para sobrepor à realidade existente outras realidades virtualmente geradas, tornando assim o AR disponível para o consumidor de uma maneira mais confiável e credível (“iPad Pro”, 2020).

## Timeline da Realidade Aumentada



**First Commercial applications**  
(Games, Medical, Industrial)

**Smart Glasses on the rise**  
(BT-200, Glass)

**Spatial Computing takes off**  
(Hololens/ Magic Leap)

2005 -

2011 - 2015

2016 -

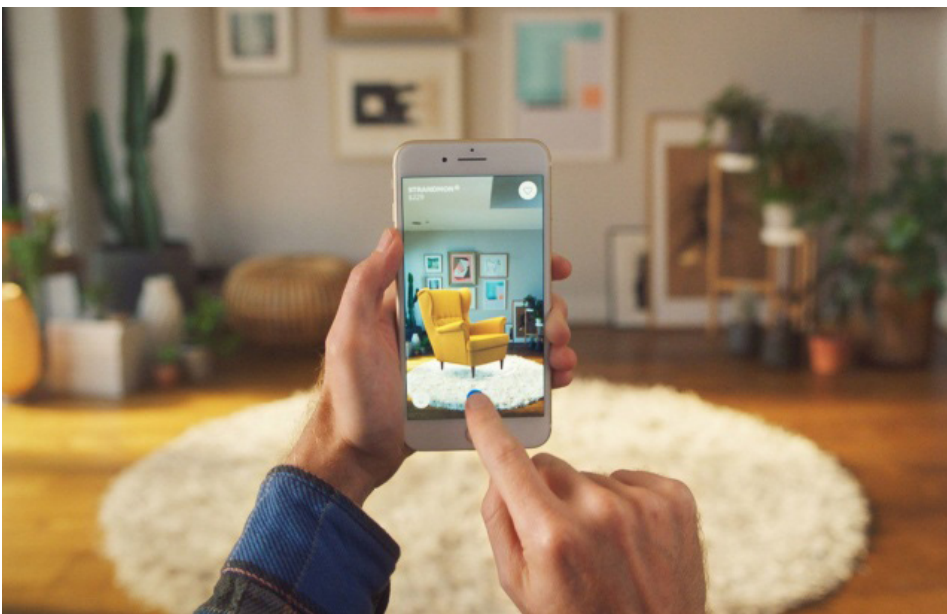
**Fig. 10**

Timeline AR/MR  
Evolução da Realidade Aumentada e Realidade Mista até aos dias de hoje.



PokemonGO, Game Spot  
Aplicação responsável  
pelo uso massificado da  
Realidade Aumentada.

Fig. 11



IKEA Place  
Um dos exemplos mais  
conhecidos do uso popular  
de Realidade Aumentada.

Fig. 12

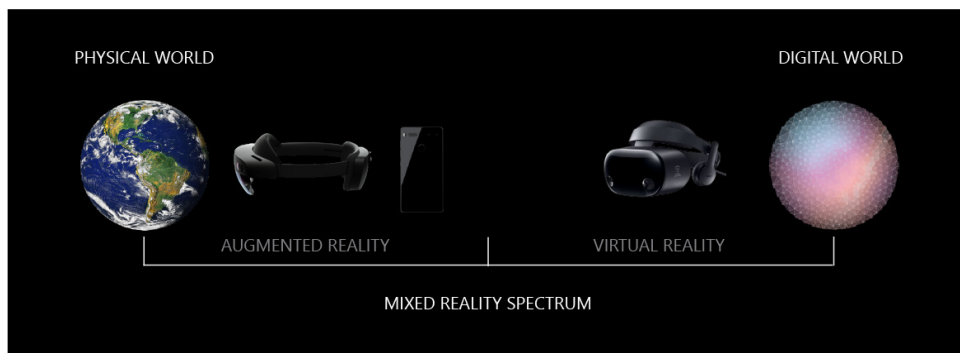
A Mixed Reality (MR) é outra variante deste tipo de tecnologias, a AR sobrepõe o digital sobre o mundo real, a VR substitui o mundo real pelo virtual, a MR adiciona conteúdo digital que interage com o ambiente real, criando uma simbiose entre AR e VR (Bary, 2020).

Com a implementação da indústria 4.0, tudo se torna mais digital e interligado, a Realidade Aumentada (AR), a Realidade Virtual (VR) e a Realidade Mista (MR) são tecnologias que irão contribuir para um futuro desta mesma digitalização. Estas três tecnologias oferecem mais-valias no que diz respeito a capacidades de treino dos profissionais, instruções de montagem, manutenção de equipamentos, controlo de qualidade, verificação de segurança entre muitas outras aplicações possíveis.

Numa indústria inteligente (4.0), todos os elementos de uma fábrica estão em constante conexão com o objetivo de otimizar e informar o humano do estado do processo produtivo. A utilização da AR irá facilitar a colaboração e o contacto entre o humano e o sistema de produção (Masood & Egger, 2020).

Mixed Reality spectrum  
Definição visual do que é a  
Realidade Mista

Fig. 13



A Microsoft já conta com a segunda versão do HoloLens, uns óculos de Realidade Aumentada/ Realidade Mista com um computador incorporado, Head Mounted Display (HMD), tudo isto ergonomicamente aplicado na cabeça do utilizador. O sistema de visualização destina-se ao uso profissional e educativo que, através de AR projeta hologramas que comunicam a informação ao utilizador.

Empresas como a Toyota, Volvo, Mercedes-Benz, DHL, NASA, Airbus entre outras conceituadas multinacionais, utilizam este tipo de dispositivos como forma de apoiar ou melhorar o processo de desenvolvimento, ou produção (**"Microsoft HoloLens", 2020**). Dados apontados pela Microsoft indicam melhorias que chegam aos 30% em relação ao tempo de montagem otimizado, 85% de redução de tempo de formação de novos operários e 95% de melhoria em serviços de reparação (**"What can HoloLens 2 do?", 2020**).

HoloLens2, Microsoft  
Exemplo de aplicação  
de um dispositivo de  
Realidade Aumentada na  
indústria de modo a mel-  
horar a sua performance.

Fig. 14



Apesar de existirem outros dispositivos semelhantes ao HoloLens no mercado - como o Magic Leap (**"Magic Leap", 2020**) ou o Vuzix (**"Vuzix", 2020**) - este é apontado como o mais promissor. Embora seja algo ainda recente, uma vez que este dispositivo apenas chegou ao mercado português em 2020, tal como a muitos outros países da Europa (**"HoloLens 2", 2020**). Nos próximos 5 anos estima-se uma transformação na indústria à medida que esta venha a adotar tecnologias AR e MR que irão permitir reunir informações em

tempo real, melhorar a manutenção de serviços, projetar e visualizar em 3D, reunir remotamente, entre outras aplicações ainda por explorar (“SAPO 24”, 2020).

A empresa Trimble é uma desenvolvedora de tecnologia que tem como foco do seu trabalho setores como o da agricultura, transporte, engenharia geoespacial e construção. No setor da construção esta adaptou o dispositivo Hololens a um capacete de proteção, que tem como objectivo, implementar a visualização de modelos 3D do edifício, sobrepostos na obra real, através de um dispositivo Hololens 2, recorrendo a AR, para otimizar os processos produtivos da construção, organizar recursos, minimizar erros e diminuir o tempo de construção (Rogers, 2019 ;“Trimble Connected Construction”, 2020).

É esperado que o resultado do desenvolvimento do projeto de tese venha a apresentar vantagens em relação a este dispositivo, tendo sido identificadas falhas ao nível da preparação para o ambiente adverso do espaço de obra.



Trimble Connected Construction. Aplicação de Realidade Aumentada na Construção para leitura de projetos BIM.

Fig. 15

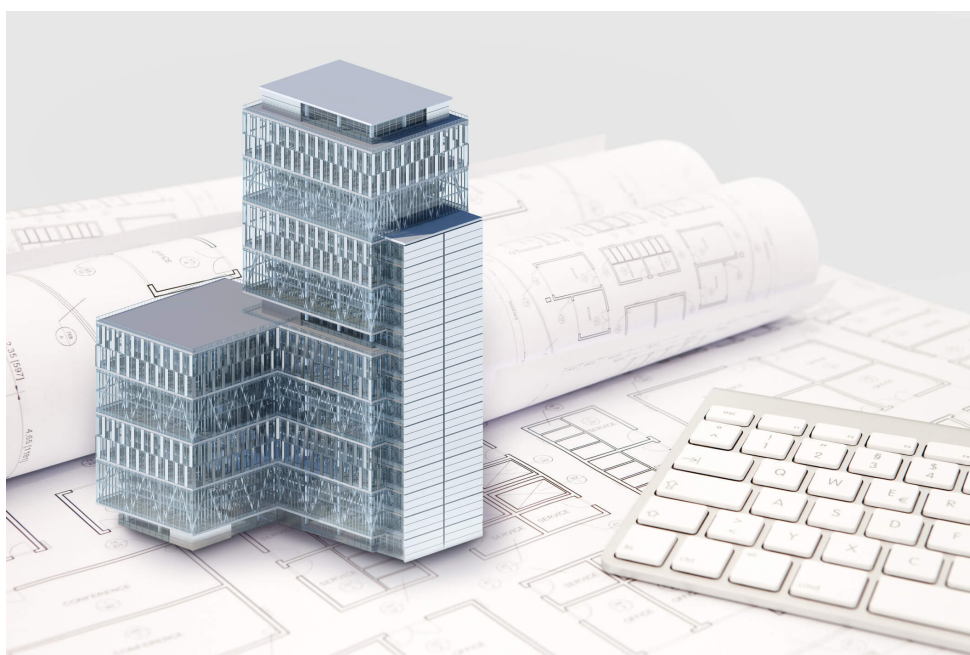
A utilização desta tecnologia atualmente depende de muitos fatores tais como a velocidade da internet. Os modelos digitais da obra requerem grandes movimentos de dados para serem carregados por estes dispositivos, o que, com a implementação da quinta geração de internet (5G), esse processo será otimizado. Esta tecnologia aliada a outras que serão aprofundadas na presente tese, tais como Internet of Things (IoT), Machine Learning, Big Data, Building Information Modeling (BIM) irá proporcionar ao setor industrial a digitalização que este precisa para acompanhar as outras indústrias. Aplicando estas tecnologias à segurança na construção será possível monitorizar os EPI e EPC na sua utilização e aplicação, identificação de perigos, educação e treino dos colaboradores e também nas instruções e inspeções de segurança, contribuindo assim para a diminuição dos acidentes relacionados com a construção (Chen et al., 2020 ; Xiao et al., 2018).

A realidade aumentada é explorada com o recurso a estes novos dispositivos de visualização 3D, contudo ainda existe muito espaço para melhoria na sua aplicação na área industrial e de coworking virtual (Lee, 2019). Para um uso mais massificado e numa primeira instância, espera-se a aplicação desta tecnologia através dos dispositivos móveis existentes, usando como recurso apps que procuram implementar, moldar e massificar esta

tecnologia junto dos consumidores. Apenas quando a tecnologia relacionada aos óculos de Realidade Aumentada se encontrar mais madura será possível uma migração da mesma que permita o lançamento de um produto eficiente que responda às necessidades dos consumidores com esse aspecto formal (**Heshamat, 2019; Werner, 2017**).

### 3.3 BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)

Nas últimas décadas a indústria da construção tem sofrido transformações ao nível tecnológico com a implementação de vários produtos, sistemas e softwares que auxiliam uma edificação mais eficaz do processo de construção. Um dos avanços mais nítidos da tecnologia da construção está no surgimento do BIM, que revolucionou a forma como um projeto é pensado, desenvolvido e executado. No final da década de 70 e início da década de 80, surgiu a modelação paramétrica inventada pelo Rhino, um software de desenho 3D que surgiu do AutoCAD. Este tipo de desenho em três dimensões ofereceu a vantagem de se poder editar e refazer os parâmetros e dimensões sem a necessidade de refazer o modelo, sempre que necessário alterar a sua forma, economizando tempo (Fu, 2018). Esta é uma das fundações que veio dar origem ao BIM, tendo este um crescimento exponencial no seu desenvolvimento nas décadas seguintes. No entanto, é no ano de 2000 que esta tecnologia começa a ser realmente implementada em projetos de arquitetura, engenharia e construção (Azhar, Khalfan, Maqsood, 2012). Atualmente, na indústria da construção todos os projetos de grande dimensão recorrem de forma geral a esta tecnologia, enquanto os tradicionais projetos em papel ainda são utilizados por empresas sem capacidade financeira para aportar tal investimento ou cuja as dimensões dos projetos não justificam a realização da modelação da informação (Chan et al., 2016).



BIM, Hard  
Com o BIM a visualização dos projetos deixa de ser feita em 2D e passa a ser feita em 3D.

Fig. 16

O que é o BIM ? *“Building Information Modeling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition”* (National BIM Standard - United States, 2019, para, 2). BIM na língua portuguesa significa Modelo de Informação do Edifício, como o nome

indica na sua gênese, consiste num modelo digital em três dimensões (3D) que contém todas as informações sobre o edifício ou infraestrutura. Desde o plano inicial, passando por todas as fases do processo de construção, até chegar à demolição da obra, o modelo digital é uma ferramenta importantíssima no desenvolvimento seguro e eficaz do projeto, permanecendo relevante mesmo depois da sua finalização. O modelo 3D torna-se uma diretriz que permite analisar toda a estrutura facilitando a identificação espacial de possíveis avarias ou fugas, ajudando os técnicos de manutenção e reparo, visto que o modelo revela a informação exata de onde se situam os elementos a serem reparados. O BIM é também uma ferramenta importante no que toca aos mais variados cálculos, quer de engenharia, quer de análise de custos, quer de análise de segurança ou até simulações de desastres naturais. Cálculos estes que assumem um papel fulcral na avaliação prévia de um edifício muito antes de as fundações serem iniciadas, podendo assim eliminar erros futuros (**Construction Industry Council, 2014**).

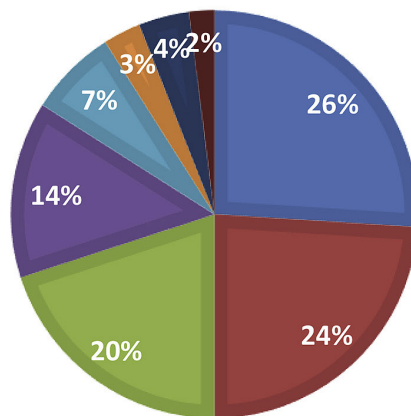
O sistema BIM permite ainda, a análise de dados relacionados com a segurança e estabilidade do edifício em questão, contudo, a modelação de informação pode ir mais longe no que diz respeito à segurança, e, atualmente está a ser desenvolvido um novo conceito: Safety Information Modelling (SIM), baseado nos alicerces BIM, mas com o foco direcionado para a gestão e automação da segurança. De acordo com **Chan, et al. (2016)** no artigo *'How can BIM support Construction Safety Management? Development of SIM'*, *"the implementation of BIM on construction site safety is still limited (manual safety checking based on 4D visualization of construction process). There is a lack of a BIM-based, automatic construction site safety management system."* (**p.3**). Assim, é revelada a necessidade e pertinência de desenvolvimento de um sistema BIM-based direcionado para o controlo e gestão de todos os fatores que agregam a segurança no local de trabalho. As inspeções de segurança poderiam ser efetuadas com o recurso a este software que aliado à área da realidade aumentada (AR) possibilita a mais ampla utilização do BIM onde poderia conter todos os aspetos essenciais para a segurança assim como EPI (Equipamento de Proteção Individual) e EPC (Equipamento de Proteção Coletiva), associando o SIM ao desenvolvimento de um dispositivo móvel que suporte esta tecnologia. Como abonação, temos o HoloLens da Microsoft (**Microsoft HoloLens 2, n.d**), onde os dados do modelo seriam projetados no local exato com a ajuda de sistemas de localização geográfica que o dispositivo contém, reduzindo assim os acidentes nesta área tornando a construção menos drástica em relação à sua situação atual.

BIM é um projeto virtual que reúne todas as informações e sistemas sobre o edifício. Desde o mais básico ao mais avançado tudo está contido num só lugar. Um elemento fulcral para o sucesso de um projeto BIM-based é a comunicação e colaboração entre as partes interessadas para que essa informação seja reunida. Apesar de todas as vantagens que este sistema acrescenta ao nível de economizar tempo e recursos financeiros, ainda prevalecem algumas contrariedades. Na medida em que todos stakeholders podem adicionar informação ao modelo, a possibilidade de ser introduzida informação de um modo errado aumenta, o que obriga a necessidade de várias auditorias para certificar que a fiabilidade do projeto não é comprometida (**Azhar, Khalfan, Maqsood, 2012**).

### 3.4 INTERNET OF THINGS (IOT)

Vivemos num mundo digital onde tudo é inteligente, tudo está interligado, permitindo que em 2020 objetos inanimados comuniquem entre si, estes ao possuírem esta tecnologia são equipados com vários sensores que coletam dados sobre as mais variadas e vastas categorias. Dados esses que são enviados para plataformas IoT e posteriormente processados para assim ser recolhida informação 'valiosa' com o intuito de melhorar a experiência do utilizador, possibilitar automação, aumentar a eficiência, entre outras vantagens.

■ Smart Cities      ■ Industrial IoT      ■ Connected Health      ■ Smart Homes  
■ Connected Cars      ■ Wearables      ■ Smart Utilities      ■ Others



IoT technologies for different applications.  
Atual aplicação da internet das coisas.

Fig. 17

Esta tecnologia está presente em diversas áreas. Atualmente o sector da saúde, casas inteligentes e o sector industrial são os mais fortes no que diz respeito ao mercado da IoT (Fig.17).

Através desta tecnologia é possível monitorizar vários aspetos relacionados com a nossa saúde, o exemplo mais prático e conhecido são as funcionalidades do Apple Watch. Este deixou de ser apenas um relógio para se tornar em muita coisa em simultâneo - um assistente médico é uma delas. Este dispositivo recolhe dados sobre a saúde do utilizador e monitoriza constantemente o ritmo cardíaco, notificando-o se algo de invulgar estiver a acontecer. Possui também um modo de reconhecimento de queda, pedindo ajuda se detetar que o utilizador está inanimado, enviando um pedido de socorro detalhado com localização e dados do paciente (**"Healthcare - Apple Watch", 2020**). Isto só é possível devido à conectividade de dados entre dispositivos.

As casas também estão cada vez mais inteligentes, sendo possível monitorizar quase tudo numa habitação, transmitindo ao utilizador vários dados, tais como: consumos energéticos e hídricos, gestão de eletrodomésticos, controlar sistemas de segurança, etc. As aplicações são imensas, deixando o utilizador à distância de um toque no ecrã do seu telemóvel para assim monitorizar toda a sua casa (**"Casa inteligente com dispositivos IoT", 2020**). Mas esta digitalização está longe de ficar pelos locais de habitação. O sector industrial caminha em grande velocidade para a

implementação da indústria 4.0, que já é considerada a quarta revolução industrial. Uma era digital em que tudo está conectado numa simbiose entre o digital e o real. Uma rede de informação em constante conexão. Uma interoperabilidade que só é possível com a implementação da Internet of Things.

O sector da indústria representa atualmente 24% da utilização da IoT, mas, assim que a quinta geração de internet (5G) for implementada haverá maior velocidade de conexão entre “coisas” prevendo o aumento de dispositivos conectados e conseqüentemente uma maior otimização de processos de produção industrial (Nizetić et al., 2020). Prevê-se que nos próximos 10 anos existam cerca de 125 bilhões de dispositivos IoT, isto significa que tudo estará conectado e tudo comunicará entre si, gerando dados numa quantidade tão cósmica que é impossível para o ser humano processar. O Big Data é assim utilizado para caracterizar os dados resultantes dos dispositivos IoT em grande escala. Estes são processados através de Cloud Computing, sendo depois apresentados os aspetos importantes ao utilizador (Nizetić et al., 2019). Este sistema tem vindo a revelar preocupações que devem ser tidas em conta. A segurança e a privacidade. Toda a informação da indústria estará digitalizada e conseqüentemente será de mais fácil acesso para aqueles que a pretendam obter de maneiras ilícitas e para fins pouco ‘sérios’ tornando este aspeto - a segurança dos arquivos Big Data - num dos maiores desafios do futuro da IoT na indústria 4.0 (“Indústria 4.0: Conceito, Impacto e Desafios [2020]”, 2020).

A questão da proteção de dados é um tema muito controverso e muito debatido nos dias que correm - muito devido ao rápido surgimento e avanço destas tecnologias - coisa que o sistema normativo e legislativo não consegue acompanhar, deixando assim em muitos países um vazio legal no que diz respeito à IoT. Quais os dados aos quais as empresas fornecedoras de um produto têm acesso? Será legal a forma como as empresas podem monitorizar todos os nossos passos, ver e ouvir tudo o que fazemos e dizemos? Estas preocupações, que têm vindo a ser expostas com o passar dos anos, os ditos ‘perigos da internet’, são agora ainda maiores quando falamos de dispositivos IoT. Estes produtos podem pôr em causa direitos civis expondo a vulnerabilidade dos órgãos políticos sobre problemas para os quais não existe aplicabilidade legislativa, uma vez que, esta nunca foi necessária antes do surgimento deste tipo de tecnologias. Para não referir a complexidade extrema em legislar estas questões, porque na maioria das vezes os dados não são processados nem armazenados no país da sua origem, sendo descritos como fluxo de dados transfronteiriços. No caso de um processo judicial isso leva a várias questões de difícil resposta: qual o regime jurídico a seguir? O do local onde se encontra o dispositivo onde os dados são coletados? Ou no local onde as empresas analisam e armazenam esses mesmos dados? (Rose et al., 2015).

Com falta de alguma rigidez, as empresas e organizações que gerem estes dados encontram sempre maneiras de se salvaguardar juridicamente, alegando que os utilizadores são conhecedores de tudo o que partilham quando, na verdade, não sabem que dados são usados e partilhados, mas continuam a clicar na opção “*li e aceito termos*” quando, na verdade, se lessem não o fariam.

No entanto, estes dispositivos são fulcrais e facilitam a vida do utilizador em inúmeros aspetos e podem continuar a existir e a evoluir para melhoria das condições de vida humana sendo apenas necessário que as organizações governamentais criem leis que protejam realmente o consumidor para que a implementação da IoT seja segura (Rose et al., 2015).

Gradualmente vão surgindo esforços para a implementação da Internet of Things na construção civil, como é o caso do grupo de construtoras do Reino Unido, Laing O’Rourke que em parceria com a empresa MOQdigital

desenvolveu o projeto-piloto da Fig.18, onde inserem tecnologia IoT num capacete de proteção individual com o intuito de garantir a segurança dos trabalhadores e conseguir aumentar a rentabilidade e organização de uma obra.

Este equipamento conta com um conjunto de sensores que medem a frequência cardíaca e a temperatura, possui ainda um acelerómetro para detetar choques ou quedas e também um dispositivo de posicionamento global (GPS) para localizar o trabalhador. Cada capacete está em constante comunicação com um sistema central e quando este deteta uma anormalidade é alertado o encarregado responsável por aquele trabalhador para que seja verificado o seu estado de saúde (Saarinen, 2015).



IoT to hard hat, IoT Hub  
Protótipo funcional da aplicação da IoT na indústria da construção.

Fig. 18

Crescentemente surgem vários tipos de tecnologias e sensores, à semelhança dos utilizados pelo IoT podem tornar estes dispositivos ainda mais completos, seguros e altamente eficientes em vários aspetos. Com a digitalização da construção uma nova era de aparelhos digitais vão entrar no espaço de obra, cabendo ao design o papel de unir a tecnologia e a inovação ao utilizador. Dando forma aos equipamentos tecnológicos, tornando a tecnologia mais eficiente e aplicável, para que o consumidor possa usufruir da mesma sobre a forma do produto final.

### 3.5 5G CONNECTIVITY

Para o ser humano o telemóvel passou a ser um bem de primeira necessidade, é o instrumento que o mantém conectado a tudo e a todos, quer numa vertente social, quer de trabalho. Por consequência, a internet móvel e as redes wireless estão presentes também no seu quotidiano. Na contemporaneidade toda a gente está familiarizada com os termos 3g, 4g, 5g, o “G” significa ‘Geração’ da rede móvel e estamos hoje a entrar nesta que é a quinta geração de rede wireless.

Tudo começa com a geração 0 de dispositivos móveis, que era apelidada de “mobile radio telephone” e que possibilitou ao utilizador realizar chamadas telefónicas wireless de uma maneira ainda muito rudimentar com um muito limitado número de canais disponíveis em dispositivos sem fio. Eram geralmente instalados em carros ou malas de transporte. Esta tecnologia veio ser posteriormente apelidada de 0 G (geração zero) uma vez que eram antecessores da primeira geração de telefones portáteis (1G).

A primeira geração de telemóveis (1G) foi introduzida em 1979 pela operadora nipónica Nippon Telegraph Telephone (NTT), sendo implementada logo de seguida na Europa e Estados Unidos. Esta tecnologia permitia a realização de chamadas de voz, ainda que com baixo nível de fiabilidade, ligações de voz instáveis e sem qualquer garantia de anonimato, em virtude de o sinal ser transmitido de forma analógica através de antenas de rádio que poderia ser facilmente interceptado.

No início dos anos 90 com o surgimento da segunda geração (2G), surge também a era digital, permitindo a segurança e privacidade das conversações móveis, utilizando um sistema de encriptação digital em que apenas o emissor e o recetor têm acesso.

A era digital melhorou drasticamente a qualidade das chamadas de voz, introduzindo o roaming internacional que possibilitou a utilização dos serviços móveis em várias partes do mundo. Ao qual foram adicionados serviços como, troca de mensagens de texto, mensagens de imagem, e serviços de mensagem multimédia (MMS), popularizando assim os telemóveis.

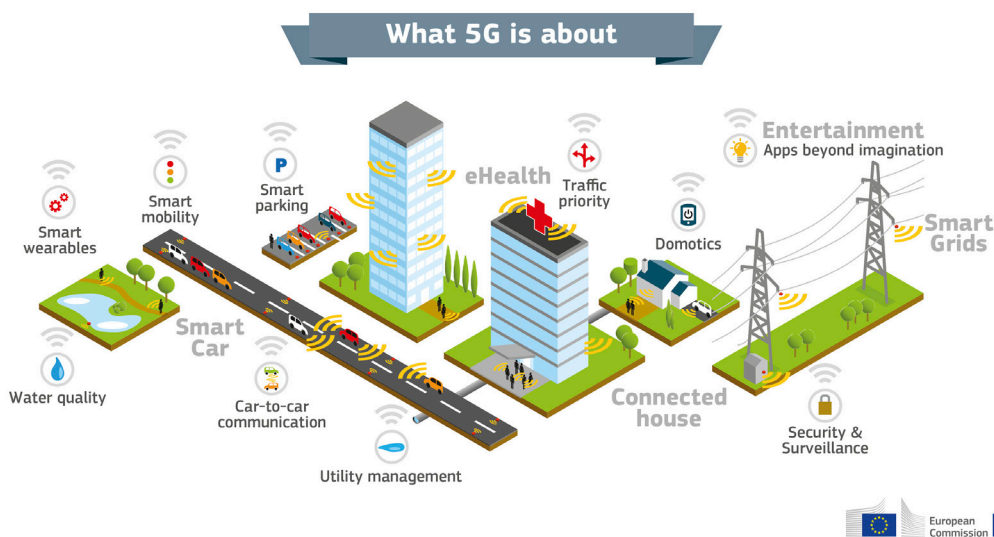


iPhone  
Produto que marcou o 3g.

Fig. 19

A terceira geração (3G) de redes sem fio surge no início dos anos 2000 e para além das chamadas de voz e mensagens de texto, foram implementadas novas e revolucionárias funções, tais como o acesso à internet em qualquer lugar, as chamadas de vídeo, o GPS e - através da tecnologia de IPTV - a possibilidade ver televisão pela internet. O 3G ficou marcado pelo lançamento do primeiro iPhone, que em 2007 revolucionou a forma como interagimos com os dispositivos, até então de teclas analógicas, simplificando a experiência ao toque leve numa superfície envidraçada digital. Renovando também o seu design, tornando-se num ícone, um produto tão bem acolhido que ainda hoje se mantém igual, pequena caixa preta que podemos encontrar nos bolsos de quase todos os seres humanos.

A quarta geração(4G) de internet móvel é inteiramente dedicada à internet de alta velocidade (Meraj et al., 2015).



5G, Comissão Europeia  
Ilustração que demostra as  
possibilidades do 5g.

Fig. 20

## O que é a 5G ?

As rápidas velocidades de upload e download que a rede 4G proporciona ao utilizador foram o destaque e a grande inovação em relação à anterior geração de internet. A 5G, ou seja, a quinta geração de internet, é ansiosamente aguardada entre os consumidores visto que a característica mais evidenciada pelas companhias de telecomunicações é a sua velocidade - até 100 vezes mais rápida - em relação à anterior geração de internet (**"5G vs 4G: what's the difference?"**, 2020).

A velocidade irá permitir ao utilizador descarregar filmes e séries numa questão de segundos, observar streaming em 8k fluidamente, entre muitas outras ações. Navegar no browser será extremamente rápido, na verdade, será mais rápido do que o ser humano consegue perceber, visto que o ser humano demora 250 milissegundos a detetar um estímulo visual enquanto esta tecnologia oferece taxa de resposta (latência) de apenas 1 milissegundo (Brownlee, 2019).

Esta velocidade de conexão móvel é esplêndida para o utilizador, uma das grandes diferenças da tecnologia 5G em comparação com as

restantes tecnologias é que enquanto o 1G, 2G, 3G e 4G tem como o seu eixo o ser humano, a 5G tem como foco o ser humano e as coisas. A sociedade e a indústria beneficiarão desta tecnologia para moldar as suas necessidades futuras, o mundo estará interligado numa simbiose de tecnologia, onde a 5G irá proporcionar a existência de muitos serviços, estando estes categorizados em cinco recursos, sendo eles: omnipresentes, imersivos, inteligentes, públicos e autónomos.

A rede 5G vem responder à necessidade de veloz conexão entre coisas, máquina para máquina (MtM) e máquina para humano (MtH) que a IoT exige. Serviços de Realidade Aumentada, Realidade Virtual e Streaming irão ver o seu crescimento com a implementação da tecnologia 5G visto que será possível o streaming de informação visual dita “pesada” em tempo real, como é o caso dos hologramas - modelos em 3 dimensões extremamente detalhados que não terão tempo de carregamento (Yu et al., 2017).

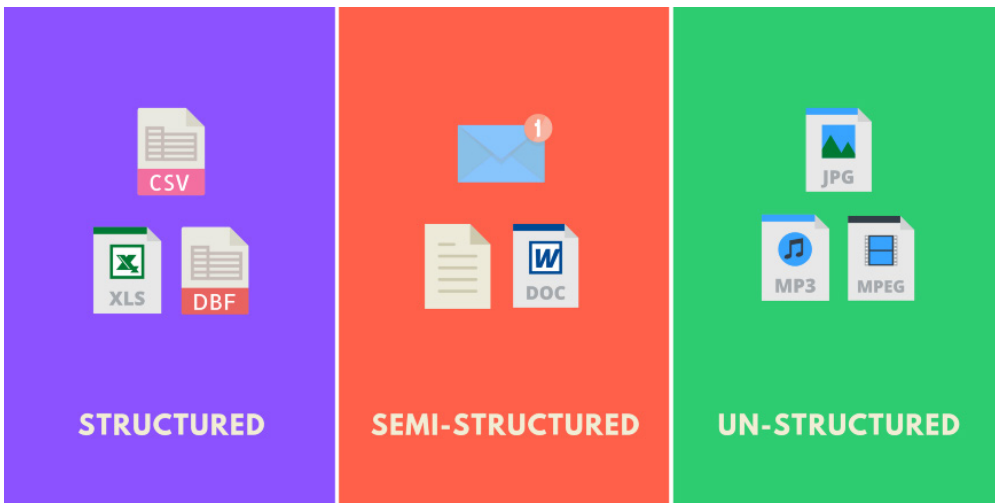
Por fim, o sector da indústria terá um benefício gigantesco com a implementação da quinta geração de internet. A viabilização do já referido Building Information Modeling (BIM) como ferramenta de trabalho efetiva na construção depende destas velocidades para que um projeto virtual 3D, com centenas de gigabytes, esteja presente em dispositivos móveis numa questão de segundos. As velocidades proporcionadas irão permitir firmar e efetivar a indústria 4.0 através do controlo e monitorização total de uma indústria ao segundo (Yu et al., 2017; “Towards 5G”, 2020).

### 3.6 BIG DATA

*“The world’s most valuable resource is no longer oil, but data”*  
(The Economist., 2017, para.1).

Nos tempos que correm é recorrente ouvirmos falar de informação e dados, pois eles são gerados em toda e qualquer ação que efetuamos enquanto utilizadores de dispositivos conectados. Como o jornal “The Economist” aponta num dos seus títulos, os dados são hoje mais valiosos do que o petróleo, conseqüentemente, as empresas tecnológicas são as mais valiosas e lucrativas do mundo, com lucros líquidos de milhares de milhões de dólares trimestralmente (The Economist, 2017).

O termo Big Data é utilizado quando um grande volume de dados não pode ser armazenado e processado recorrendo à computação tradicional (num determinado período de tempo). Contudo, existem várias incorreções em redor do que pode ou não ser chamado de Big Data, por exemplo: quando enviamos um email com o intuito de anexar um ficheiro com tamanho superior a 100 megabytes, não nos é permitido fazer, devido à capacidade de o sistema não estar preparada para responder corretamente quando submetidos ficheiros acima daquele limite. Então, para o e-mail esses 100 megabytes podem ser chamados de Big Data (Shahzan, 2019). Esta informação geralmente é processada, e, numa primeira instância dividida em 3 categorias diferentes, sendo elas Dados Estruturados, Semi Estruturados e Não Estruturados.

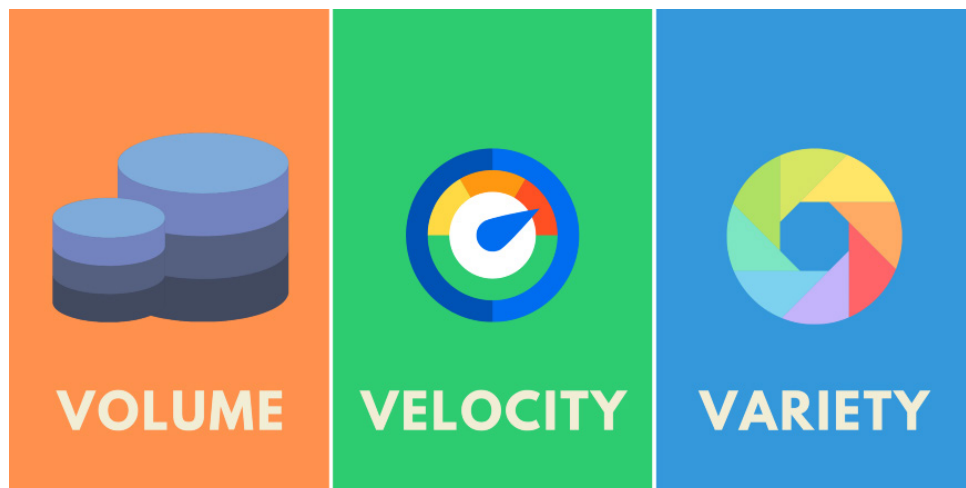


Estruturação de dados,  
Shanzhan

Fig. 21

Os Dados Estruturados assumem uma estrutura organizada, não necessitando de qualquer tipo de processamento, estando prontos para armazenar e disponíveis para consulta. Dados Semi Estruturados podem conter tanto elementos estruturados como não estruturados, obrigando os sistemas de processamento de Big Data a triar e categorizar os mesmos. Os dados Não Estruturados referem-se a dados que carecem de uma estrutura ou categorização, tendo como exemplo prático arquivos de áudio, vídeo ou imagem que têm muita informação adjacente e requerem um maior consumo de tempo e supercomputação para proceder à sua organização (Suthaharan, 2014).

Fig. 22



Na figura 22 - acima representada - estão assinaladas as três categorias importantes do Big Data, o volume refere-se a quantidade de dados que são gerados, a velocidade - como o nome indica - refere-se à velocidade com que esses mesmos dados são gerados, e a variedade refere-se às diferentes estruturas dos dados como assinalado na figura 21 (figura da estruturação de dados) (Suthaharan, 2014).

#### Exemplos práticos:

As redes sociais, mantêm conectadas milhares de milhões de pessoas através das suas plataformas digitais. Estas comunicam através da partilha de conteúdos, sejam eles fotografias, vídeos, opiniões ou comentários. Estas partilhas geram enormes quantidades de dados que convenientemente necessitam de ser analisados para que as empresas encontrem nos comportamentos dos utilizadores dados que revelem os seus interesses, desejos, crenças, etc. Assim, recorrendo a várias tecnologias recolhem, processam, analisam e aplicam os resultados, podendo proporcionar ao utilizador uma experiência personalizada e adequada às suas conveniências (Abkenar et al., 2020). As empresas de cartões de crédito, por exemplo, guardam os dados em tempo real de quando um cartão é utilizado, com o propósito de prever fraudes, fazendo o sistema duvidar quando o cartão é usado de uma maneira não comum para aquele utilizador, ou ainda, se o cartão for utilizado a uma distância muito longa da sua última localização num curto espaço de tempo (James, 2020). Estes são alguns exemplos de como o Big Data pode ser utilizado, no entanto, nos dias que correm existem centenas de aplicações diferentes nos seus propósitos, áreas, etc.

A indústria da construção está apenas agora a entrar na era do Big Data. Quanto mais dispositivos e tecnologias são adicionados ao processo de trabalho, mais dados são gerados, fazendo com que ao longo de um projeto o fluxo de dados inclua desde design, finanças, sensores de equipamentos e maquinarias, fotos, vídeos, a todo o tipo de ficheiros CAD e de visualização 3D, ou seja, dados altamente diversificados com formatos dinâmicos.

A tecnologia BIM (referida anteriormente) é a maior impulsionadora da implementação do Big Data na construção, todas as informações relevantes estão inseridas no ficheiro BIM. Com o Smart Building, o ficheiro BIM é utilizado em conjunto com outros sensores e tecnologias que recolhem informação sobre o mesmo durante toda a sua vida útil, resultando numa massiva quantidade de dados (Ismail et al., 2018).

### 3.7 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (AI)

A área da inteligência artificial é controversa, com o evoluir da tecnologia este tema torna-se cada vez mais popular e amplamente discutido entre a comunidade científica. Não existe uma simples definição para a inteligência artificial (AI), sendo este um campo muito vasto de estudo. Diferentes abordagens têm por vezes diferentes definições, uma das definições mais simples de um sistema inteligente é: processa informações com o objetivo de tomar uma decisão (**Dignum, 2019**).

Na área da ciência computacional o estudo de AI é definido como estudo de agentes inteligentes, onde se incluem quaisquer dispositivos com perceção do ambiente à sua volta ou que processam opções com um objetivo. Este conceito é vulgarmente utilizado quando uma máquina tem a capacidade de imitar funções cognitivas, à semelhança do ser humano, tais como “aprender” ou “resolver problemas”.

As áreas de aplicação da AI são vastas e, no futuro prevê-se que venham a alargar o seu espectro, acompanhando a evolução destes sistemas. Hoje em dia a pesquisa em AI debruça-se sobre o raciocínio, aprendizagem, perceção, comunicação, capacidade de mover e manipular objetos (**Ongsulee, 2017**). Atualmente podemos identificar a presença desta tecnologia em vários objetos e serviços que nos rodeiam, como é o caso da Siri, um assistente pessoal desenvolvido pela Apple que está presente nos smartphones desenvolvidos pela marca e que tem a capacidade de efetuar várias tarefas como enviar mensagens, encontrar informações, adicionar eventos ao nosso calendário, entre outras capacidades. Este sistema utiliza inteligência artificial, nomeadamente o Machine Learning (ML), para se auto aperfeiçoar e entender perguntas e solicitações de maneira mais clara. À semelhança da Siri, existem no mercado outros assistentes de voz que utilizam a mesma tecnologia, a Google e a Amazon possuem as suas próprias versões.

Outras empresas utilizam AI com o intuito de melhorar a experiência do utilizador, como a empresa de streaming Netflix que conta com mais de 100 milhões de subscritores. Através da análise do comportamento do utilizador, ou seja, filmes e séries visualizados, é sugerido títulos semelhantes, o que o visualizador vai gostar, etc., estimulando o interesse dos seus clientes que mantêm a subscrição mensal durante um maior período. Também na indústria automóvel assistimos a um paradigma em que todos os novos veículos já possuem alguma inteligência artificial, com principal objetivo de melhorar a segurança no veículo. Recorrendo a esta tecnologia, surgiram também os primeiros carros autónomos, que a empresa americana Tesla fez com que chegasse ao consumidor comum (**Adams, 2017**).

Um sistema de inteligência artificial pode aprender por conta própria. Tendo como exemplo a DeepMind do Google (**“Deepmind”, 2020**), que tem a habilidade de efetuar conexões e alcançar objetivos sem depender de algoritmos comportamentais predefinidos, melhorando as interações anteriores e tornando-se assim mais inteligente e mais consciente, aprimorando as suas capacidades e o seu conhecimento constantemente.

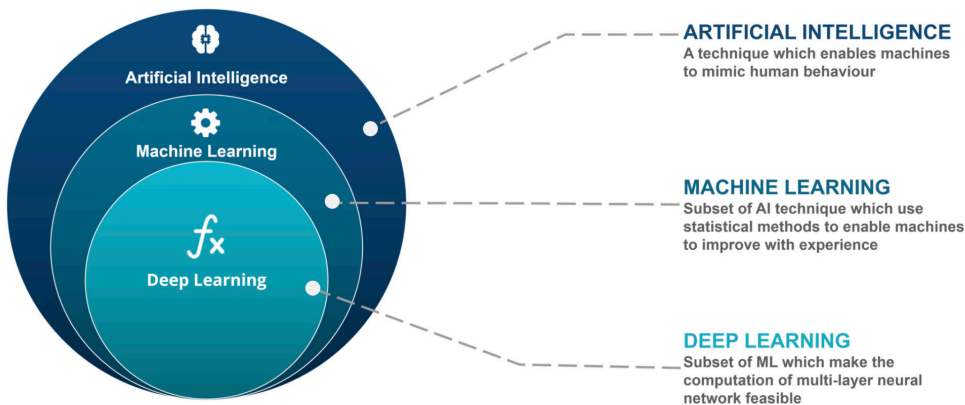
Um ‘apocalipse’ em que as máquinas dominam o ser humano. Esta visão do futuro que tantas vezes é representada pela indústria cinematográfica, ainda está longe de ser possível, no entanto, deixa em aberto um dilema moral do futuro da humanidade. Várias personalidades influentes da área da tecnologia e pesquisadores científicos já se pronunciaram em relação ao avanço preocupante das tecnologias associadas à inteligência artificial. Bill Gates numa entrevista ao canal BBC News, afirma não entender o porquê das pessoas não se preocuparem com o aprimoramento desta tecnologia,

uma vez que, existe a possibilidade de, num extremo, ela ser forte demais para poder ser controlada, dizendo, "*Humans should be worried about the threat posed by artificial intelligence*" (**Bill Gates citado por Rawlinson, 2015, para.1**).

Stephen Hawking, um brilhante cientista britânico, também se pronunciou sobre o assunto. Diagnosticado com Esclerose Lateral Amiotrófica desde 1985, doença que o impede de comunicar naturalmente e que o levou a encontrar alternativa num computador, recorreu a um sistema desenvolvido pela Intel que contém uma base de Inteligência Artificial. Este programa aprende a forma como o cientista pensa e através do Machine Learning (ML) e recorrendo à AI sugere ao computador palavras para que ele possa comunicar claramente (**Rawlinson, 2015**). No decorrer de uma entrevista à BBC News quando abordado sobre o assunto da Inteligência Artificial e sobre a sua convivência com esta tecnologia, o mesmo afirmou: "*The development of full artificial intelligence, could spell the end of the human race*" (**Stephen Hawking, 2014, para. 7**). Estas visões alarmantes merecem a atenção e preocupação dos desenvolvedores desta tecnologia, para que apliquem a mesma de forma ética. Por enquanto a AI não possui a capacidade de autocompreensão, autocontrole, consciência ou motivação, enquanto assim for, e a AI não tiver 'emoções', a tecnologia estará controlada, uma vez que, um dia que isso aconteça, as possibilidades serão imprevisíveis (**Lu et al., 2017**).

### 3.7.1 – MACHINE LEARNING / DEEP LEARNING

*“Machine learning is programming computers to optimize a performance criterion using example data or past experience”*  
 (Alpaydin, 2020, p.3).

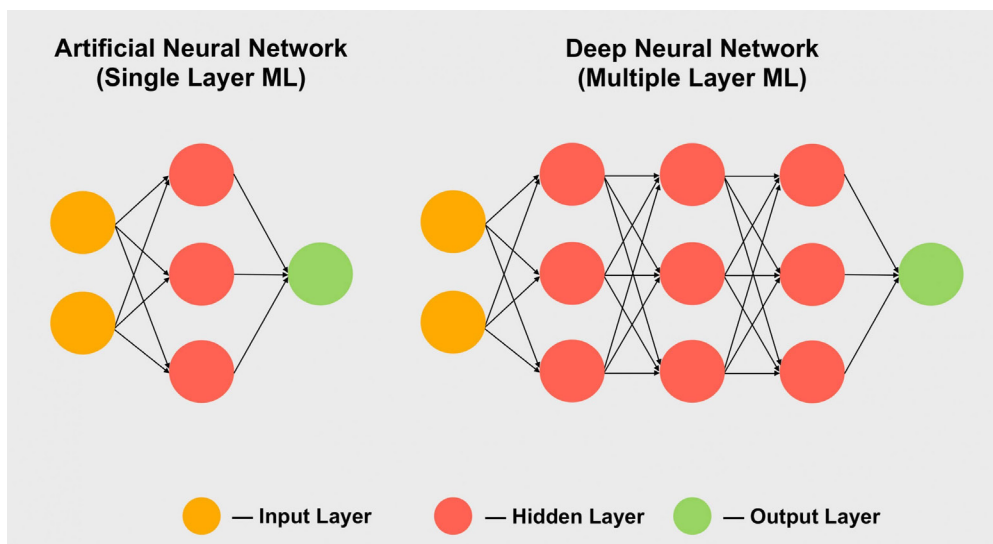


Inteligência Artificial,  
 Techie Visuals

Fig. 23

Como podemos ver na Fig. 23, dentro da AI, podemos encontrar subcategorias: o Machine Learning (ML) e o Deep Learning (DL). Para um melhor entendimento serão expostos exemplos práticos nos quais podemos facilmente entender o que tratam estas tecnologias.

A Plataforma de streaming Spotify é um bom exemplo prático. Ao criamos uma conta de utilizador é nos pedido alguns dados para otimizar a nossa experiência. Neste caso, perguntas sobre quais os géneros musicais que mais gostamos (Input), servem para quando iniciamos a aplicação sejam sugeridas músicas e artistas relacionados com a nossa escolha anterior. O leque de artistas que nos aparece é selecionado com base em experiências passadas de outros utilizadores, ou seja, quem geralmente ouve este género musical ou este artista, sugerindo-o então ao novo utilizador (Output) (Jeffrey, 2020).



Machine Learning/ Deep Learning, Tech Spot

Fig. 24

Os sistemas Deep Learning são complexos layers de sobreposição de análises de ML criando as Deep Neural Network (DNN)- Fig. 24.

Tony Fadell, durante a Ted Talk *"The first secret of great design"* refere uma visão curiosa sobre os termostatos e a sua evolução. Em 1900 surge o aquecimento central e com ele os termostatos que permitem regular a temperatura de uma casa. O design do termostato era simples, uma forma redonda com um ponteiro que direcionamos para uma certa temperatura com um movimento rotativo - um design intuitivo. Mas com a crise da energia na década de 1970, foram introduzidos os termostatos programáveis, que em teoria eram mais económicos, visto que a possibilidade de programar uma certa temperatura para uma determinada hora permitiria uma otimização do consumo energético - pelo menos em teoria. Na prática, o ser humano não consegue prever o futuro, de semana para semana as condições meteorológicas podem mudar, assim como as necessidades dos utilizadores. Os designers reformularam de novo os termostatos, tornando uma interface mais intuitiva e simples, mesmo assim não resultou. Foi então que em substituição da necessidade de programar o termostato, foi introduzido um algoritmo com base no Machine Learning, em que é observada a necessidade de regulação da temperatura numa primeira instância, e, posteriormente como o nome indica, o algoritmo "aprende" e adapta a temperatura com base no registo das necessidades do utilizador (Fadell, 2015).

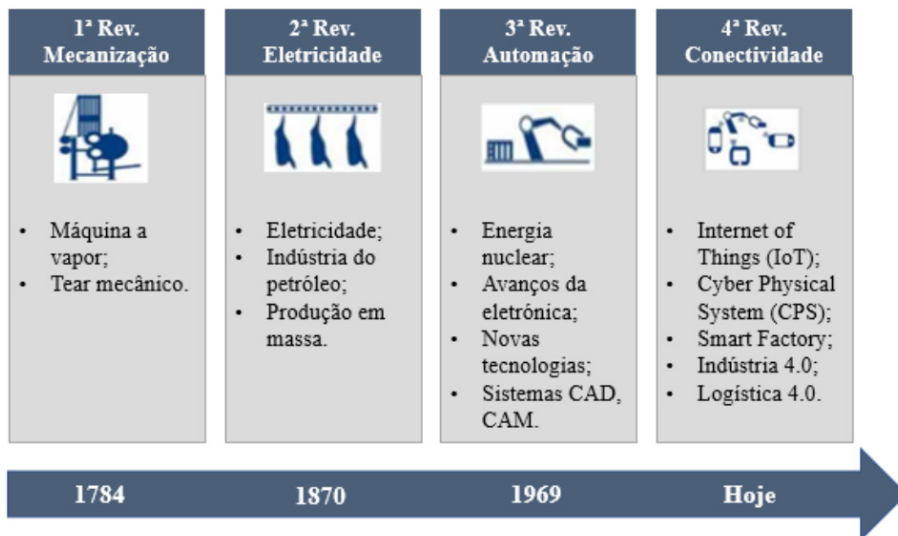
Como referido em capítulos anteriores a indústria da construção tem, em si, vinculado um rótulo negro no que diz respeito a acidentes de trabalho, sendo o setor da indústria com maior taxa de mortalidade (Biswas et al., 2017). Nos Estados Unidos, à semelhança de outros países, existe um órgão regente da segurança no trabalho que é a U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA), que impõe medidas e obrigações para o uso de equipamentos de proteção individual (EPI). Atualmente, as questões de segurança são tratadas cada vez mais eficientemente, alcançando melhores resultados. Como é o caso da fiscalização da utilização dos diferentes EPI.

O que atualmente é o trabalho de um ou mais responsáveis de segurança na obra, pode ser entregue ao algoritmo de Machine Learning como é mostrado num estudo publicado no artigo *"Deep learning for site safety: Real-time detection of personal protective equipment"* (2020), onde são estudadas três abordagens da deteção de equipamentos de segurança individual com recurso ao Deep learning. Neste artigo são analisadas cerca de 5000 imagens reais capturadas em ambiente de obra, com auxílio a dispositivos que visam detetar através de câmeras e sensores a utilização de EPI. Após a revisão dos dados, os técnicos puderam aferir que estes sistemas revelaram 72% de precisão na deteção que fizeram, notando que quanto mais imagens o sistema captar, mais precisos os resultados serão devido aos processos de Machine Learning associados à Inteligência Artificial (Nath et al., 2020).

### 3.8 INDÚSTRIA 4.0

A primeira revolução industrial, ou 1.0, ocorreu no período de 1760 a 1830 e deveu-se à transição do trabalho manual para o trabalho mecanizado. Com o surgimento da máquina a vapor, surgiu também uma nova forma de produzir e transportar mercadoria, aumentando drasticamente a capacidade de produção e eficiência das fábricas. A segunda revolução industrial (2.0) ocorreu no final do século XIX e início do século XX e é fundada sobre as bases da indústria 1.0. Marcando a diferença pela produção em massa, possível com o surgimento da eletricidade e a sua implementação em processos produtivos, que permitiu o modelo de linha de montagem de Henry Ford com a produção do emblemático Ford Model T. Este, foi um período de crescimento e evolução da indústria tanto em volume de produção como em variedade de oferta.

A indústria 3.0 ou terceira revolução industrial é marcada pelo avanço na eletrônica, pela informação e automação, através da inserção de computadores e sistemas programáveis garantindo mais espaço para a máquina que ganha um maior ênfase nos processos produtivos tornando a automação uma das características deste modelo industrial (Kharb, A. 2018; BITKOM et al., 2016).



Revoluções Industriais, Agris - A evolução da indústria

Fig. 25

O conceito de indústria 4.0 aparece pela primeira vez como parte do “High-Tech Strategy 2020 Action Plan”, um plano que tinha como objetivo assegurar a competitividade da indústria alemã lançado em 2011. Em 2013 o Ministério Alemão da Educação e da Investigação reuniu um grupo de trabalho com o intuito de promover a pesquisa e inovação na indústria, visando gerar tecnologias comercializáveis provenientes das pesquisas científicas realizadas. Em 2015 é publicado o primeiro relatório, que apresenta a utilidade da indústria 4.0 para o futuro da economia e da sociedade, realçando a sua importância (Santos et al., 2018).

Na Alemanha o termo indústria 4.0 ganha força impulsionado pelo governo, enquanto no resto do mundo iniciativas parecidas podem ser detetadas com as mais diversas denominações como tais como, Cyber Physical System (CPS), Smart Factory, Smart Production, Machine to Machine (MtM), Advanced Manufacturing, Internet of Things (IoT), Internet of Everything (IoE) ou Industrial Internet (**Kamarul Bahrin et al., 2016**).

A indústria 4.0 é vista como uma evolução natural dos sistemas existentes, onde a automação e a computação são aprimoradas com sistemas e sensores que efetuam uma triangulação de constante comunicação entre máquina e máquina, e máquina e humano. No panorama atual, para que os processos industriais possam ser flexíveis, eficientes, de baixo consumo energético e de baixos custos de produção, as empresas necessitam de estar conectadas com a produção em tempo real. As tomadas de decisão são baseadas em informações constantemente atualizadas o que permite às empresas responder ao mercado de modo mais rápido e eficiente, podendo produzir quantidades mais pequenas e personalizadas, uma vez que a produção é mais ágil conforme o contacto com o cliente se torna maior, reduzindo desperdícios, custos desnecessários e, conseqüentemente, aumentando os lucros (**Santos et al., 2018**).

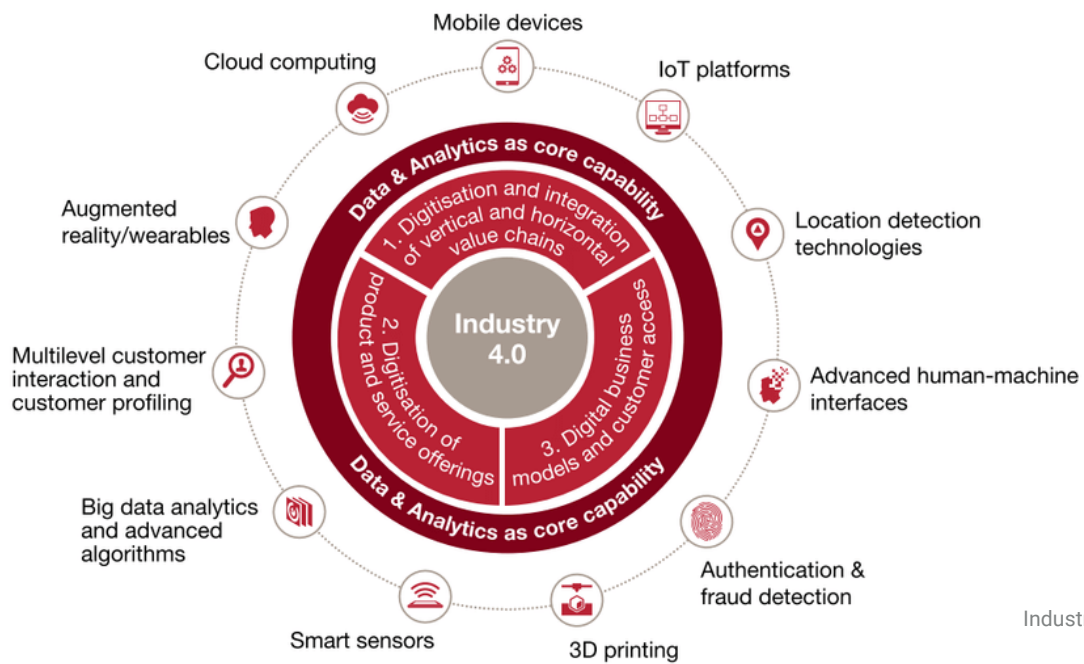
Surgem assim termos como “Dark Factory”, “Lights Out Manufacturing” ou “Smart Factories”, que se devem à implantação de várias tecnologias emergentes na indústria como é o caso de Big Data, Advanced Analytics, Cloud Computing, Internet of Things.

Tendo como exemplo a linha de montagem de uma fábrica, as máquinas estão preparadas para desempenhar determinada função e comunicam entre si através de sistemas IoT de modo a otimizar o processo produtivo autonomamente. A informação gerada por cada sensor e cada processo de uma fábrica é enorme, e a maior parte dela é irrelevante para o ser humano. Esta informação que tem o nome de Big Data e é processada por sistemas ciber físicos, sistemas estes que gerem todo o processo e enviam essa informação para ser processada por Cloud Computing - supercomputadores virtuais que analisam esses dados através do Advanced Analytics provendo apenas o resultado dessa análise ao ser humano, ficando assim com os dados necessários para estrategicamente controlar o seu negócio (**Xu et al., 2018**).

No setor da construção, quando falamos da mais recente revolução industrial, é comum ver utilizado o conceito de construção 4.0 com uma adaptação feita pelos especialistas para evidenciar algumas diferenças perante o resto da indústria.

Vários setores industriais já adotaram processos digitais para otimizar e maximizar as suas produções, contudo, o setor da construção permanece uma indústria ligada aos processos manuais e métodos tradicionais de trabalho. Isto deve-se ao seu, já referido, ambiente de trabalho instável e pouco previsível, ao contrário do que acontece na maioria das outras indústrias onde o ambiente é controlado. Alguns aspetos da construção são mais rapidamente alcançados pela digitalização como é o caso do Computer Aid Design (CAD), que por muitos anos foi utilizado como ferramenta para desenvolvimento e elaboração do projeto (2D) e está cada vez mais a ser substituído pelo Building Information Modeling (BIM)(3D).

Para que o setor se ajuste ao novo modelo industrial, várias mudanças terão que ser realizadas. A forma como a construção é pensada e processada precisa de ser adaptada à digitalização, à automação e à utilização de um maior número de elementos de produção externa (pré-fabricados) deixando a construção no local de trabalho apenas para o necessário (“**Digitalisation, Construction 4.0 and BIM**”, n.d.).



Industria 4.0, PWC

Fig. 26

O futuro da construção passa pela automação e digitalização. A automação envolve máquinas, dispositivos, instalações de sistemas e ferramentas desenvolvidas para terem um comportamento autónomo, isto é, sem a intervenção humana. A digitalização envolve a introdução de tecnologias como a realidade aumentada, IoT, 3D printing, sensores inteligentes, entre outras, associadas ao desenvolvimento da indústria 4.0. Deixando um novo leque de empregos e funções ainda por descobrir, que, à semelhança de outras indústrias, terá de se adaptar ao trabalho mais técnico, mais digital e menos exigente em termos físicos, que poderá resultar na atração de mais jovens para a indústria (García de Soto et al., 2019).



4

# IDEAÇÃO E PROJEÇÃO

**What** - Um dispositivo que suporte a tecnologia de realidade aumentada.

**Why** - Com o objetivo de reduzir o número de acidentes e mortes no setor da construção.

**Who** - Empresas de construção, auditorias de segurança, engenheiros responsáveis, operários na leitura de planos.

**When** - uma perspectiva para o futuro da digitalização de construção, em 10 anos

**Where** - Na indústria da construção, no local da obra

## IDEALIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO

*“With the emergence of novel technologies, various types of technologies such as Virtual Reality (VR), online databases, Geographic Information Systems (GIS), Building Information Modelling (BIM), Unmanned Aerial Vehicle (UAV), 4 D Computer-Aided Design (4 D CAD), robotics and automation, laser scanning, photogrammetry and sensor-based technologies which have been around for some time have proven to provide a lasting solution to the problem of construction health and safety to prevent workers’ injuries, accidents and improve construction job site health and safety”*

**(Akinlolu et al., 2020, p.1)**

A pesquisa anteriormente efetuada (no Capítulo 2 e 3) procura apoiar o desenvolvimento deste capítulo através da projeção de um Dispositivo de Realidade Aumentada. Foi realizada uma análise aprofundada sobre os temas ‘Construção’ e ‘Tecnologia’, de modo a entender quais as condições necessárias e qual a tecnologia relevante para o desenvolvimento e implementação desta categoria de dispositivos na área da construção.

O tema da Indústria da Construção suscitou interesse devido ao rótulo vinculado a este setor que relata uma elevada taxa de acidentes e fatalidades. Desde que há registo, este setor é conhecido pela sua enorme taxa de mortes e acidentes quando comparado aos outros setores industriais. O design pode, aqui, ser utilizado enquanto *“Problem solving”* e catalisador de mudança, na procura de desenvolver uma categoria de dispositivos, com o intuito de tentar solucionar ou pelo menos atenuar estes números.

Atualmente a montagem de Equipamentos de Proteção Coletiva é efetuada manualmente pelo operário, muitas vezes sem formação ou conhecimento para garantir a integridade e segurança de estrutura instalada. Contudo, mesmo que especializado no trabalho de montagem, o erro continua a ser um fator humano impossível de desconsiderar. Podendo escapar à perceção humana certos aspetos e pormenores, que podem levar à falha de uma estrutura de segurança coletiva, resultando em graves acidentes ou mortes. A negligência das entidades patronais e respetivos empregados quanto ao uso dos EPI, é também um dos maiores fatores de risco no ambiente de obra.

Com a implementação do dispositivo a desenvolver, os problemas associados à segurança podem ser atenuados. A montagem de EPC continuará a ser efetuada pelo operário. Este, ao utilizar o dispositivo holográfico para seguir os planos de montagem em tempo real, certifica-se - através das projeções - que tudo está conforme delineado. Mesmo que o operário se engane, o dispositivo através de câmaras e vários sensores, deteta que existe uma falha em relação ao projeto, alertando o operário. No que diz respeito às auditorias, os auditores ao usarem estes dispositivos poderão usufruir das mesmas vantagens que o operário que montou a estrutura. Assim, através da análise e consequente visualização holográfica, o auditor poderá mais facilmente detetar falhas na segurança e integridade da obra.

Os encarregados gerais efetuam a ponte entre os engenheiros e os restantes operários, estando geralmente encarregues da coordenação da obra e verificação da conformidade com o projeto. Estes também terão vantagens ao usar este dispositivo, já que o mesmo pode verificar o uso ou não

de EPI dos restantes operários, facilitando o trabalho do encarregado, alertando-o para a falha daquele específico Equipamento de Proteção Individual naquele determinado operário.

Com a utilização do produto desenhado, as mortes por eletrocussão podem também ser minoradas. Recorrendo a sensores que detetam corrente elétrica, é proporcionada uma visão holográfica ao utilizador dos componentes, cabos, ligações, que são ou não seguros para manobrar. Ao mesmo tempo, podem ser projetados planos de trabalho e instruções para trabalhos mais complexos. Abrindo assim a viabilidade em apostar na formação através da constante conexão à internet, possibilitando o efetuar de chamadas de vídeo com técnicos especializados, evitando deslocações e agilizando processos, uma vez que as mãos do operário se encontram livres para a realização do trabalho.

Como referido anteriormente o Building Information Modelling é visto como um dos pilares da Construção 4.0, este dispositivo é projetado para suportar esta tecnologia, e recorrendo a representações 3D, visualizar de forma holográfica o projeto através das lentes do dispositivo. Esta tecnologia permitirá ao utilizador acompanhar em tempo real a evolução do edifício ou infraestrutura comparativamente ao projeto, reduzindo o risco de incongruências para com o planeamento da obra.

O desenvolvimento do dispositivo holográfico visa perspetivar, com base na pesquisa anteriormente efetuada, de que modo evoluirá a construção e a tecnologia nos próximos 10 anos, para assim desenvolver um produto que, conceptualmente, possibilite resolver problemas do presente, antevendo o futuro. Futuro esse onde a indústria da construção irá necessitar de soluções de Design que permitam acolher e integrar a digitalização e interconectividade necessária para a implementação da indústria 4.0 no setor.

Atualmente outra categoria de dispositivos, com funções semelhantes ao idealizado já existem no mercado e já são adotados por outras indústrias nos seus processos produtivos. Como já foi referido, a construção destaca-se dos outros setores industriais pela sua imprevisibilidade, estando sujeita a vários fatores e variantes aos quais as outras indústrias não estão, não sendo ideal o uso dos dispositivos existentes no ambiente de obra. Sendo assim, é identificada a necessidade e pertinência do desenvolvimento de um dispositivo em que o seu design tenha como objetivo responder a estas e outras características impostas por este setor.

O dispositivo deve possuir características que façam com que a viabilidade da sua utilização em ambiente de obra seja possível sem que, a durabilidade e fiabilidade do mesmo seja comprometida. O desenho tem que assumir um carácter simples, resistente, compacto e robusto para poder resistir a condições climatéricas adversas, ao pó, líquidos, choques e quedas. Uma vez que os trabalhos de montagem de EPC exigem a utilização de luvas de proteção, deve ser tido em conta ainda que estas podem dificultar o manuseamento do dispositivo se este possuir botões e controlos manuais. Os componentes de mais fácil desgaste como, por exemplo, fitas de fixação à cabeça, viseira e bateria deverão ser facilmente substituíveis para assim prolongar a vida do equipamento. Sendo que em relação à viseira existe a necessidade de trocar a mesma para eventualmente efetuar diferentes trabalhos, adaptar a luminosidade a ambientes de exterior ou interior, devendo, por isso, ser de fácil aplicação e remoção. Também as baterias deverão ser removíveis, com carregamento externo, não sendo necessário interromper o trabalho para o seu respetivo carregamento. Por fim, idealmente os componentes como câmaras, sensores, e placas de circuito impresso devem ser facilmente substituíveis, de modo a garantir a sua manutenção e possibilitar a reparação do dispositivo de

forma fácil e viável. Cumprindo o objetivo de combater a crescente tendência das últimas décadas relacionada com o aumento do lixo eletrônico e respeitando as diretrizes da UE para os próximos anos relacionadas com a sustentabilidade.

À semelhança do prototipo desenvolvido pela construtora multinacional Laing O'Rourke (já mencionado no capítulo 3), seria também pertinente o desenvolvimento de uma versão mais básica do dispositivo holográfico idealizado. Este com um intuito diferente, executaria apenas funções básicas, como a medição da frequência cardíaca e temperatura, detecção de choques ou quedas e também posicionamento global (GPS) para a localização do trabalhador não integrando funções holográficas. Com a digitalização deste setor industrial e consequente implementação da Internet Of Things (IOT), tudo estará conectado, efetuando uma constante comunicação em tempo real entre tudo e todos, criando a necessidade de um dispositivo para todos os operários que execute a função de os conectar a este ecossistema.

O constante contacto entre homem e máquina irá tornar o trabalho mais seguro, e conseqüentemente, atenuar o número de acidentes e mortes. A simples comunicação através de sinal V2X - comunicação entre um veículo e uma entidade - neste caso veículos e operários poderá evitar aquela que está entre as quatro maiores causas de morte na construção: atropelamento e esmagamento. Imagine-se o cenário real de uma obra onde as máquinas circulam constantemente - como veículos de grande porte - e que não dão ao seu manobrador ângulo de visão do que o circunda. Este cenário é propício a acidentes, facilmente um operário pode ser atropelado ao colocar-se na trajetória da máquina. A constante comunicação entre coisas e pessoas pode evitar esta categoria de acidentes. Um simples localizador e emissor V2X pode salvar vidas, mesmo que o manobrador não se aperceba da presença do trabalhador, o veículo irá comunicar com o dispositivo que o operário utiliza e automaticamente, automobilizar-se-á por precaução. Outro exemplo é o caso de um trabalhador sofrer alguma espécie de ataque repentino ou de sofrer uma queda sem que mais ninguém se aperceba, o dispositivo analisa e comunica a anomalia com aquele operário, agilizando os processos de socorro e prestação de auxílio, fazendo chegar ajuda de forma rápida e eficaz. Funcionalidades básicas como estas já se encontram no mercado, o Apple-watch, oferece ao consumidor comum, funcionalidades de monitorização semelhantes às idealizadas, sendo pertinente migrar esta tecnologia e adaptá-la ao ambiente de obra. Idealmente todos os colaboradores presentes no espaço de obra teriam de utilizar este dispositivo base, tornando-o num EPI obrigatório. Enquanto o dispositivo holográfico, seria direcionado para trabalhos mais específicos, relacionados com a montagem e verificação de elementos de segurança, gestão projetual e eventualmente servir de ferramenta para a formação de novos profissionais.

*"Every Boeing plane contains thousands of wires that connect its different electrical systems. Workers construct large portions of this wiring - "wire harnesses" - at a time. This task demands intense concentration. For years, workers used PDF-based assembly instructions on laptops to locate the right wires and connect them in the right sequence. This meant attention was constantly being shifted between the harness being wired and a computer screen. With the introduction of MR and hands-free interactive 3D wiring, error rates have been reduced to nearly zero and the task is completed much faster."*

**(Rogers, 2019, para. 13)**

5

**ANTEPROJETO**



## 5.1 DIRETRIZES DO PROJETO

A tecnologia aliada ao design por uma indústria mais segura.

Ainda na fase de escolha do tema de tese, foi realizada uma pesquisa - inicialmente na área da construção civil - com foco em tendências evolutivas para os próximos anos. Repetindo o procedimento para a área da tecnologia. Assim, com base na mesma, propõe-se o desenvolvimento de um produto para resolver o problema acima identificado, identificando a tecnologia e recorrendo ao Design.

### **Foco do projeto**

Design de um equipamento para proteção individual de modo a suportar tecnologia AR e MR - uma perspectiva para 2030.

### **Pesquisa**

É necessário efetuar uma pesquisa visual, ao nível de formas, texturas, encaixes, botões e materiais de modo a dar ênfase a forma sem esquecer a função.

### **Visita à obra**

Visitar uma obra com o intuito de perceber qual o contexto de usabilidade e aplicabilidade do produto. Efetuar questões aos trabalhadores de modo a perceber o funcionamento da obra, procedimentos de segurança e identificar lacunas no que diz respeito à montagem de EPC's e à utilização adequada dos EPI.x

### **Conceção**

Exploração de vários de conceitos de modo a abrir possibilidades de aplicação, desenvolvimento de esboços iniciais e modelos de volume.

### **Sessão com designers**

Será relevante realizar uma sessão com outros designers para finalizar a primeira fase de ideação. A reunião em causa visa analisar os conceitos desenvolvidos e definir qual o caminho mais indicado a seguir, abrindo novas perspectivas para o projeto.

### **Desenvolvimento e concretização**

Desenvolvimento de conceito final recorrendo a técnicas de desenho manuais e digitais, e elaboração de protótipos de estudo de volumes. Modelação de protótipos em 3D e preparação dos mesmos para impressão.

### **Desenhos finais e refinamento de pormenores.**

Realização de imagens finais do produto - renderizações.

### **Design Challenges- O dispositivo deve:**

Possuir baterias removíveis;

Ser leve;

Ser robusto;

Ser resistente;

Ser modular;

Ser intuitivo;

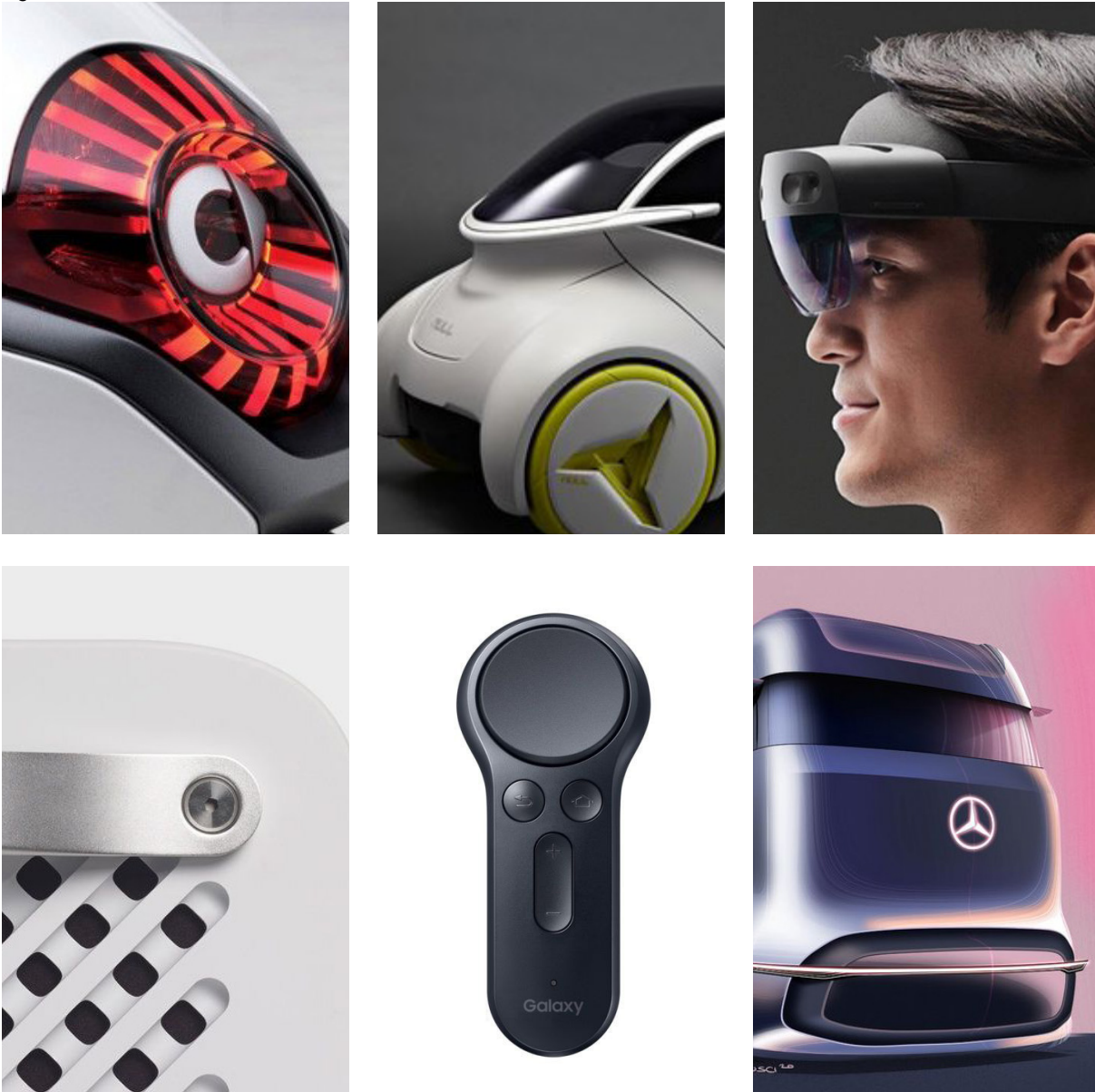
Esteticamente apelativo;

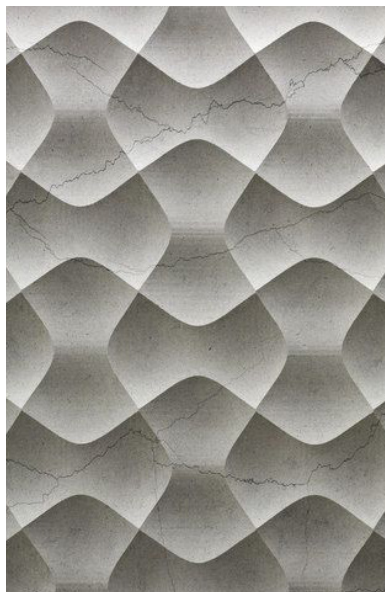
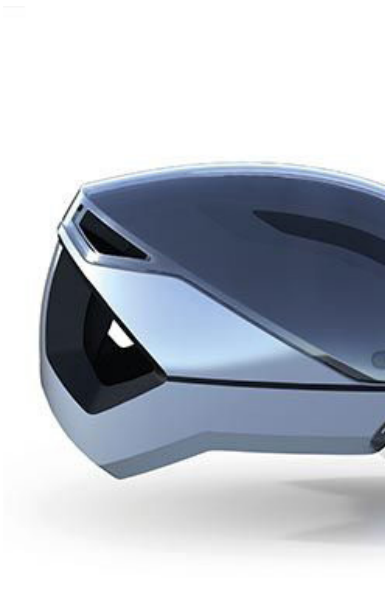
Integrar numa economia circular e nos parâmetros de sustentabilidade da UE;

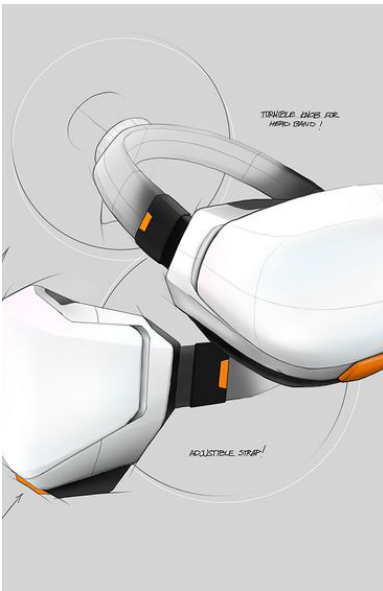
## 5.2- PESQUISA VISUAL - CONSTRUÇÃO DE MOODBOARD

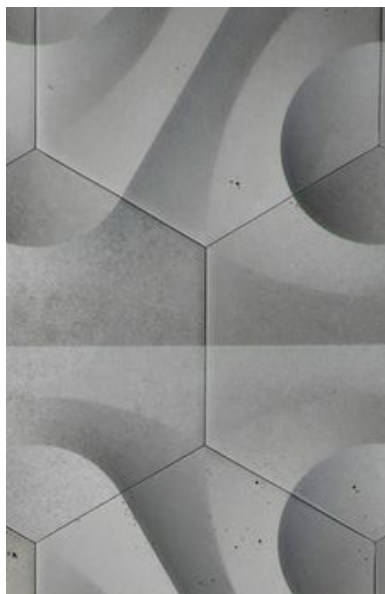
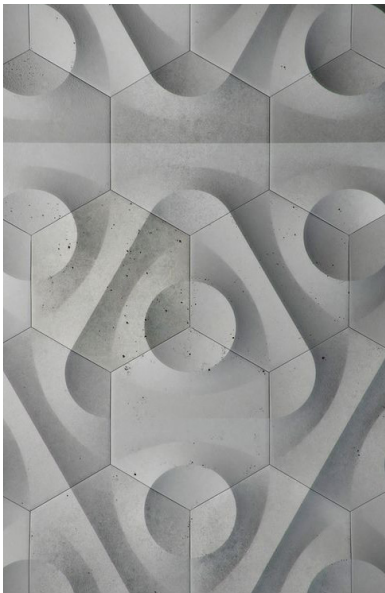
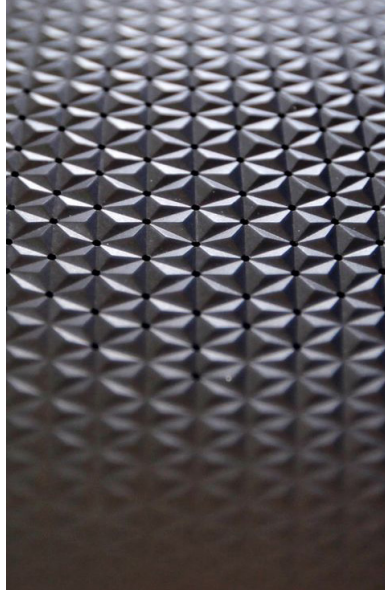
O objetivo da construção de uma moodboard/ pesquisa visual foi o de apoiar os primeiros sketches do produto a desenvolver. Aqui procuraram-se diferentes formas, texturas e cores que pudessem inspirar diferentes explorações conduzindo o conceito coerentemente por uma linguagem mais próxima daquilo que normalmente se relaciona com a tecnologia e a construção. Cores fortes, brilhos, texturas geométricas, man made, linhas vincadas que contrastam com ângulos arredondados e uma robustez minimalista, foram os aspetos predominantes. Um outro aspeto que se procurou incorporar nesta pesquisa, foi a inclusão de design de concepts futuristas, visando as tendências ao nível da estética que se esperam estar a usar nesse mesmo futuro.

Fig. 27 Moodboard









## 5.3 VISITA À OBRA

### Notas de planeamento - Preparação da visita

O método utilizado para a elaboração da visita foi selecionado do livro 101 Design Methods (2013): 2.1 contextual research plan (pág.61) e recomenda que se responda a 3 passos.

#### Step.1 - definir áreas de pesquisa

Construção  
Tecnologia  
Design

#### Step. 2 - definir as fontes

Toda a Informação relativa ao contexto de obra será recolhida durante uma visita à mesma - no horário laboral - de modo a recolher o maior número de informação sobre os utilizadores e o local no qual o dispositivo será inserido. É importante que todos os intervenientes, sejam eles serventes ou engenheiros responsáveis pela obra, estejam presentes para que a informação obtida seja proveniente de várias fontes.

#### Step.3 - definir os métodos

3.6 field visit (pág.107 )

Visita à obra.

3.7 Vídeo ethnography (pág.109 )

Registo fotográfico.

3.8 Ethnographic Interview (pág. 111)

Entrevistas informais aos trabalhadores.

### 5.3.1 DESCRIÇÃO DA VISITA À OBRA

Esta visita teve como objetivo recolher informações e perceber de perto como funciona o ambiente de obra, identificando assim a aplicabilidade do produto em desenvolvimento. Foram utilizadas referências do livro 101 Design Methods (2013) para a preparação da visita.

Após várias tentativas de contacto com empresas do sector da construção, foi obtida resposta positiva por parte de uma, cujo nome será mantido no anonimato, assim como a identidade dos seus colaboradores. Preferencialmente, foi pedido à empresa que a obra se encontrasse numa fase estrutural, sendo nesta que a maioria dos acidentes de trabalho relacionados com construção ocorrem. O proprietário conseguiu agendar a visita a uma obra, à data, a decorrer em Guimarães, ficando então delineado e agendado o dia.

Já no local da obra, foi questionado se possuía um capacete de segurança para assim ser-me permitida a entrada.

Foi delineada uma reunião e respetiva visita com o engenheiro responsável pela obra, mas dada a impossibilidade de este estar presente no dia assinalado, a visita foi-me conduzida pelo encarregado geral.

Após ser iniciada a captura de imagens o encarregado questiona sobre o uso das mesmas, dado o facto de os EPI e EPC não estarem nas condições ideais. Desde logo é informado que foi permitido pelo proprietário da empresa a captura de fotografias. Contudo, de forma a proceder da melhor maneira e de acordo com as normas de proteção de dados, foi pedida permissão aos colaboradores para que estes aparecessem nas imagens.

Inicialmente foi esclarecido o funcionamento da obra, o estado em que esta se encontrava e as funções a serem desempenhadas naquele momento pelos operários.

Após esta introdução, o encarregado foi questionado sobre os equipamentos de proteção individual que utilizam, ao que este respondeu o politicamente correto “Os EPI’s assinalados à entrada da obra”, alegando que tentam sempre cumprir as normas exigidas. Contudo, aquilo que foi observado não foi condizente com a resposta providenciada. À exceção das botas de proteção e do capacete de segurança, vários EPI foram detetados em falta.

Ao nível dos EPC estava montada uma estrutura a toda a volta para evitar quedas de altura, bem como uma “Linha de Vida” e arnês para a montagem da mesma. Estrutura na qual foi explicado o seu funcionamento e propósito. A fase na qual a obra se encontrava era de montagem de estruturas de ferro e preparação para o vazamento do betão na laje, esta fase expõe os trabalhadores ao manuseamento de grandes vigas estruturais de ferro amarrado, que requerem especial atenção devido ao seu peso e às suas pontas afiadas. Como podemos ver na imagem 65 as verguinhas de ferro que irão fazer a ligação com os pilares do andar seguinte apresentam um grande perigo para os operários sendo que cada uma deveria ter uma proteção para evitar acidentes (como foi assinalado na mesma imagem).

Toda a visita foi sendo documentada através de fotografias, enquanto eram colocadas perguntas que questionavam todos os aspetos relacionados com o funcionamento da obra, bem como a segurança individual e colectiva dos trabalhadores. Para assim obter respostas sobre de que modo o dispositivo idealizado pode ou não ser um fator fulcral neste ambiente.

Por último, foram colocadas algumas questões ao encarregado geral. Foi questionado sobre o que poderia de algum modo ser melhorado nos EPI que ele utilizara. Este dá o exemplo do capacete que “ao início custa a habituar usar, mas com o tempo já nem dão por ele”, mas afirma que na generalidade são todos muito desconfortáveis.

É questionado se conheceu algum caso de morte ou ferimentos graves, ao que responde que nos últimos anos 30 anos as coisas estão melhores, apesar de *“já ter visto muita coisa”* na área da construção e que é recorrente os acidentes acontecerem... Acrescentando que a *“maior parte destes são graves e que estão todos sujeitos a morrer ou ficar feridos, sendo a construção um trabalho perigoso”*.

À pergunta sobre qual a pior parte de trabalhar na Construção Civil ele responde ser *“trabalhar exposto ao tempo”* e o facto de o trabalho ser muito exigente fisicamente.

Exponho a minha visão sobre o dispositivo idealizado, para que serve e o que pode otimizar nesta área. Este responde que não fazia ideia que algo assim existia, contudo, reconhece que a implementação deste dispositivo pode salvar muitas vidas, apesar de não se ver a usar o mesmo devido a, segundo o mesmo, *“não se dar bem com tecnologias”*.

Não sendo dada a permissão para falar com outros operários, devido ao atraso na obra, agradeço ao Encarregado Geral pela compreensão, capacidade explicativa e tempo que despendeu e são registadas umas últimas fotografias da obra.

Esta visita contribuiu para aferir e expor quais as características presentes num ambiente de obra real, tendo como intuito perceber a legitimidade dos conhecimentos adquiridos durante a fase de pesquisa.

Tendo sido identificada a pertinência da intervenção da realidade aumentada neste campo, o não uso ou o uso inadequado de proteção individual e/ou coletiva é um dos fatores identificados onde o dispositivo idealizado pode intervir para evitar acidentes. Bem como, na prevenção de comportamentos de risco, podendo este avisar o operário de situações anómalas como a desorganização da obra, veículos em movimento, entre várias situações de perigo. Sendo estes comportamentos descritos e identificados, expondo alguns deles nas legendas das imagens que surgem como documentação fotográfica da visita.



Fig. 28 Vista geral da obra.



Operário a trabalhar numa estrutura de ferro.

**Fig. 29**



Embora não tenha sido captado, os trabalhadores encontravam-se neste momento a cortar com a rebarbadora sem os EPI's necessários para assegurar a sua proteção total, estando em falta a proteção ocular e auditiva.

**Fig. 30**



Fig. 31 Operário a encher uma laje com betão.



Estrutura de ferro com objetivo de reforçar o betão.

Fig. 32



**Fig. 33** Na área assinalada pelo círculo amarelo pode-se ver uma proteção vermelha que deveria estar colocada nas extremidades de todos os ferros estruturais e que está em falta na maioria deles.



Linha de vida.

Fig. 34



A linha de vida aqui fotografada (fita lilás), que tem como objetivo proteger os trabalhadores de uma eventual queda de desnível, está instalada de uma forma inadequada e, insegura.

Fig. 35



**Fig. 36** Nesta foto pode-se ver os trabalhadores a efetuar o enchimento de um pilar sem qualquer proteção, numa escada que não tem o comprimento adequado e apoiados em ferros, quando esta é uma atividade que exige a montagem de uma estrutura prévia que garanta a sua segurança.



Grades de segurança. Neste caso podemos observar o seu modo de aplicação à estrutura do edifício.

**Fig. 37**



Tábuas usadas para as grades de segurança. Apresentam este padrão listado para que sejam visíveis mais facilmente.

**Fig. 38**



Fig. 39



Fig. 40 Na Fig.39 e 40 é visível uma desorganização que pode ser a causa de vários acidentes. Numa obra o espaço deve estar sempre limpo e os 'caminhos' desobstruídos.



Sistema de escadas que liga um andar ao outro.

Fig. 41



**Fig. 42** Aqui o trabalhador encontra-se numa situação de grande perigo, pois na falta de uma estrutura onde possa estar em segurança, este segura-se de forma instável entre um muro e um taipal.



Nesta foto podemos observar que não estão a ser cumpridas as normas de limpeza e organização da obra, que permitem uma circulação segura de pessoas e materiais.

**Fig. 43**



**Fig. 44** Nesta fotografia é identificada uma situação indesejavelmente recorrente. Numa obra os trabalhadores nunca se podem posicionar debaixo de qualquer objeto suspenso pela grua.

## 5.4 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE PRODUTOS EM CATEGORIAS PRÓXIMAS

Este subcapítulo tem como intuito efetuar uma análise sobre uma seleção de produtos existentes em categorias próximas ao dispositivo idealizado. Objetivando adquirir informação sobre quais as características necessárias para a implementação da Realidade Aumentada no setor industrial (indústria da construção) tendo como exemplo produtos já comercializados e utilizados em outras indústrias e em uso mais doméstico.

Esta pesquisa permitiu recolher informação de como se afirmam no mercado este tipo de produtos, quais a sua função e aplicabilidade, e também identificar que características poderiam ser melhoradas, e quais das existentes poderiam ser implementadas no produto a desenvolver.



**Vuzix M4000**

A Vuzix é desenvolvedora de um dispositivo HMD que suportam tecnologia de Realidade Aumentada e Realidade Virtual. O dispositivo M4000 é a aposta da empresa norte-americana para a categoria de HMD direcionados para trabalho.

**Fig. 45**



**Nreal light**

A Nreal desenvolve o dispositivo de Realidade Mista (MR) - Nreal Light, este dispositivo utiliza sistema *android* é direcionado para o consumidor comum permitindo usufruir de várias *apps* de trabalho, lazer e social.

**Fig. 46**

### **Toshiba DynaEdge AR Smart Glasses**

O dispositivo DynaEdge AR Smart Glasses é a alternativa apresentada pela Toshiba para a implementação de Realidade Aumentada na indústria. O dispositivo é direcionado para o uso em áreas como manufatura e logística, permitindo apoio remoto e transferência de conhecimentos em tempo real.



**Fig. 47**

### **Third Eye**

A Third Eye é desenvolvedora de dispositivos de AR/MR, inicialmente com foco em sistemas militares, e que mais recentemente desenvolveu o dispositivo Third Eye X2 um dispositivo direcionado para a implementação de MR e AR em setores industriais.



**Fig. 48**



#### **EPSON MOVERIO BT-300**

A empresa Epson apresenta várias alternativas de dispositivos de realidade aumentada, dos quais dois são aqui apresentados. O modelo MOVERIO BT-300 (Fig.81) é direcionado para o consumidor comum, possibilita a conexão à internet, experiências Gaming, e em parceria com a DJI apresentam o controle de drones através do dispositivo holográfico.

**Fig. 49**



#### **Epson Moverio Pro BT-2200**

O Moverio Pro BT-2200 (Fig.82) foi desenvolvido a pensar na indústria e na sua aplicação a um capacete de proteção individual, sendo uma das atuais alternativas para a implementação de dispositivos de realidade aumentada na indústria da construção.

**Fig. 50**

### **Glass Enterprise Edition 2**

O dispositivo Glass Enterprise Edition 2 surge como a visão da Google para um dispositivo de realidade aumentada, direcionado para uso empresarial e industrial, visto que a primeira versão deste dispositivo era destinada maioritariamente ao consumidor comum.



**Fig. 51**

### **Glass Enterprise Edition 2**



**Fig. 52**



#### **Microsoft HoloLens2**

O dispositivo HoloLens2 desenvolvido pela Microsoft, é apontado como o mais promissor na sua categoria, utilizado pelo consumidor comum e também aplicado em vários setores industriais. Este dispositivo de AR/MR possui uma versão desenvolvida exclusivamente para a indústria.

**Fig. 53**



#### **Microsoft HoloLens2**

**Fig. 54**

### Trimble XR10

Trimble XR10 (Fig.87) é o resultado da parceria entre a Trimble - desenvolvedora de tecnologia aplicada à indústria - e a Microsoft, que com a adaptação do dispositivo Hololens2 a um capacete de segurança alcançaram um dispositivo que visa responder à necessidade de uso de EPI em simultâneo com o dispositivo holográfico.



Fig. 55

### Snapchat Spectacles

Os óculos Spectacles desenvolvidos pela Snapchat, são os mais "normais" analisados dado que não são um dispositivo de realidade aumentada e servem apenas para captar imagens.



Fig. 56



### **Magic Leap**

Magic Leap é também um dispositivo de representação holográfica AR/MR, encontra-se disponível para venda ao público, no entanto, é também utilizado por setores como o da saúde, manufatura, defesa e segurança.

**Fig. 57**



### **Magic Leap**

**Fig. 58**

### **Project North Star**

Project North Star é ainda um projeto em desenvolvimento, este tem como objetivo a exploração de áreas como AR e MR.



**Fig. 59**

### **DAQRI**

O dispositivo Daqri foi uma tentativa de aplicação da tecnologia de Realidade Aumentada e Realidade Mista a um EPI, após o desenvolvimento de vários protótipos este não encontrou viabilidade por falta de fundos.



**Fig. 60**



### **RAPTOR**

Embora os óculos Raptor não estejam direcionados para a utilização na indústria, foram analisados de modo a perceber a aplicação de AR em outras vertentes, estes direcionados para ciclismo, que providenciam ao utilizador informações básicas de saúde.

**Fig. 61**



### **Javish**

Javish é o resultado da aplicação de AR a um capacete de Moto para assim providenciar ao utilizador dados sobre a viagem e direções.

**Fig. 62**



## 5.5 IDEIAÇÃO / SKETCHES INICIAIS

### Mindmap e exploração de moodboard

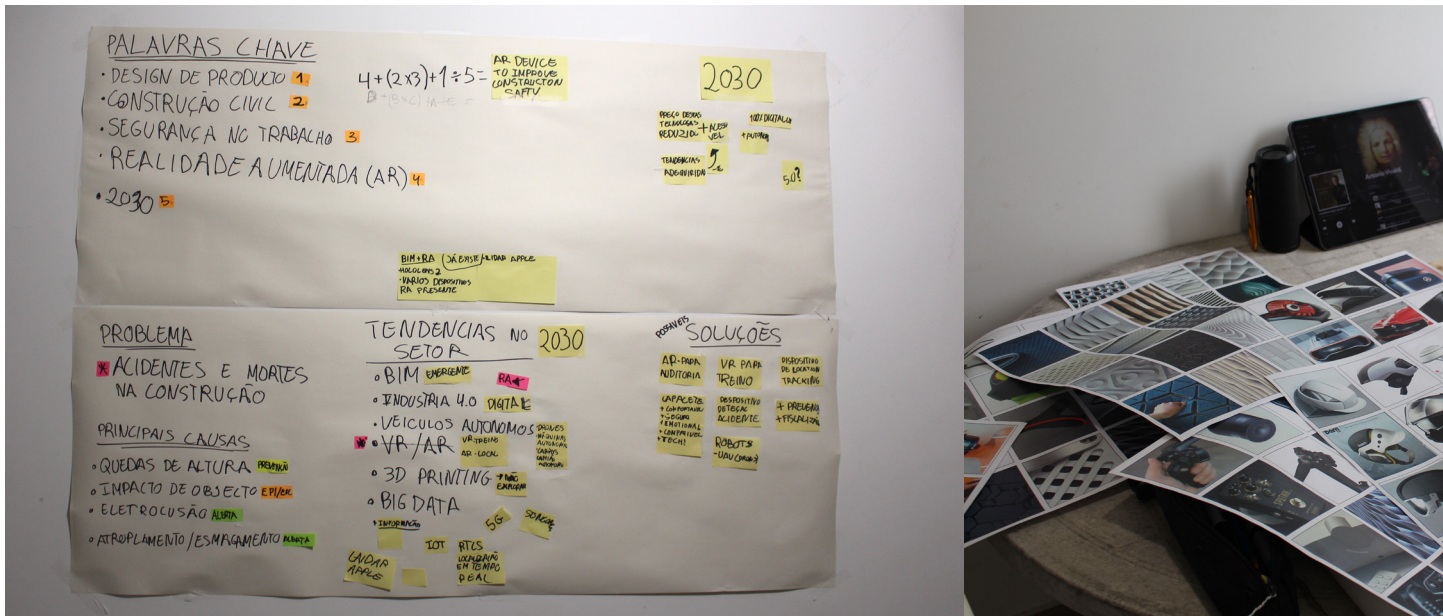


Fig. 63 Mindmap

Numa primeira abordagem decidiu-se fazer um exercício de mindmap onde foram apontados todos os pontos cruciais a ser explorados neste projeto, algo que se complementou com a realização de sketches inspirados numa primeira moodboard.



Fig. 65 Exploração de moodboard

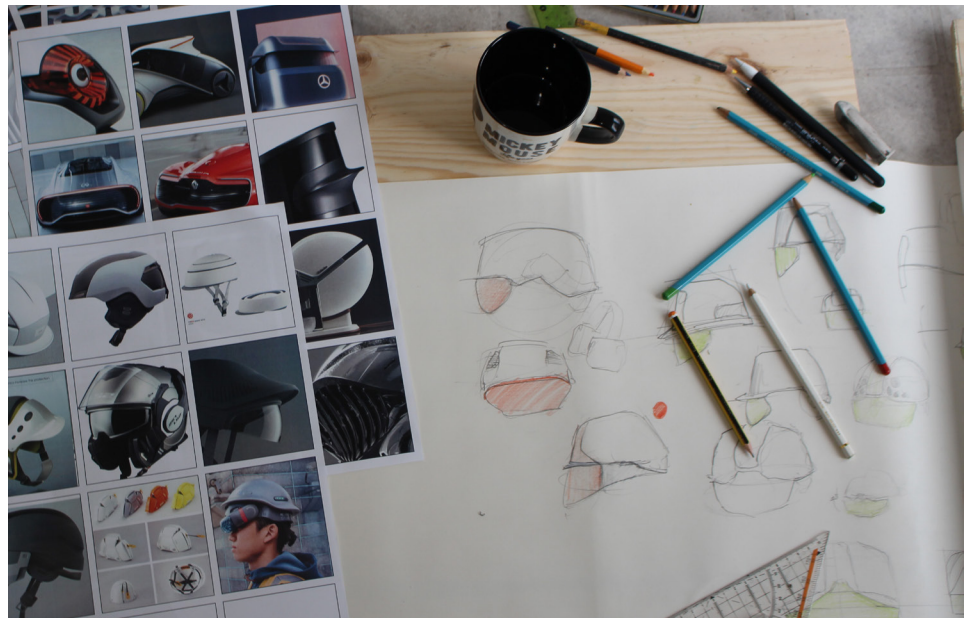


Fig. 64 Desenhos inspirados na moodboard selecionada



## Sketches e exploração de conceitos

Nesta fase decidiu-se explorar a aplicação da tecnologia da realidade aumentada nos vários equipamentos de proteção individual com o objetivo de perceber em que tipo de EPI esta tecnologia encontra maior exequibilidade.

### 1- Aplicação conceptual de AR nos equipamentos de proteção auditiva (Fig. 66 à Fig. 71).

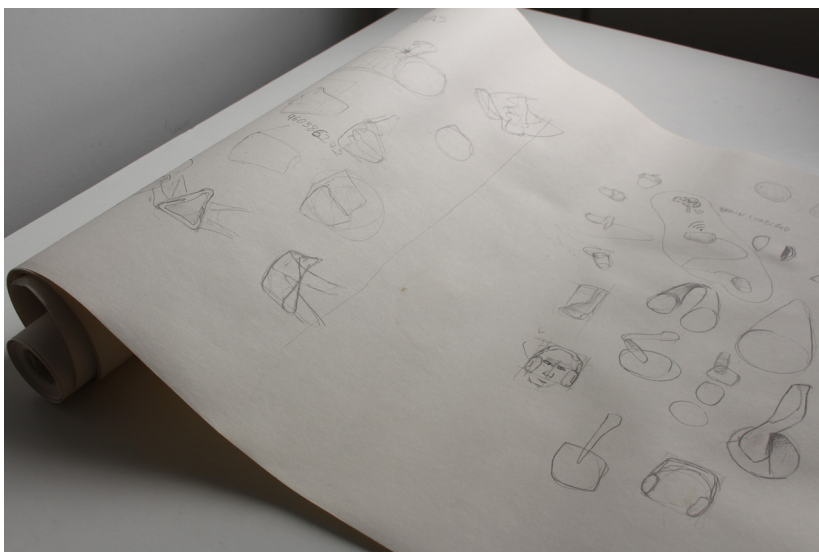


Fig. 66

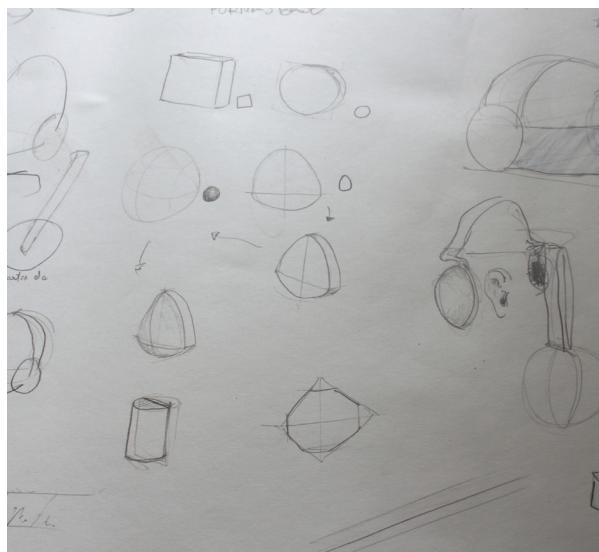


Fig. 67



Fig. 68

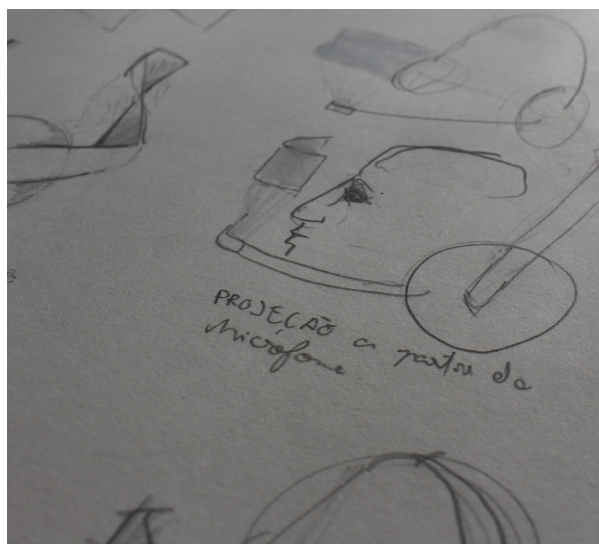


Fig. 69

Visão final do conceito de realidade aumentada nos equipamentos de proteção auditiva. Esta exploração não encontrou viabilidade porque não se espera que a tecnologia de projeção holográfica evolua neste sentido, uma vez que não é possível a projeção de hologramas sem uma superfície.

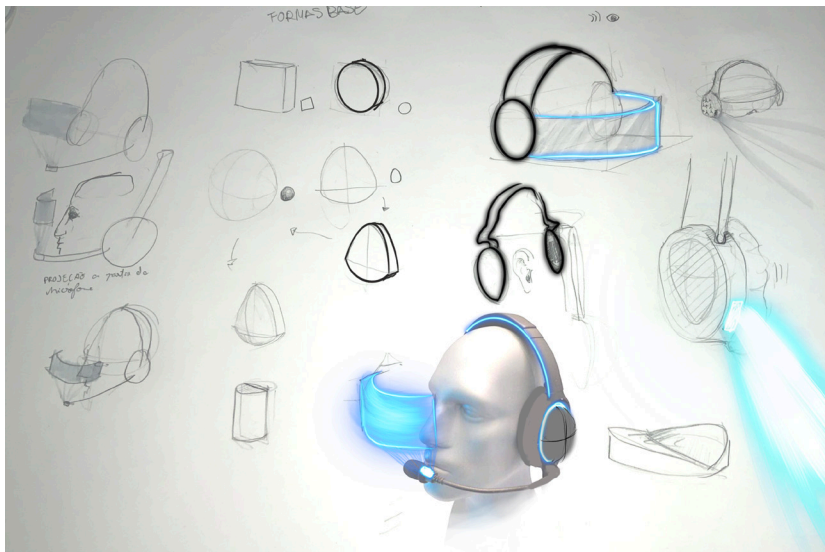
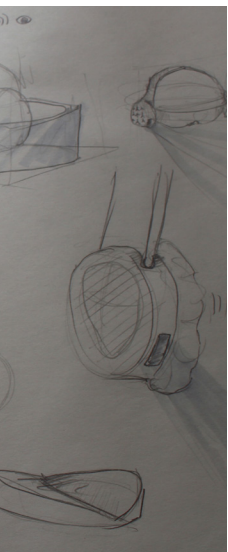


Fig. 70

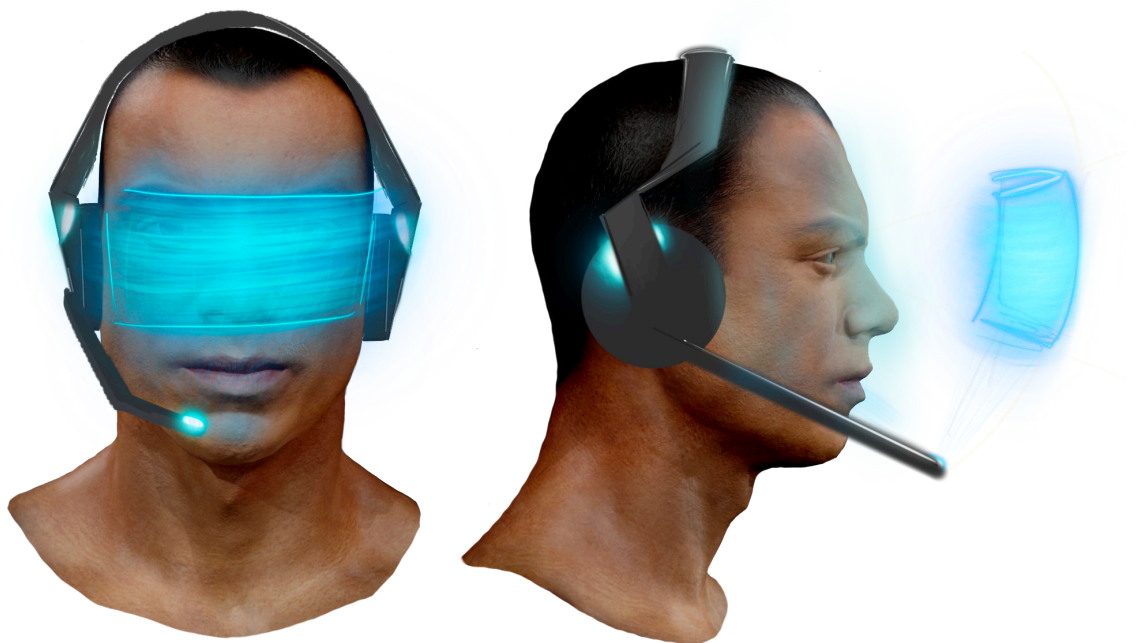
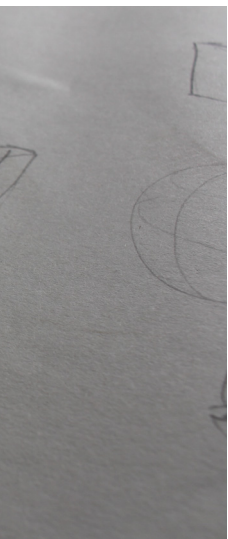


Fig. 71

2- Aplicação conceptual de AR nos **equipamentos de proteção das vias respiratórias** (Fig. 72 à Fig. 76).



Fig. 72

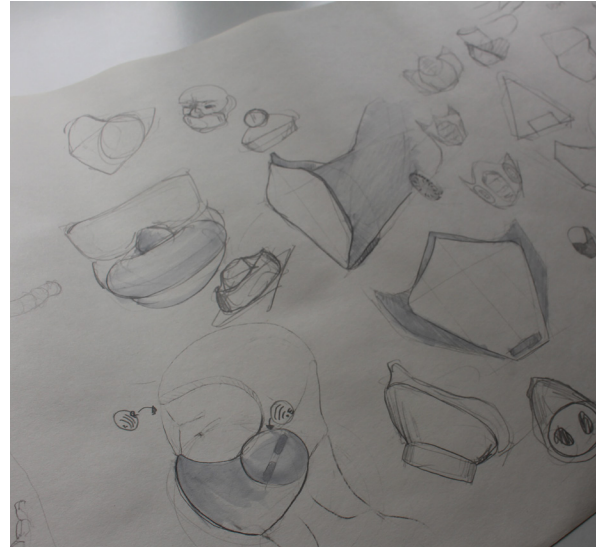


Fig. 73

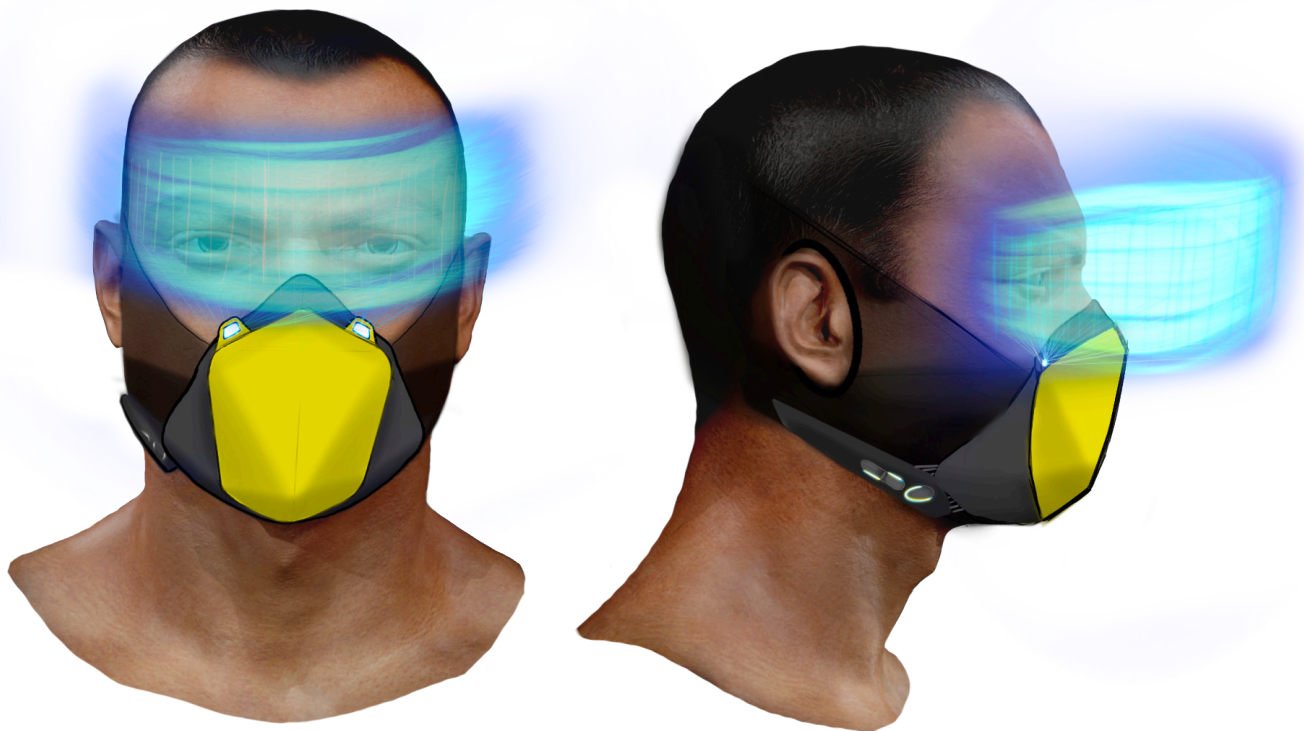


Fig. 74

Visão final do conceito de realidade aumentada nos equipamentos de proteção das vias respiratórias.  
Esta exploração não encontrou viabilidade porque não se espera que a tecnologia de projeção holográfica evolua neste sentido pelas mesmas razões já apontadas no conceito anterior.

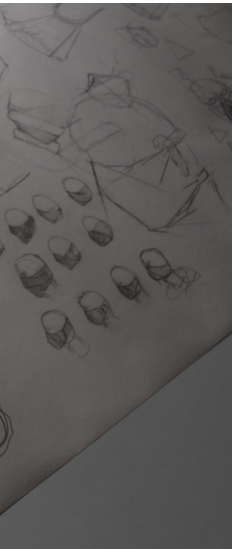


Fig. 75

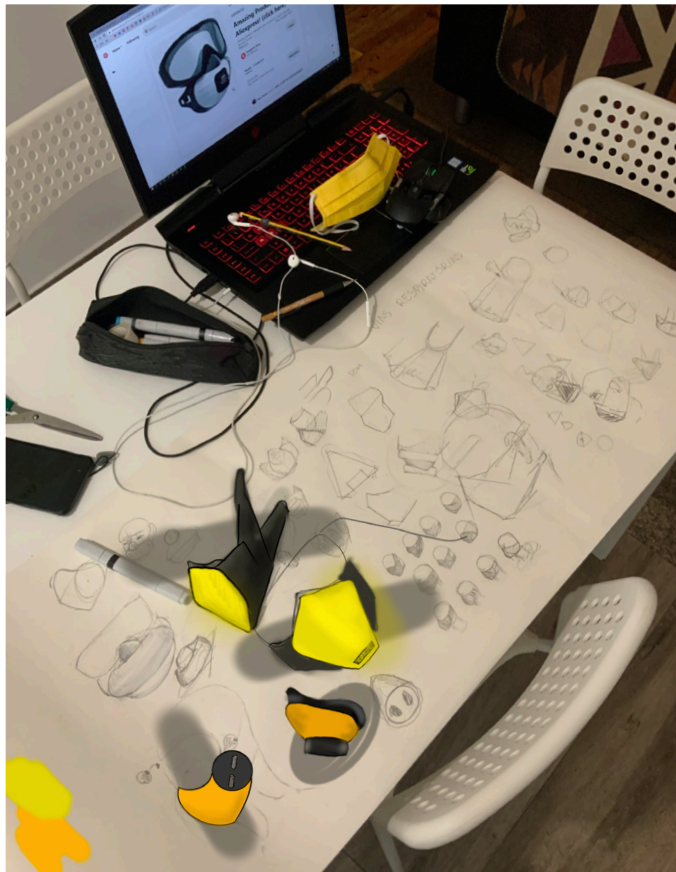


Fig. 76

3- Aplicação conceptual de AR nos equipamentos de proteção de mãos e antebraços (Fig. 77 à Fig. 81).



Fig. 77

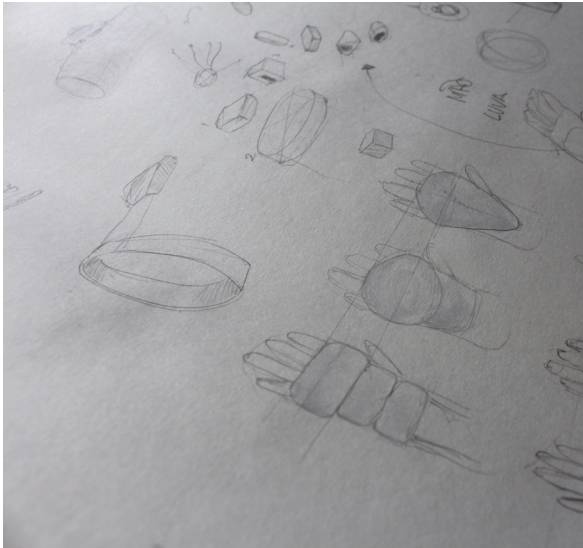


Fig. 78



Fig. 79



Visão final do conceito de realidade aumentada nos equipamentos de proteção de mãos e antebraços. Esta exploração não foi a selecionada porque a colocação da projeção holográfica nestas zonas do corpo traduz-se numa solução pouco prática que dificulta o manuseamento de objetos durante o trabalho, causa desconforto e põe em causa a integridade e durabilidade do dispositivo visto que este fica demasiado exposto.



Fig. 80



Fig. 81

4- Aplicação conceptual de AR em **roupa de trabalho** (Fig. 82 à Fig. 85).



Fig. 82

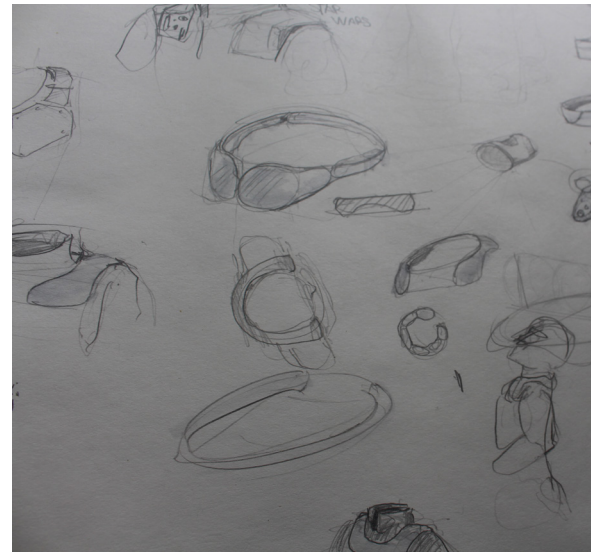


Fig. 83

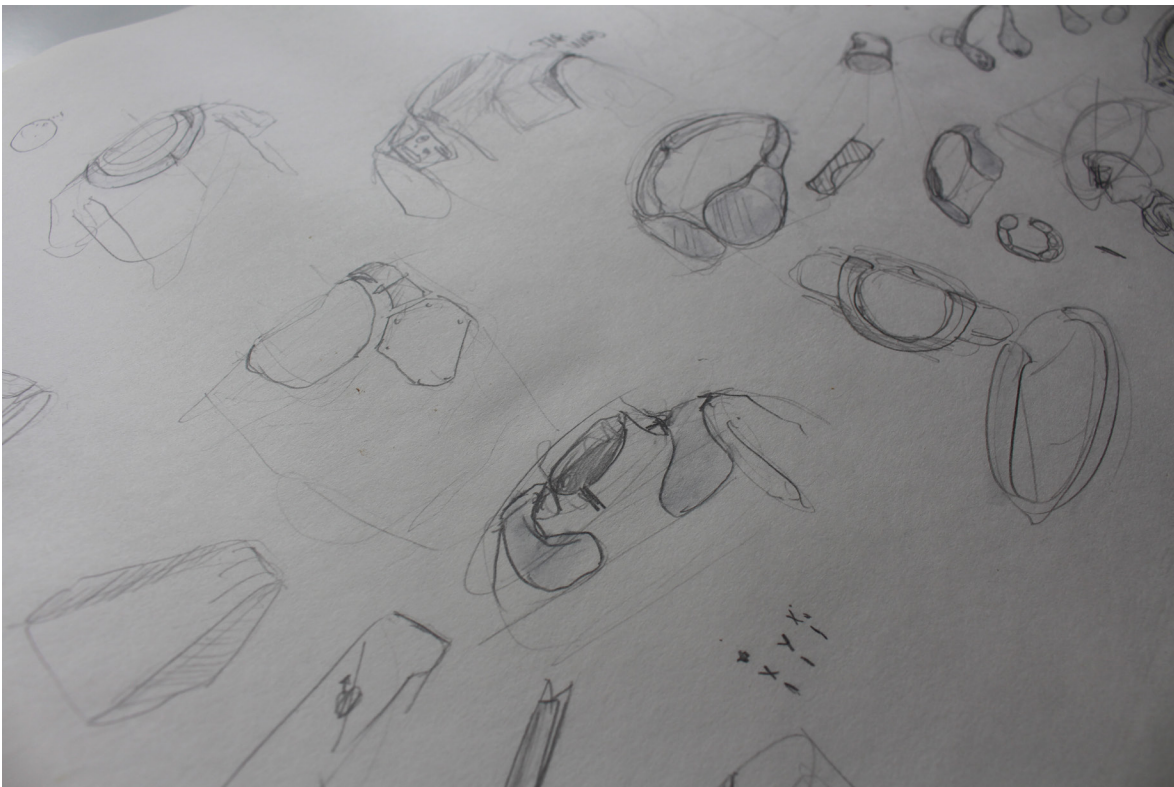


Fig. 84

Visão final do conceito de realidade aumentada em roupa de trabalho.  
Esta exploração não foi a seleccionada porque não se espera que a tecnologia de projeção holográfica evolua neste sentido, uma vez que não é possível a projeção de hologramas sem uma superfície, ou seja, 'no ar', tal como acontece na exploração 1 e 2.



Fig. 85

5- Aplicação conceptual de AR em **capacete e viseira** (Fig. 86 à Fig. 90).



Fig. 86



Fig. 87

Visão final do conceito de realidade aumentada em capacete e viseira.  
Esta exploração foi a selecionada visto ser a maneira mais viável e previsível de aplicação desta tecnologia nos próximos 10 anos. Isto porque, esteja a tecnologia aplicada na viseira ou no capacete, o holograma pode ser projetado na viseira e/ou nos óculos sem comprometer o utilizador tanto na sua segurança, como na realização do seu trabalho e no seu conforto.

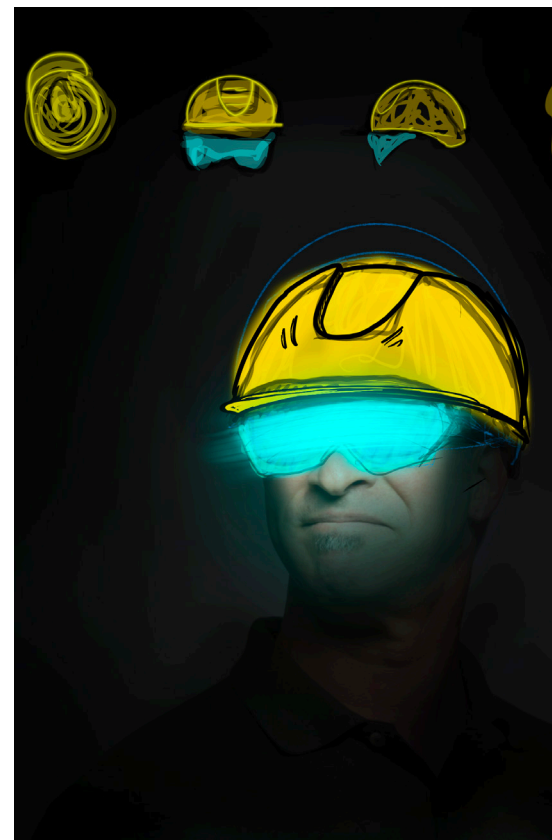


Fig. 88

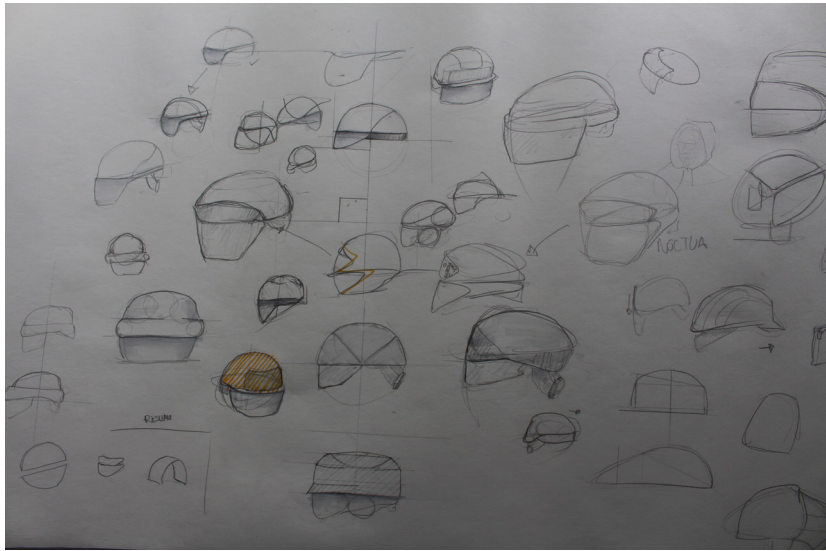


Fig. 89

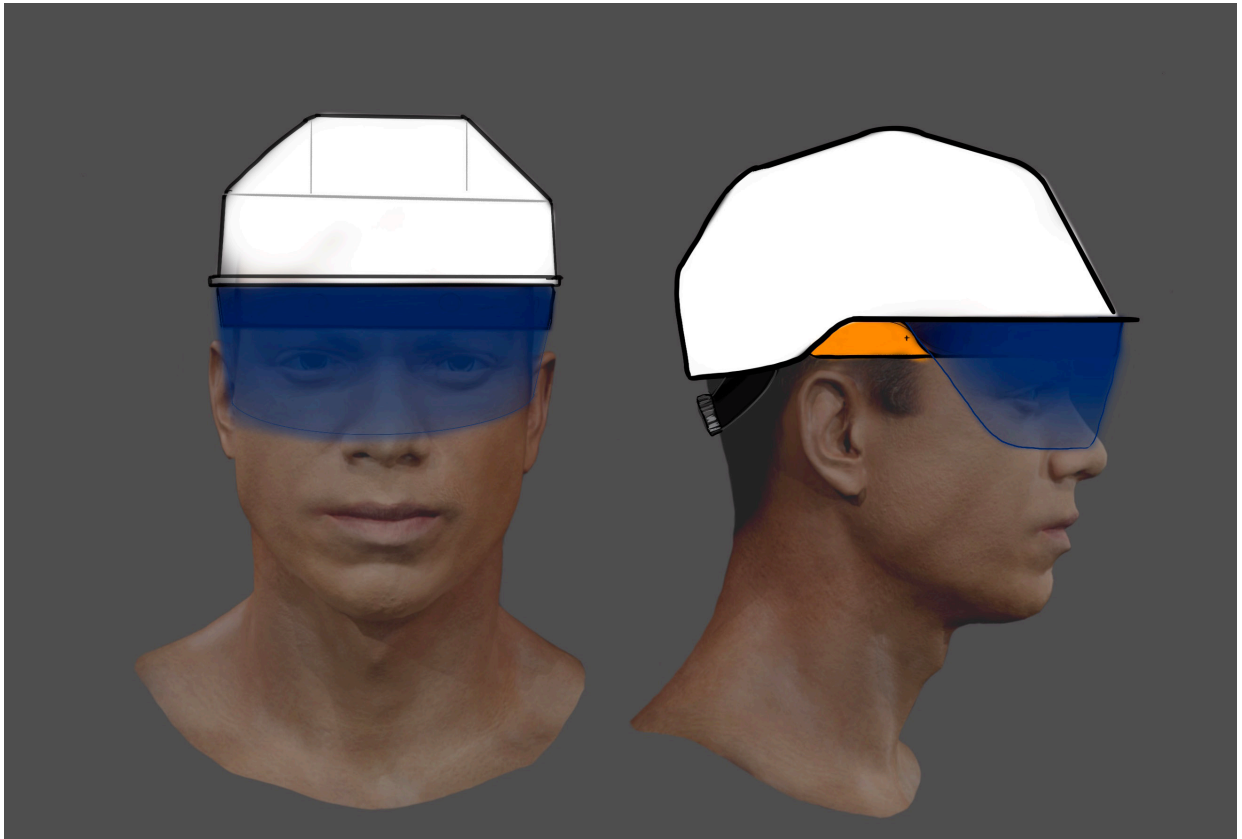


Fig. 90

## Desenvolvimento do conceito selecionado

Nesta fase o objetivo foi estudar várias formas de capacetes e viseiras com inspiração na análise de produtos em categorias próximas e na moodboard (Fig. 91 à Fig. 125).

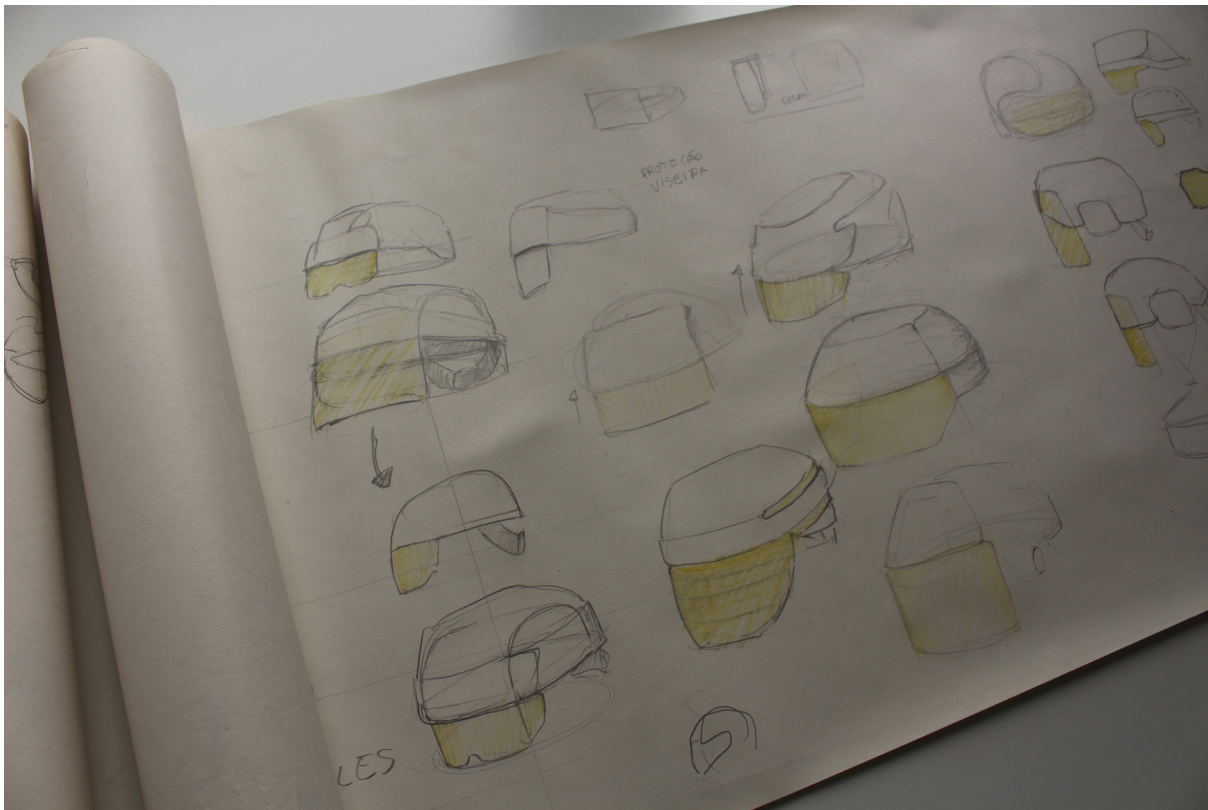


Fig. 91



Fig. 92

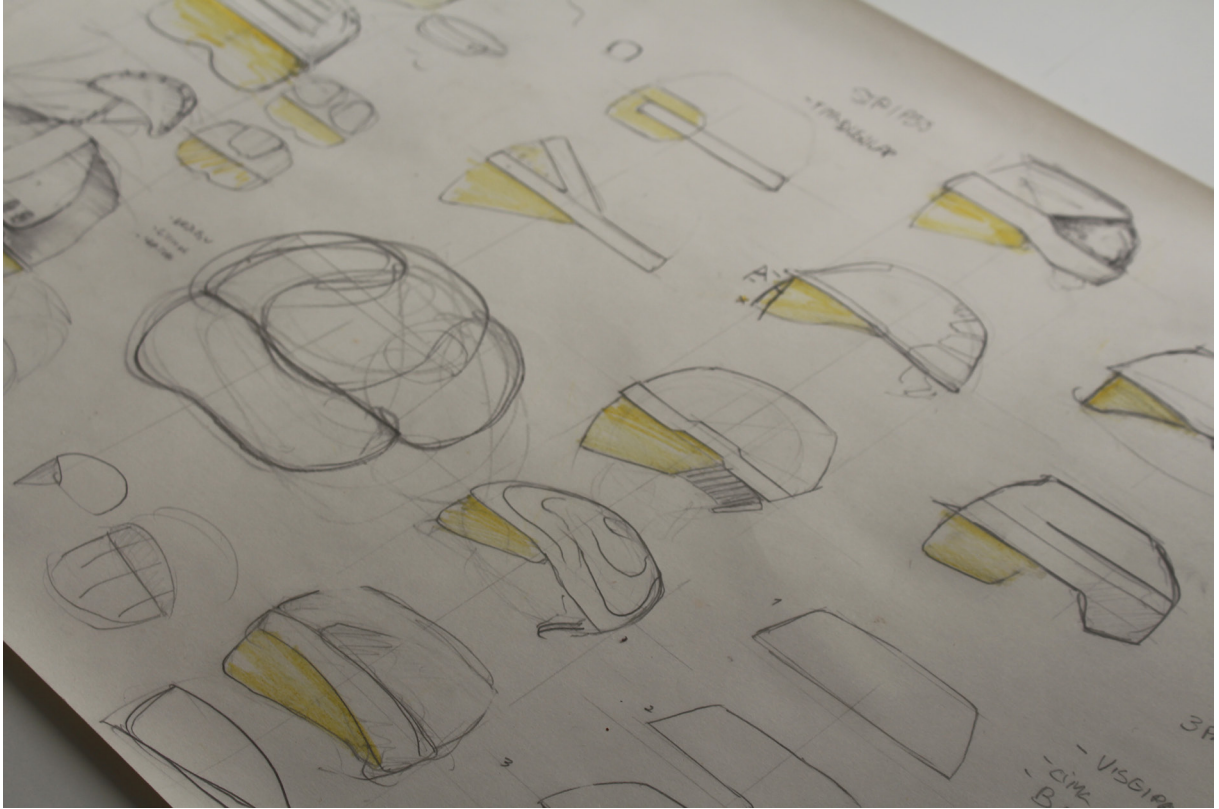


Fig. 93

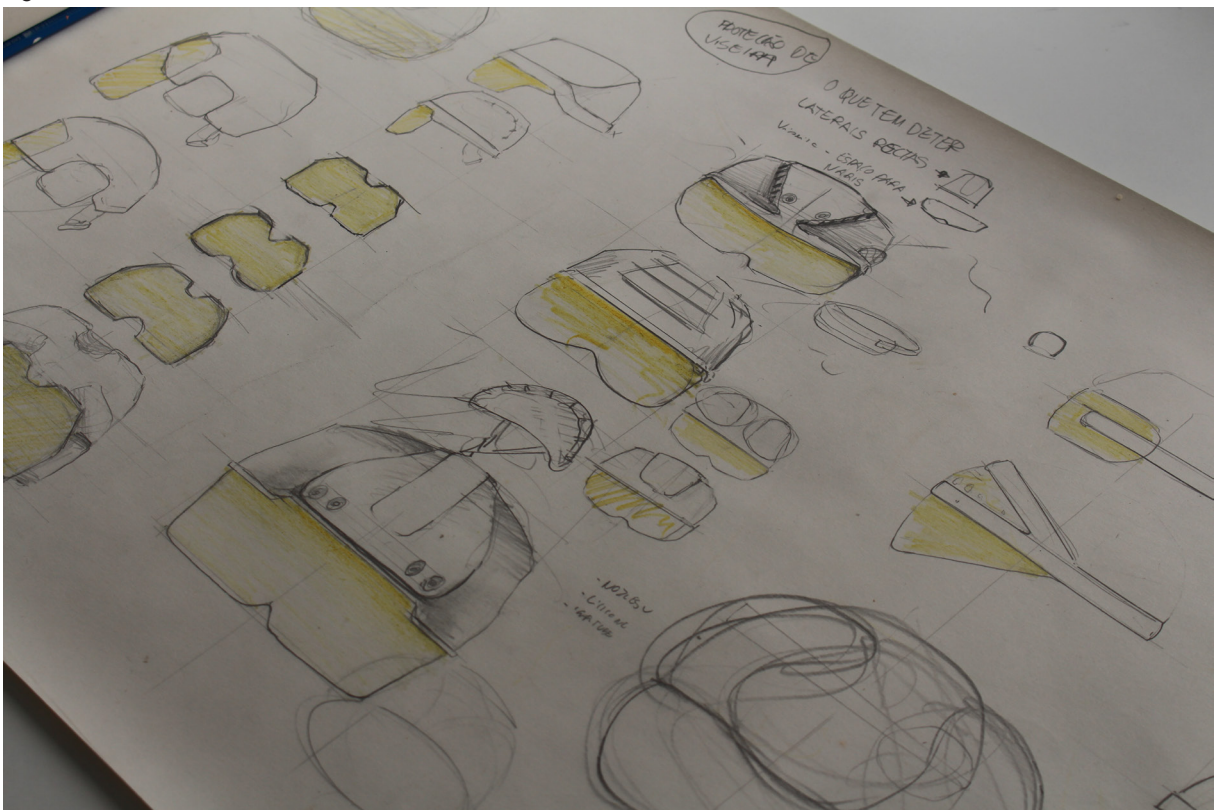


Fig. 94

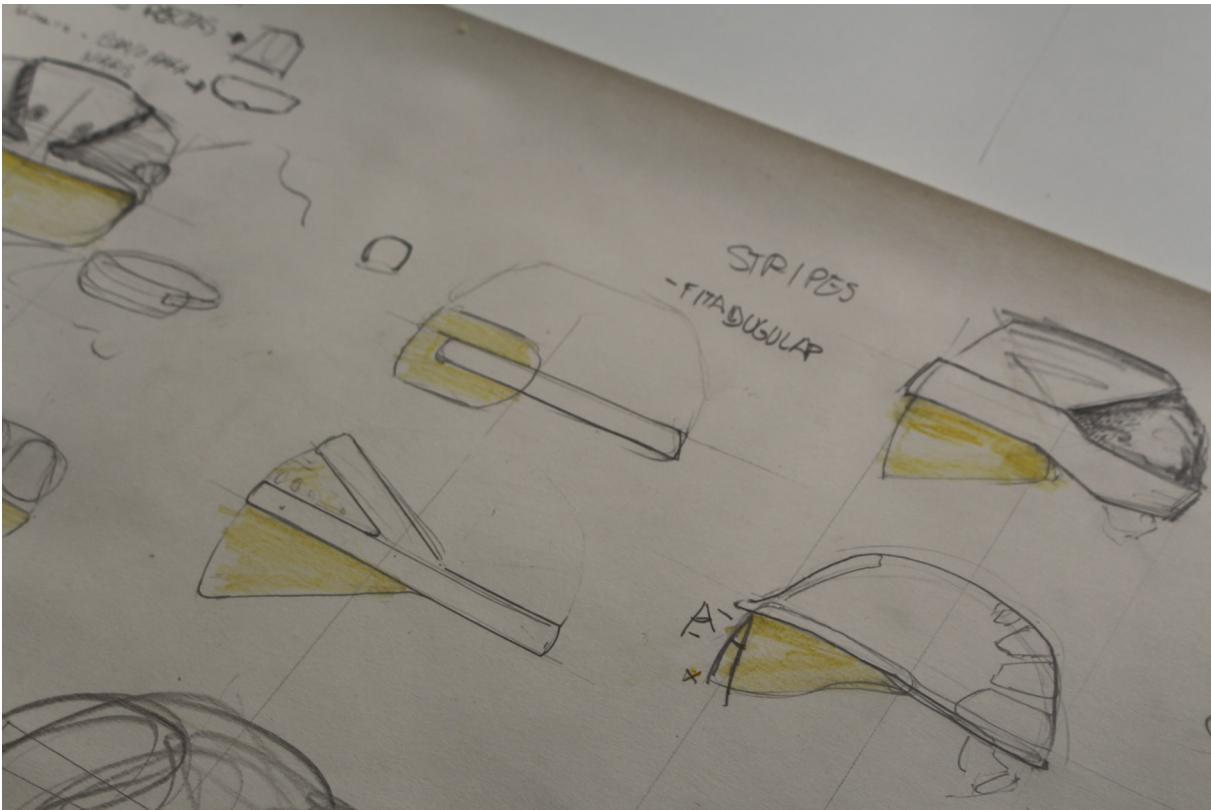


Fig. 95

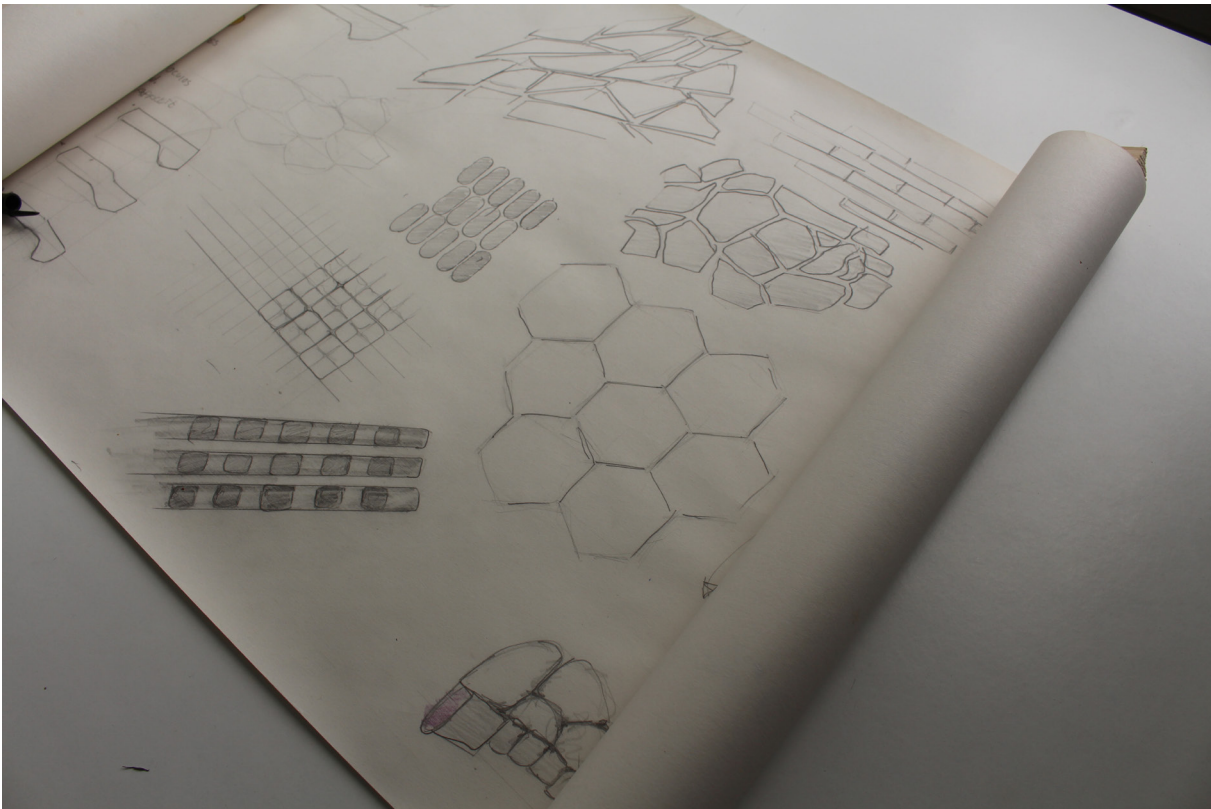


Fig. 96

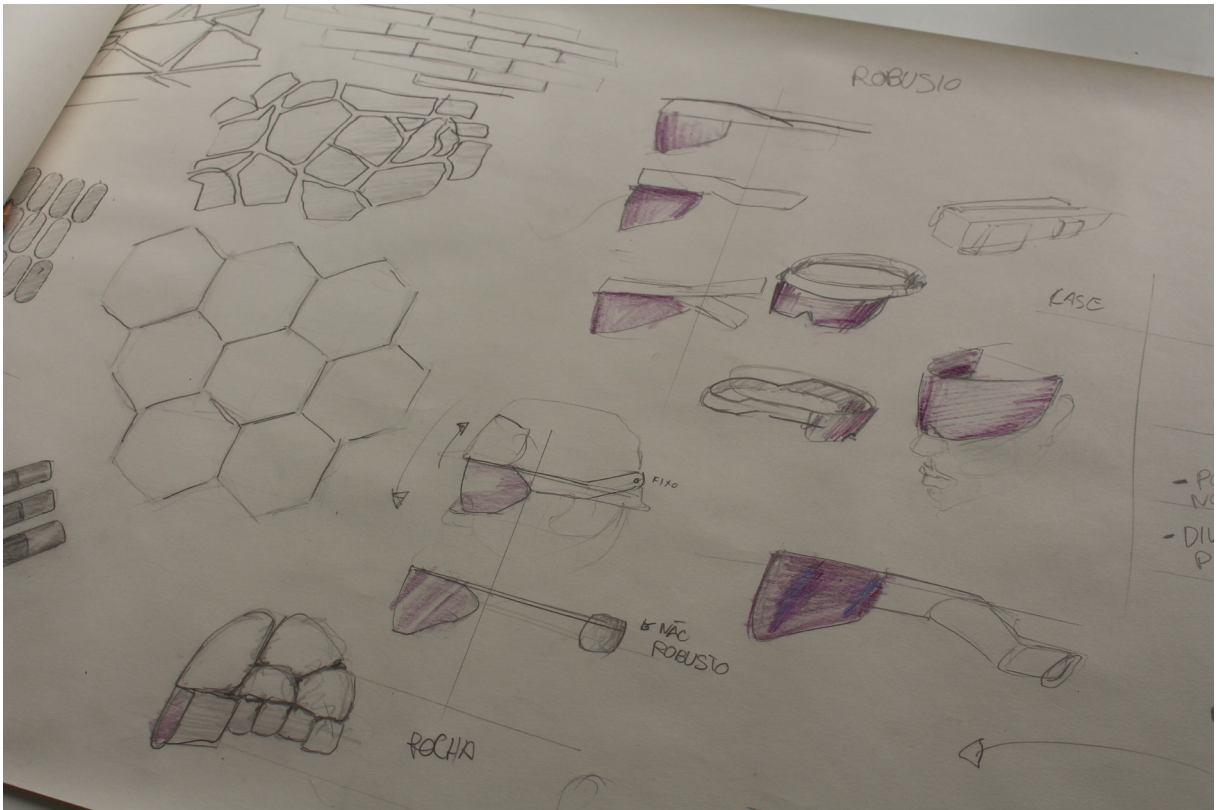


Fig. 97

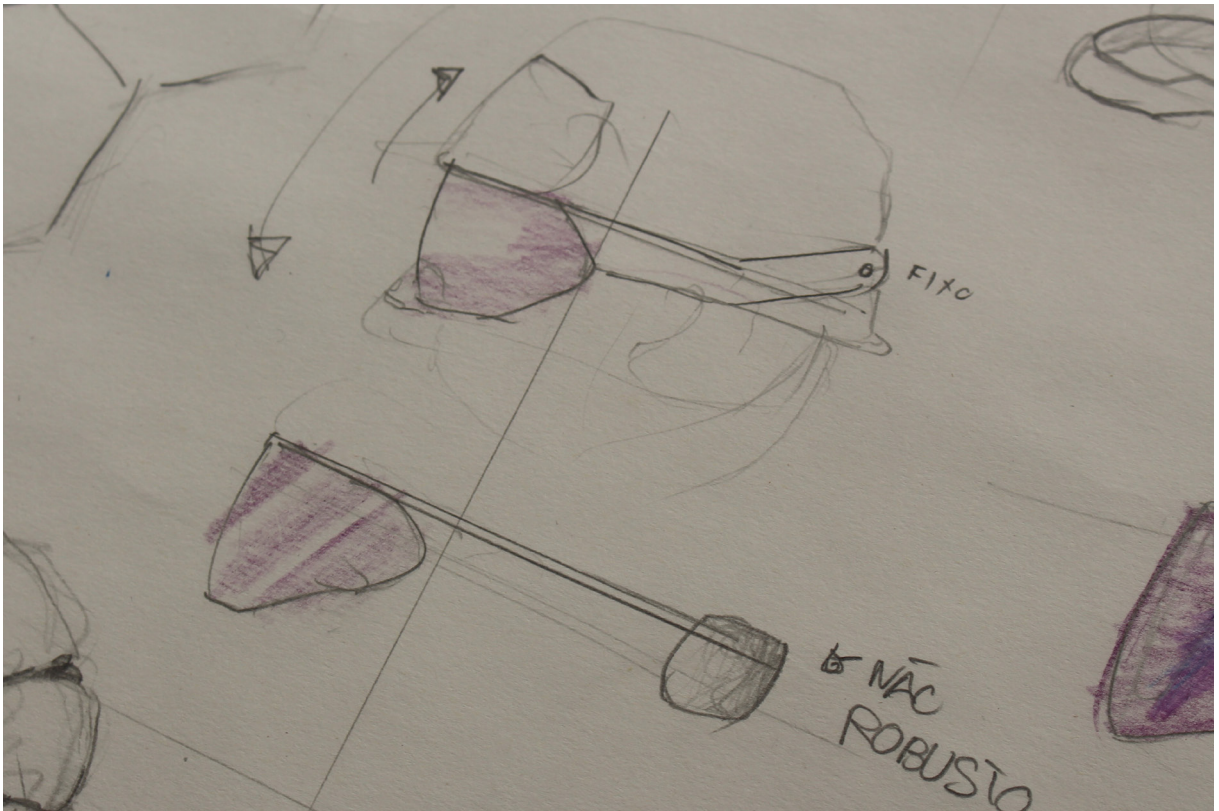


Fig. 98

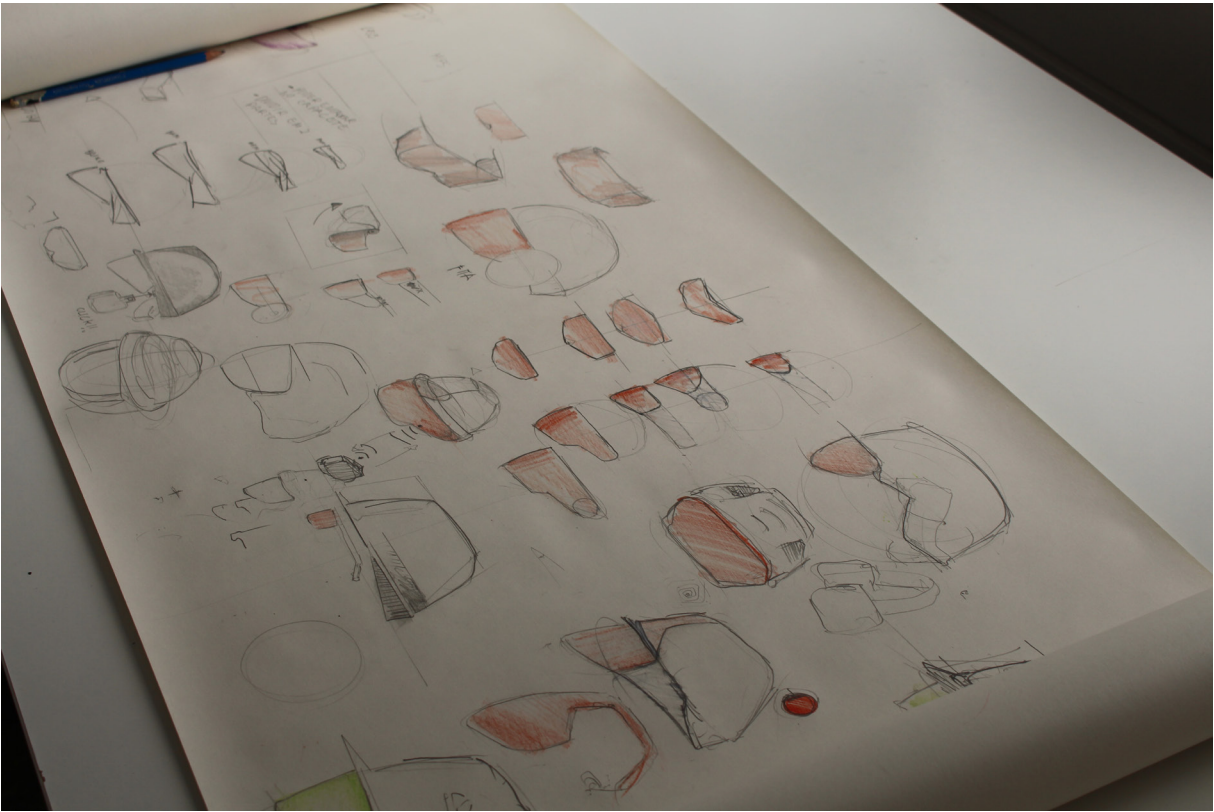


Fig. 99

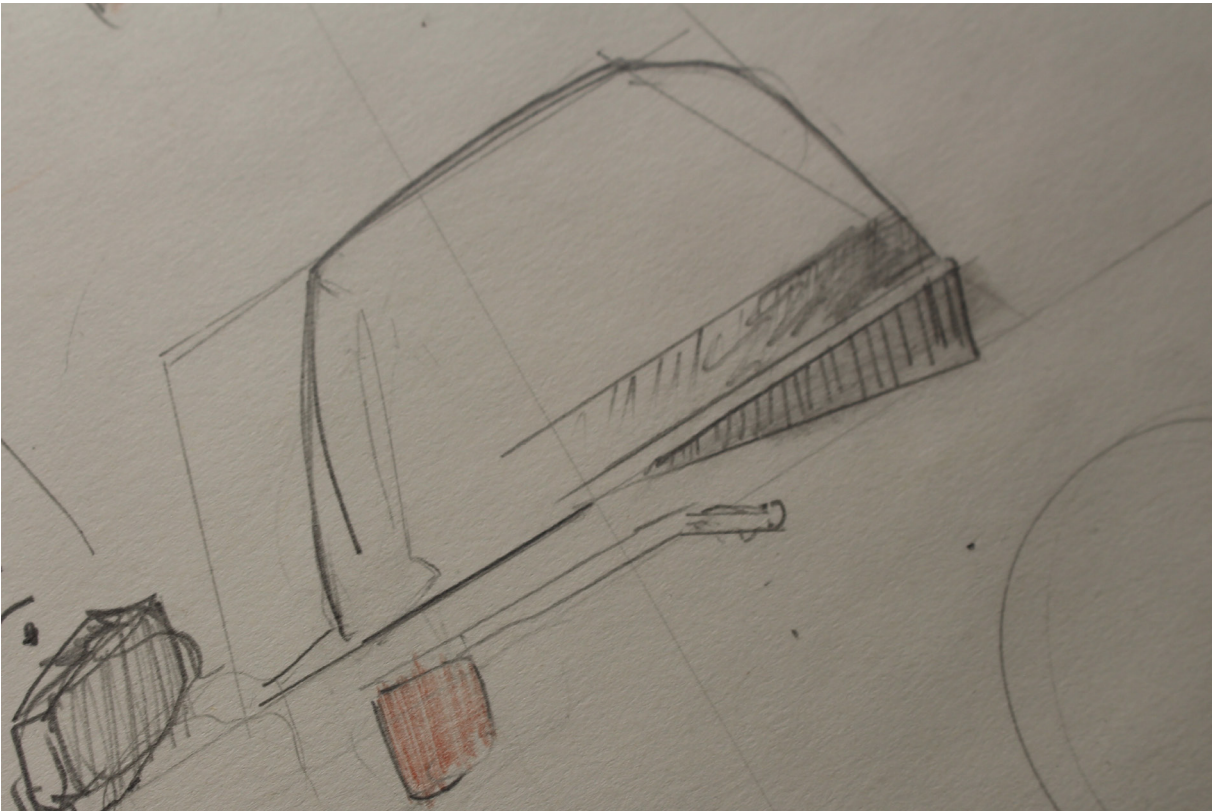


Fig. 100

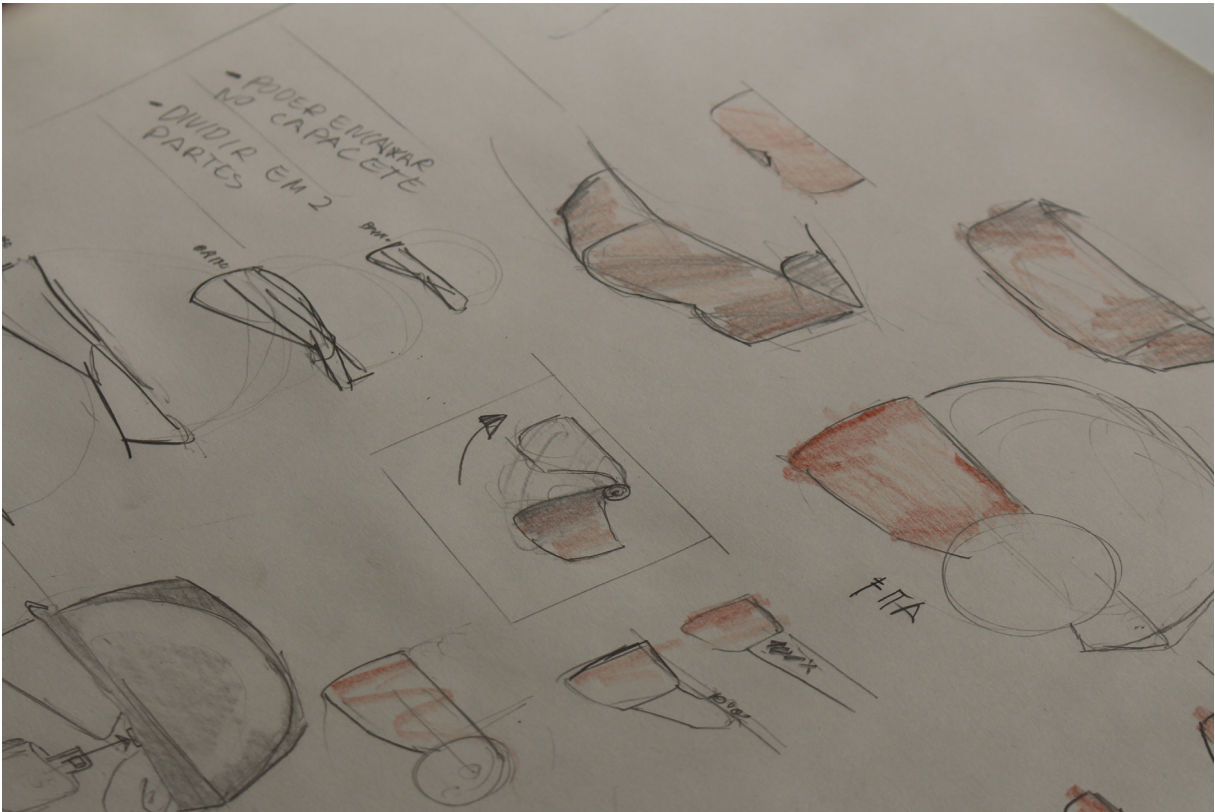


Fig. 101

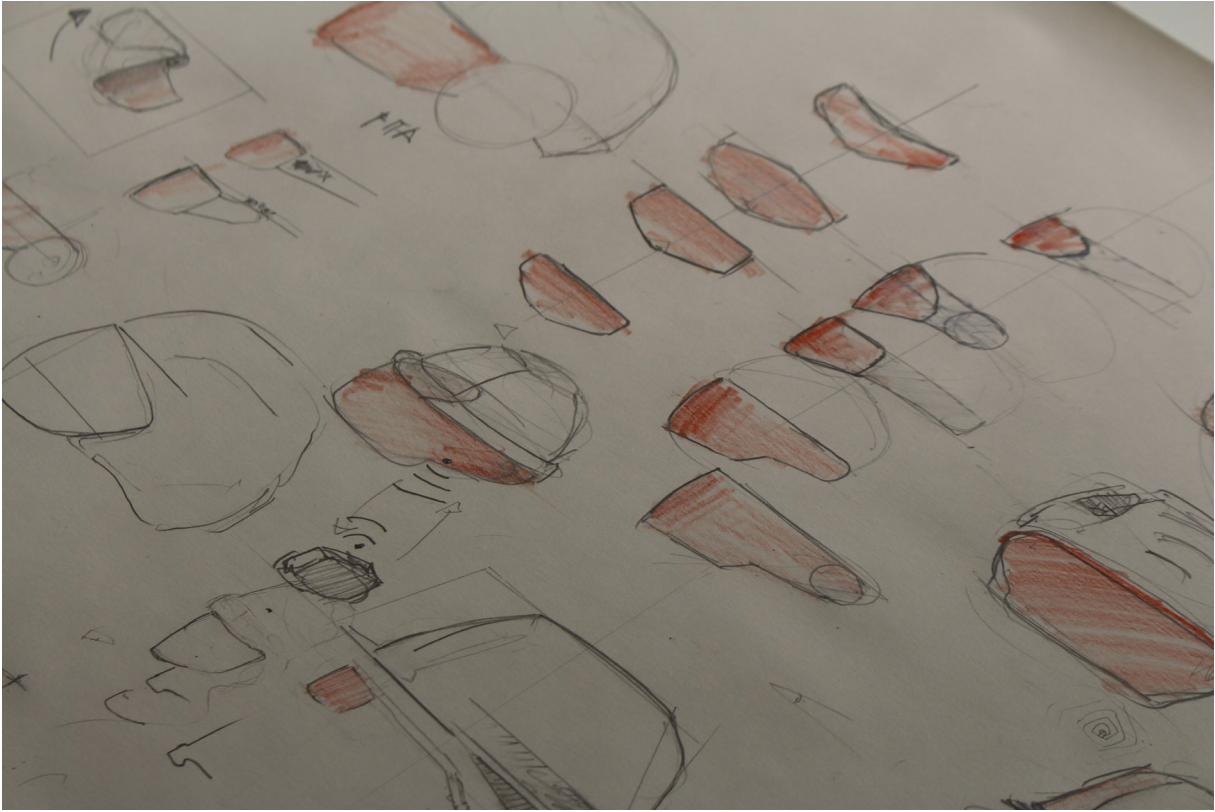


Fig. 102



Fig. 103

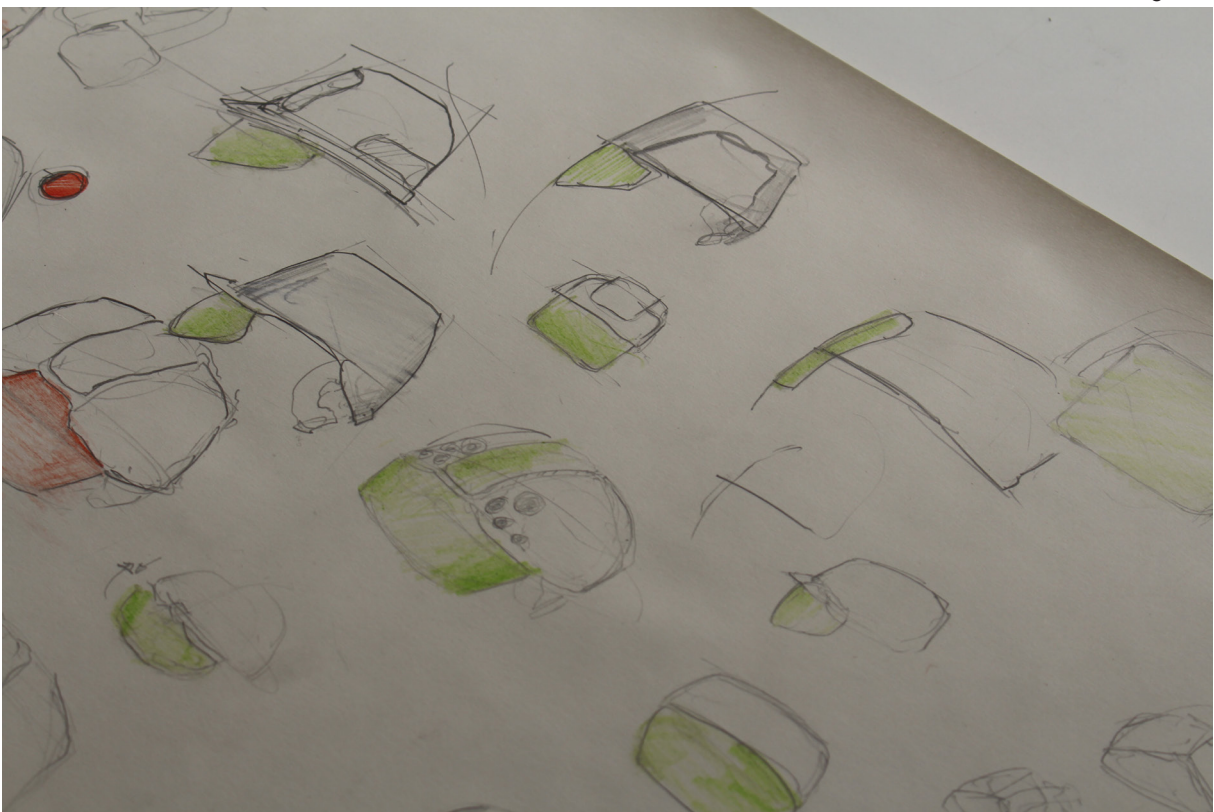


Fig. 104

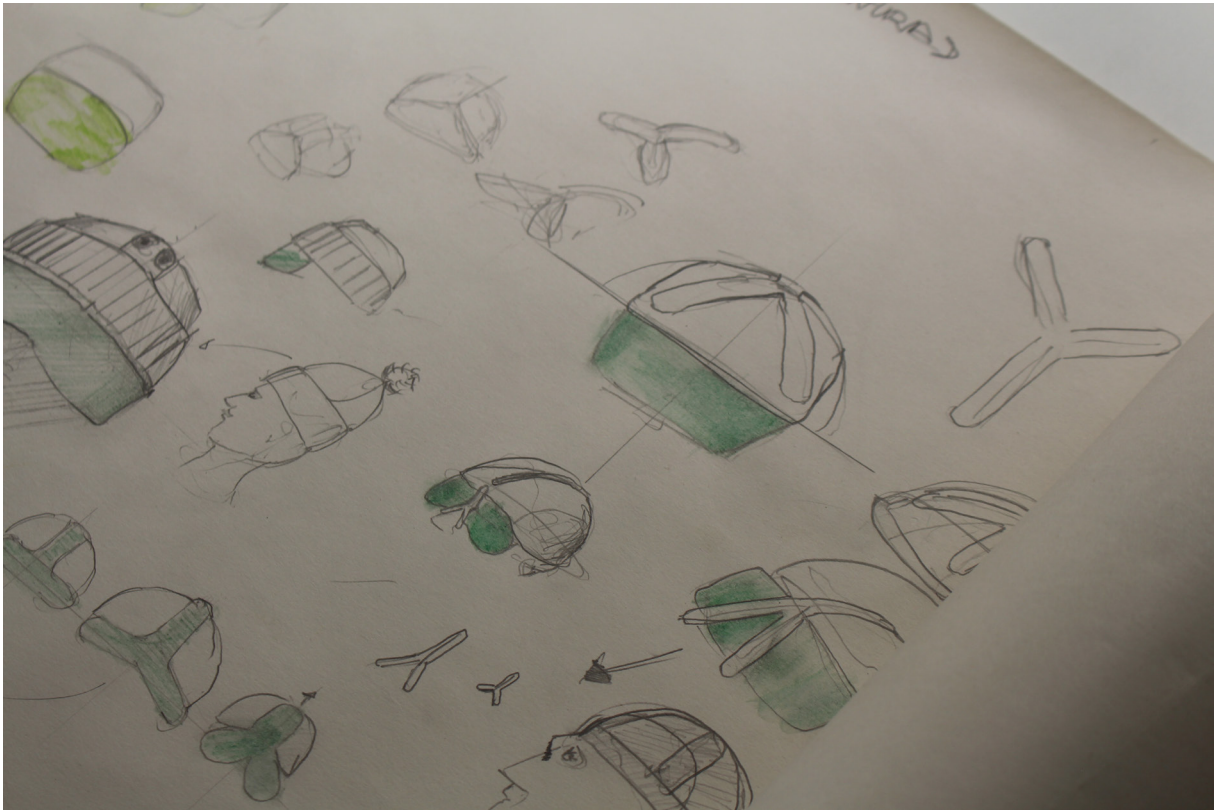


Fig. 105

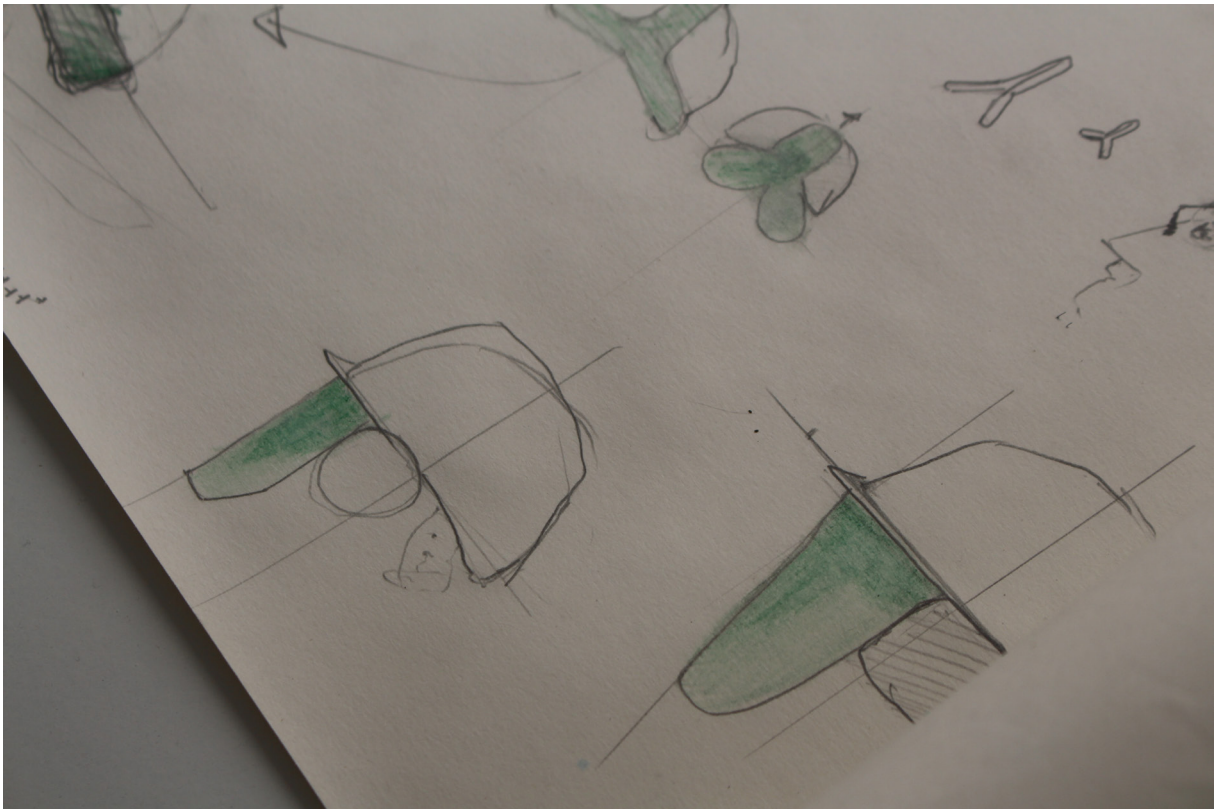


Fig. 106

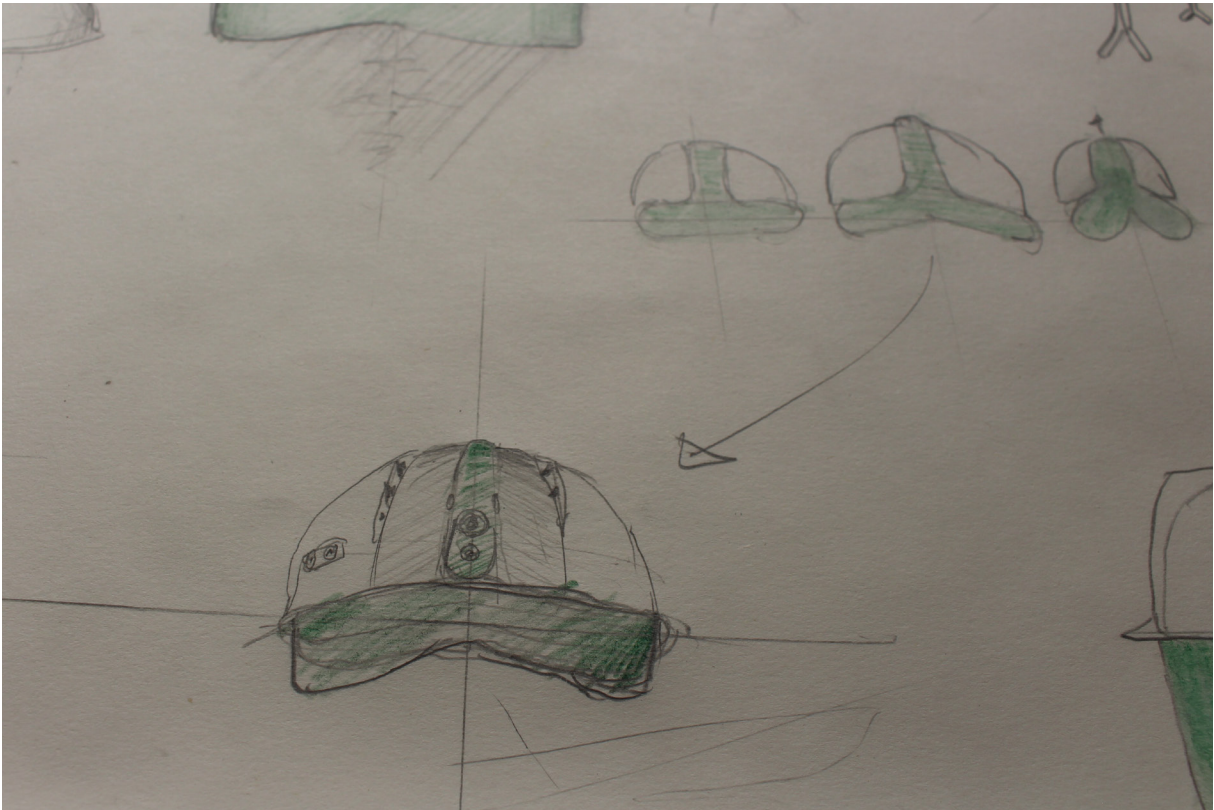


Fig. 107



Fig. 108

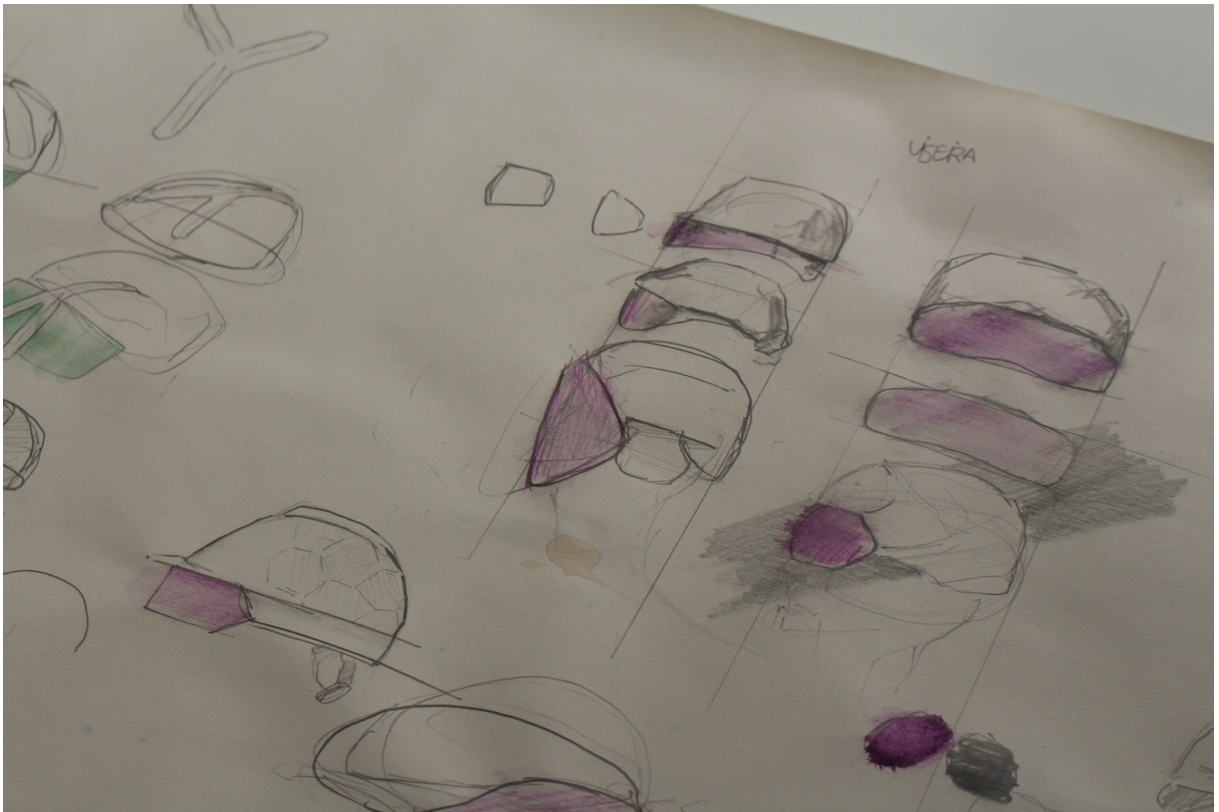


Fig. 109

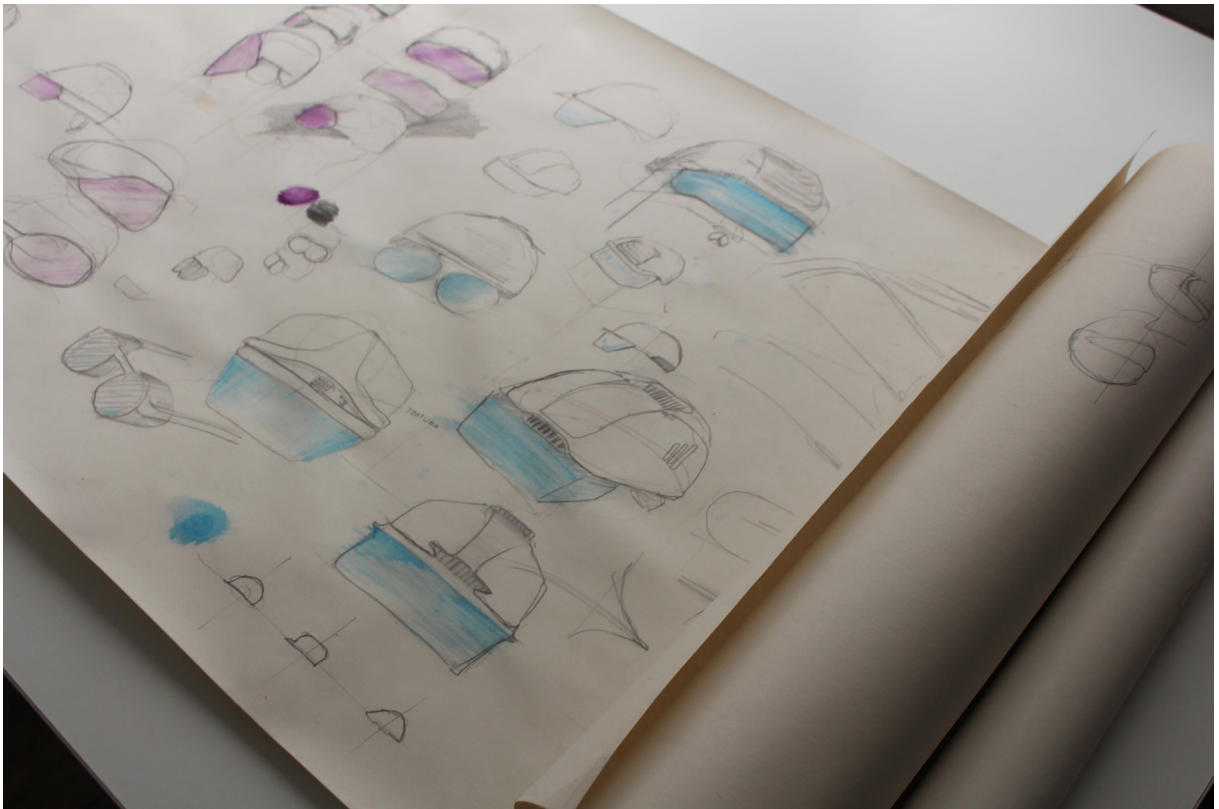


Fig. 110

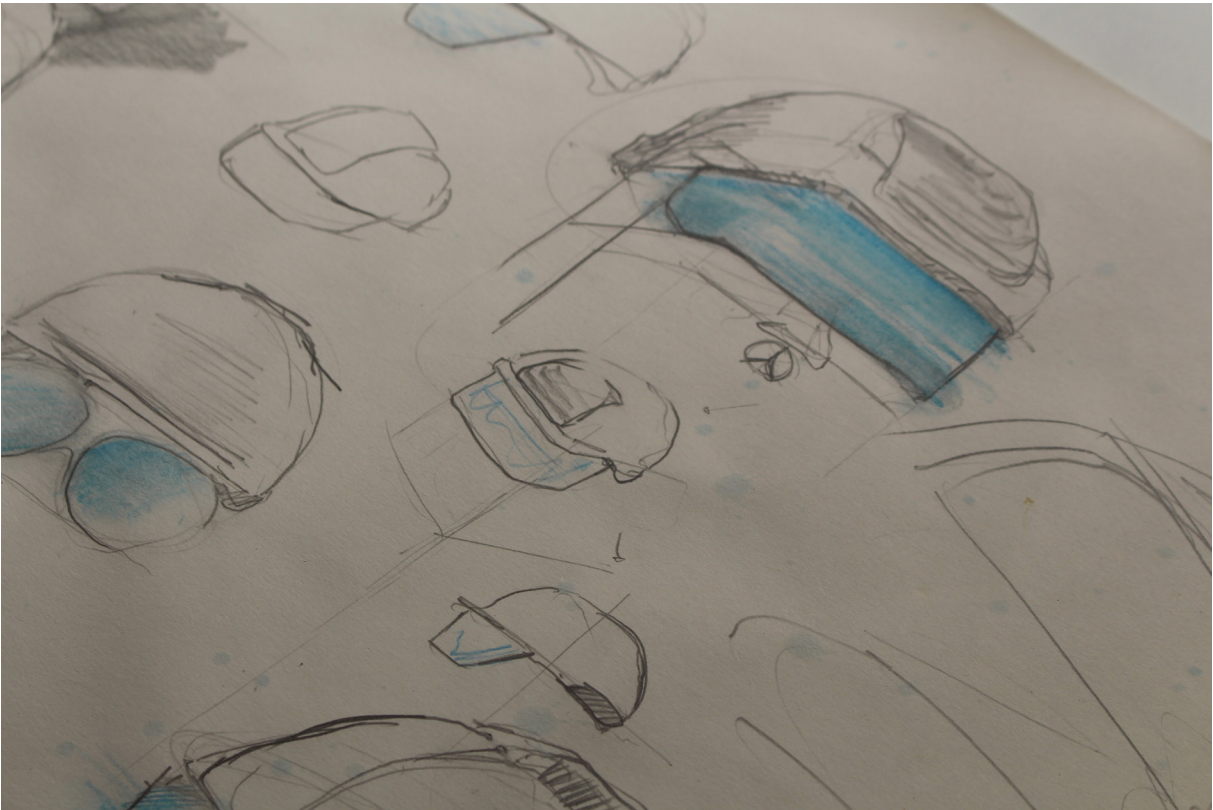


Fig. 111



Fig. 112

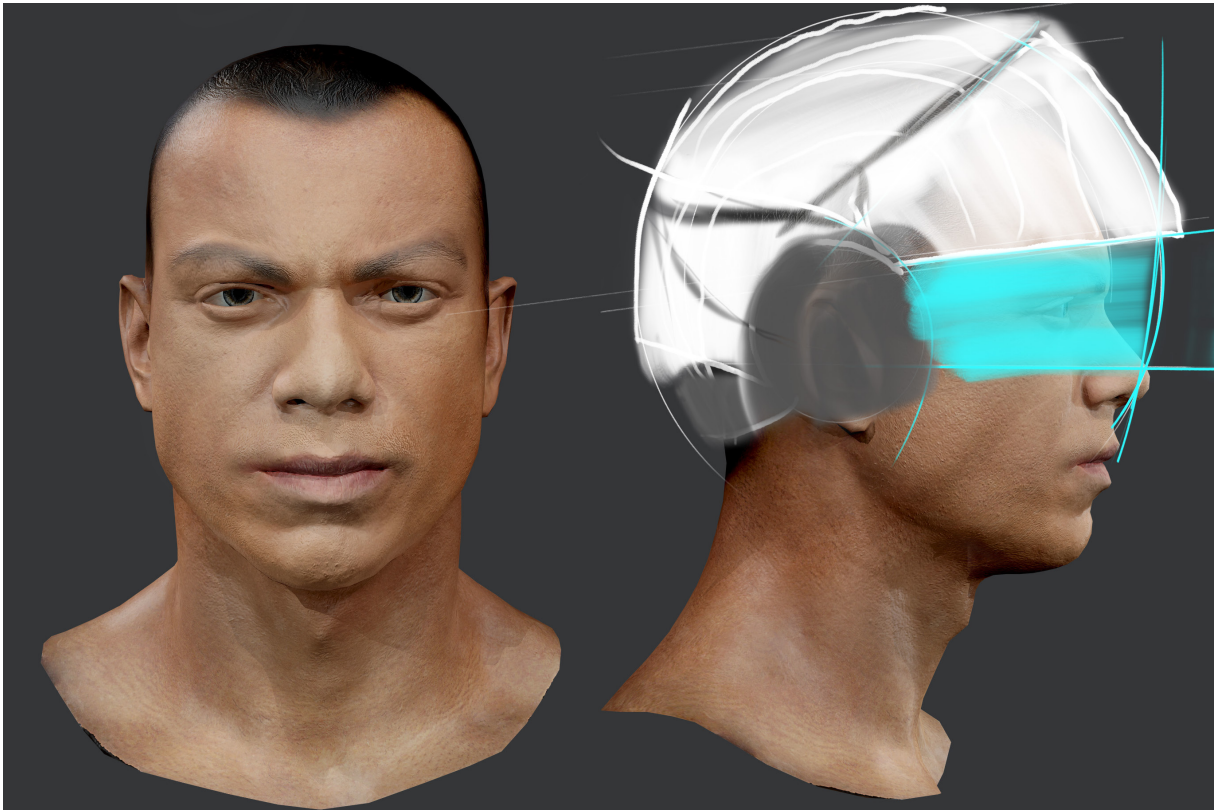


Fig. 113

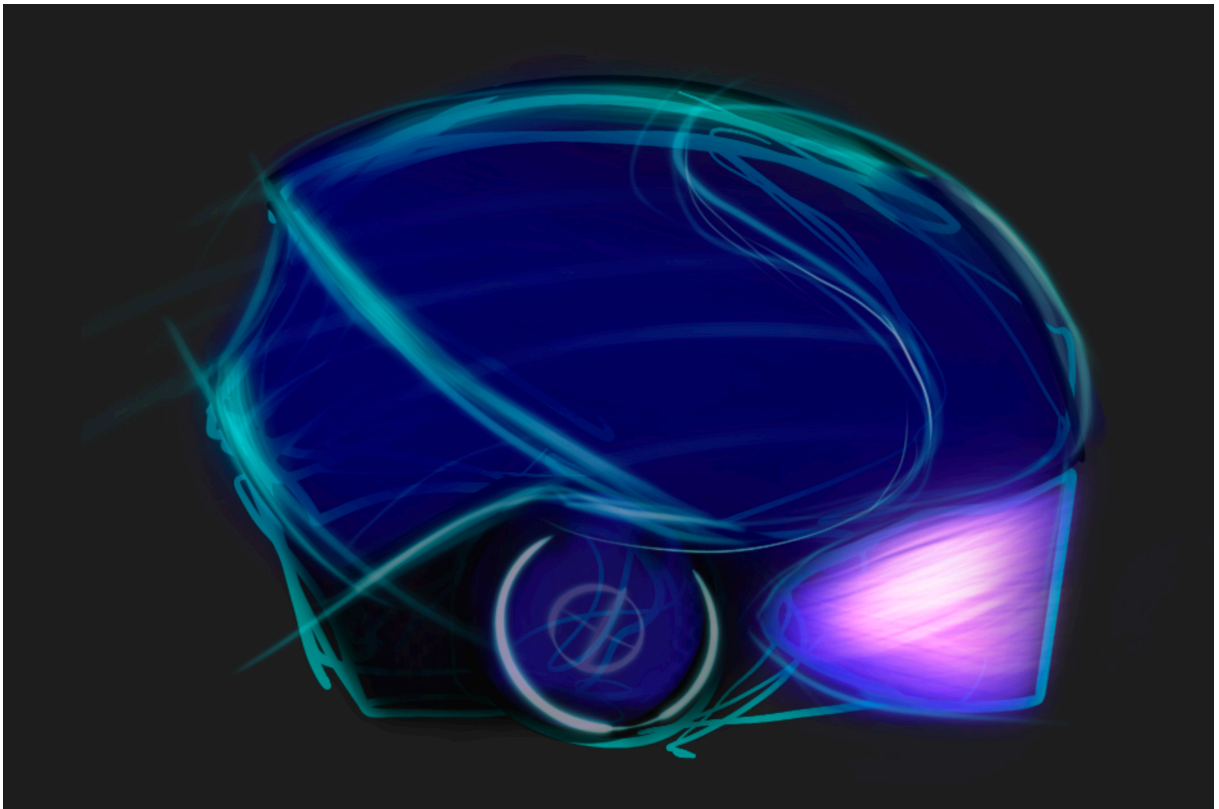


Fig. 114



Fig. 115

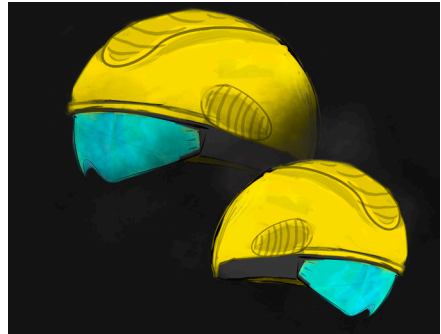


Fig. 116

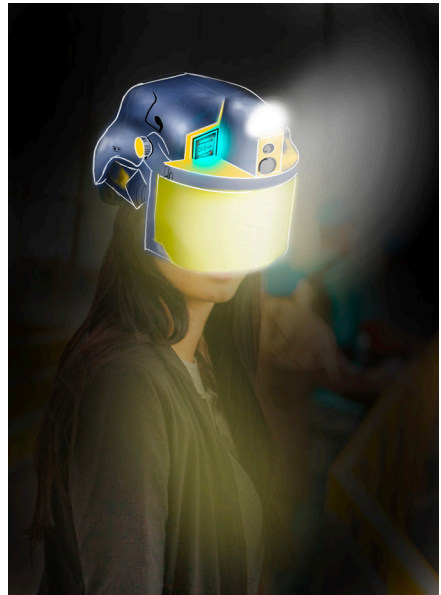


Fig. 117

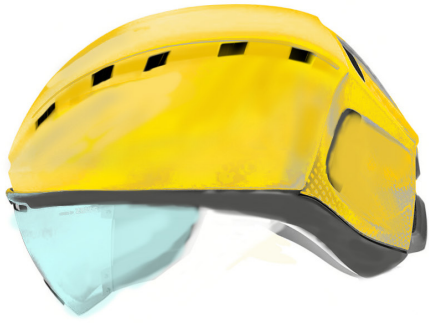


Fig. 118



Fig. 117

Fig. 119



Fig. 120

Fig. 121



Fig. 122

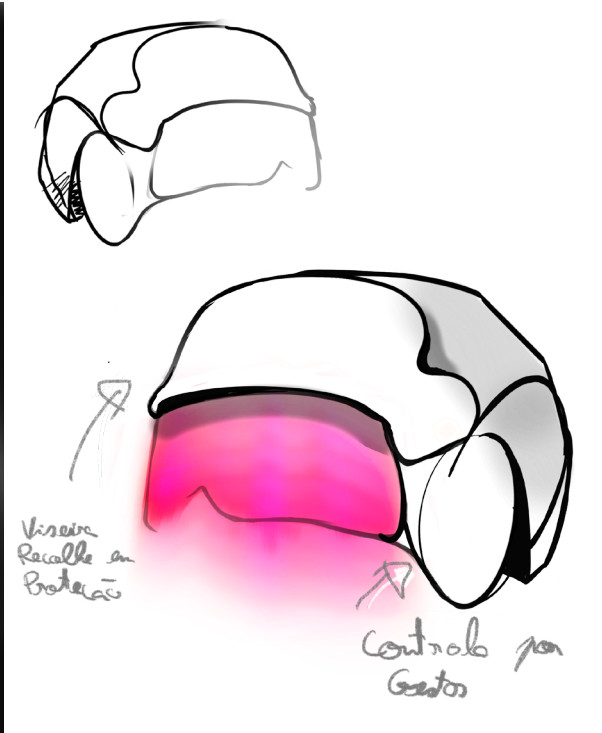


Fig. 123



Fig. 124

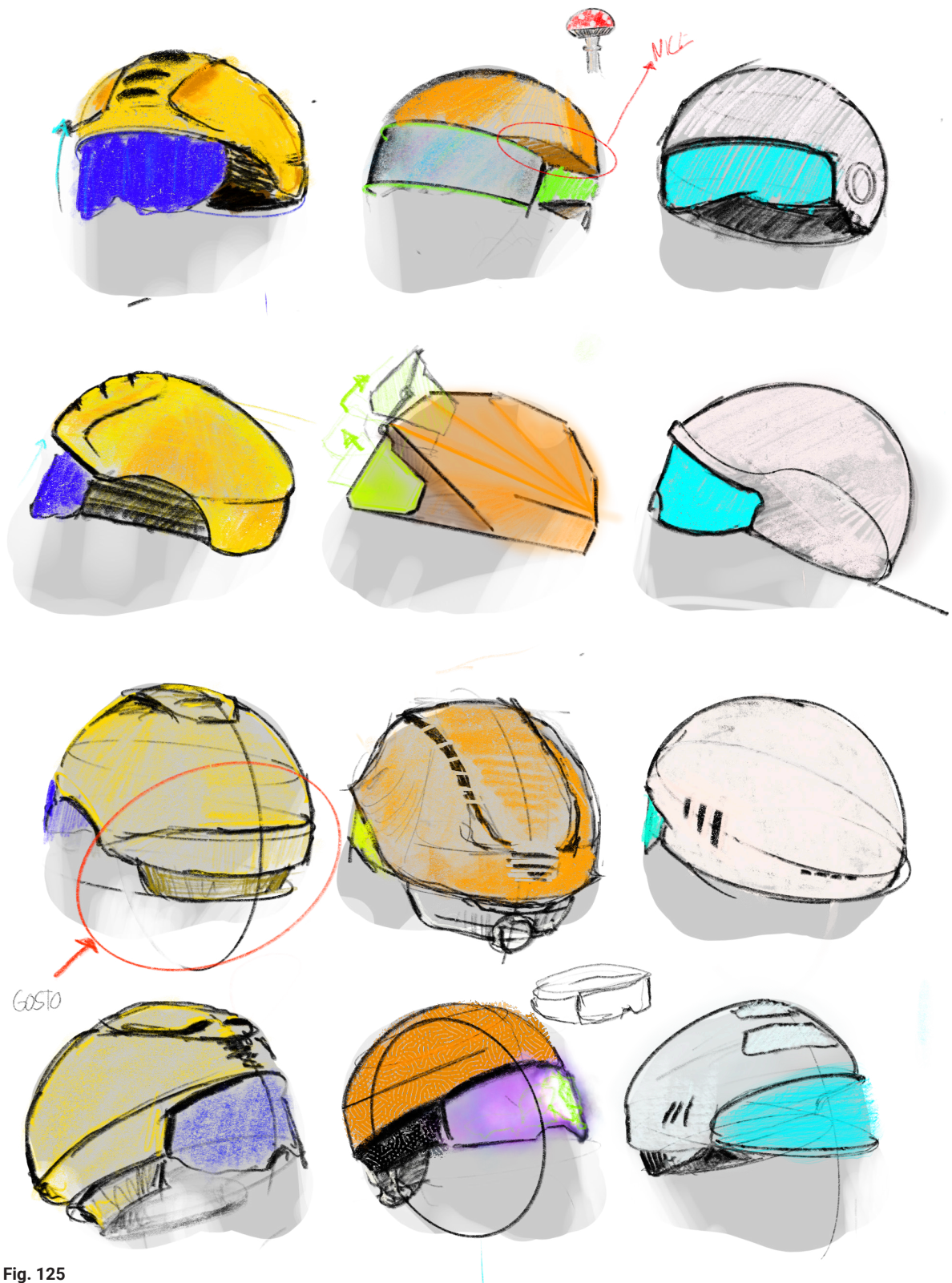


Fig. 125

## 5.6 REUNIÃO COM GRUPO DE DESIGNERS

Após uma exaustiva fase de ideação, esboços e prototipagem, foi agendada uma reunião com vários designers. A sessão em causa foi programada usando como referência o livro 101 Design Methods (2013) de Vijay Kumar que no capítulo 5.5 da página 213 explora este método para o desenvolvimento e clarificação de conceitos.

### **Tópicos abordados na sessão:**

- Observação de referências;
- Análise de produtos;
- Análise de desenhos;
- Análise de modelos de volume;
- Identificação de formas, texturas, encaixes e botões que sejam adequadas ao ambiente de obra;
- Discussão sobre sustentabilidade;
- Seleção do conceito que mais se adequa aos objetivos do projeto;

No decorrer da sessão foi analisado o trabalho desenvolvido até então: desenhos, protótipos, formas, texturas, aplicações do produto e estudo de mercado, com o intuito de estruturar a ideação e identificar possíveis caminhos para o projeto, trazendo novas perspectivas por parte de outros colegas da área disciplinar do design.

Numa primeira fase identificaram-se as ideias mais promissoras, de seguida estas foram postas em causa no encontro de possíveis problemas nas mesmas. Uma das maiores objeções seria a sustentabilidade e vida útil do dispositivo, sobre a qual se chegou a conclusão que o dispositivo devia possuir características que o tornassem o mais duradouro possível, permitindo facilmente a reparação e substituição de componentes, por exemplo, de câmaras e sensores de conexão rápida em caso de avaria. Foi também abordada a necessidade de as baterias serem removíveis, visto que é um componente de fácil desgaste e que ao fim de algum uso começam a perder a sua capacidade de retenção de energia, podendo ser trocadas quando necessário. O que se percebeu ser também uma forma de agilizar o uso do dispositivo no contexto de trabalho, visto que, pode-se efetuar a troca de baterias assim que estiverem descarregadas, o que não aconteceria se estas não fossem removíveis do dispositivo.

A gestão de resíduos eletrónicos tem sido nos últimos anos um dos maiores problemas para o planeta causando cenários de enorme insustentabilidade tanto a nível ambiental como social. Atualmente os fluxos de lixo eletrónico contam com o maior e mais rápido crescimento do mundo uma vez que apenas 30% deste é reciclado, acabando na sua maioria em países menos industrializados de forma ilegal. Sendo a sustentabilidade a par da digitalização um dos maiores focos das políticas europeias até 2030, qualquer conceito desenvolvido terá que ter preocupações a este nível. Admitindo a projeção de um produto para daqui a 10 anos, este não poderá nunca ser - por essa razão - um aspeto negligenciado.

Posto isto, chegou-se também à importante conclusão que as visões iniciais, em que o capacete (EPI) possuía a tecnologia aplicada no mesmo, não é uma opção tão viável ao nível da gestão de recursos de forma sustentável. O capacete está sempre sujeito a danos para proteger o utilizador, sendo esse o seu propósito, sempre que um capacete fosse danificado teria que ser descartado e a tecnologia holográfica iria com ele.

O prejuízo seria enorme, contudo, se a tecnologia estiver separada do capacete e da viseira, aquando a necessidade, esses EPI poderiam ser substituídos, preservando a parte eletrotónica. Outro facto importante é que os referidos EPI têm um prazo de validade, e, a substituição repetitiva do mesmo também implicaria custos desnecessários para a empresa.

Após esta discussão chegou-se à conclusão que o melhor seria desenvolver um ecossistema em que o dispositivo holográfico está separado de todos os EPI, e onde este se agrega de forma modular, através de encaixes e uniões. Uma visão mais promissora que ficou definida levando o projeto mais ao encontro dos objetivos pretendidos.



Fig. 126



Fig. 127



Fig. 128



Fig. 129

Fig. 126 à Fig. 129 - Documentação fotográfica da reunião

## 5.7 ITERAÇÃO DE REFERÊNCIAS VISUAIS

Com base nos resultados da sessão de ideação foi necessária a construção de uma nova moodboard mais direcionada para o novo conceito do dispositivo então idealizado, de maneira a encontrar formas mais condizentes com as novas necessidades.

Fig. 130- Nova moodboard





# 5.8 CAPACETE DE REFERÊNCIA

Fig. 131 à Fig. 136 - Capacete de referência



Fig. 131



Fig. 132



Fig. 133



Fig. 134



Fig. 135



Fig. 136

## 5.9 SKETCHES DO NOVO CONCEITO

Nos sketches do novo conceito surgiu com grande foco a forma de **U** que respondia às exigências de praticabilidade, simplicidade e modularidade necessárias, de forma a encaixar o dispositivo no capacete ou viseira (**Fig. 137 à Fig. 157**).

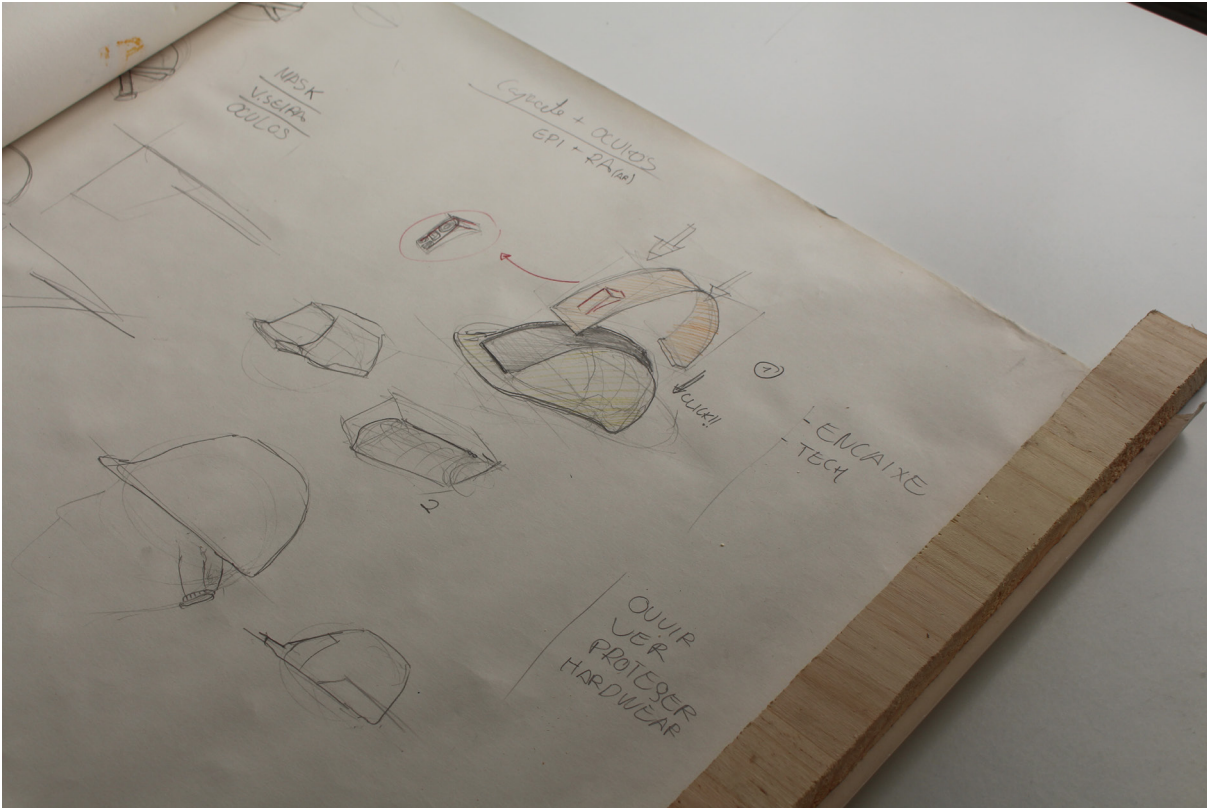


Fig. 137

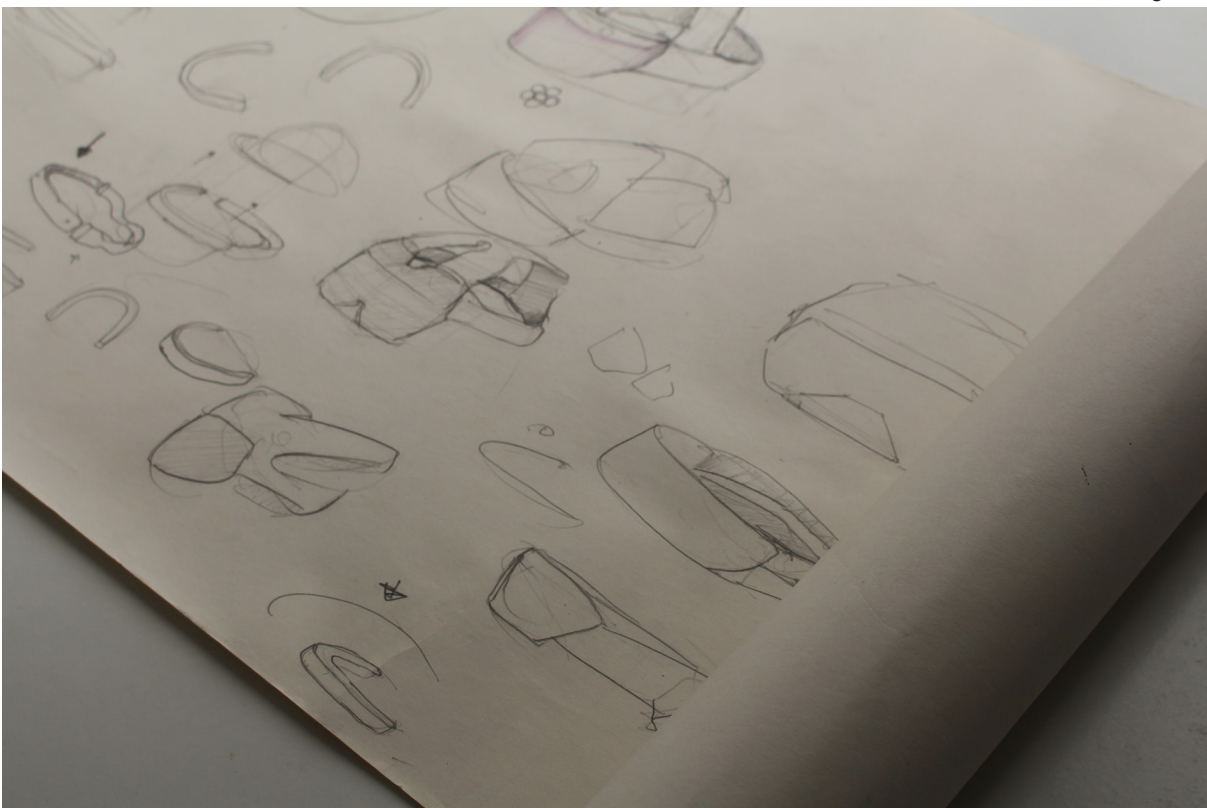


Fig. 138

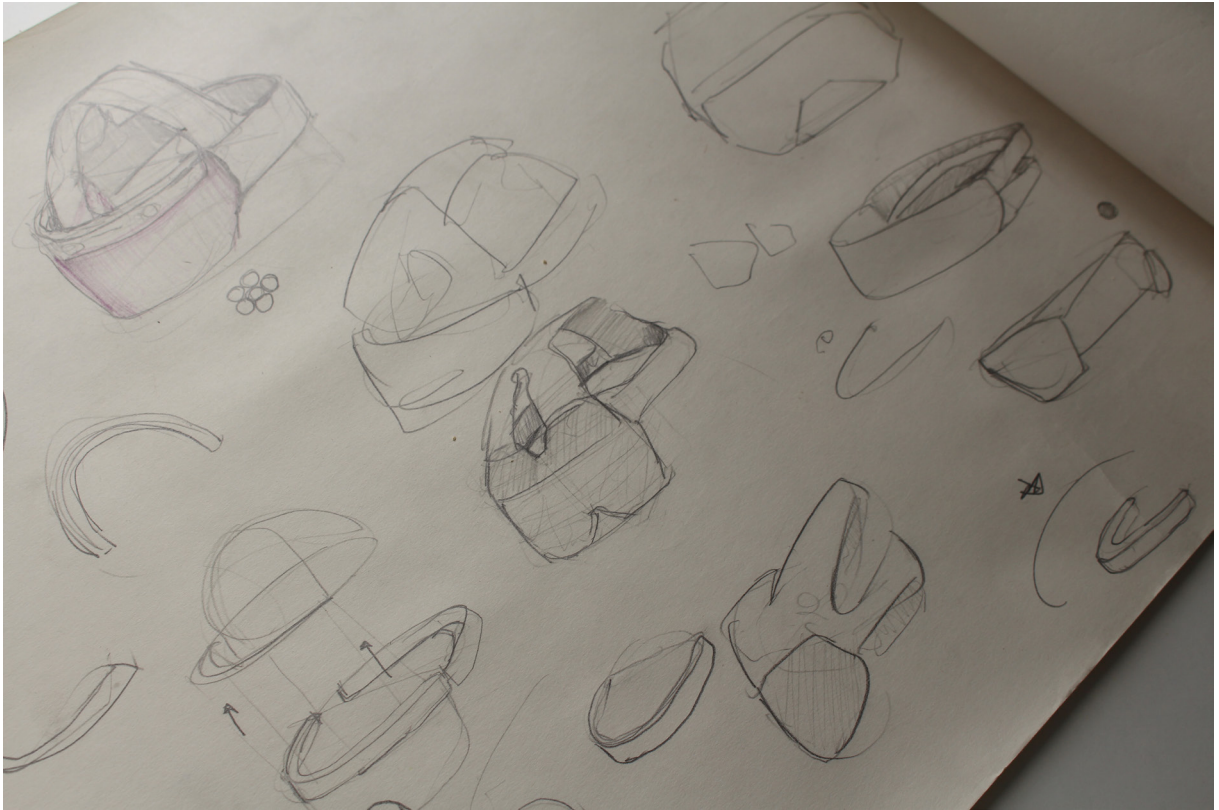


Fig. 139

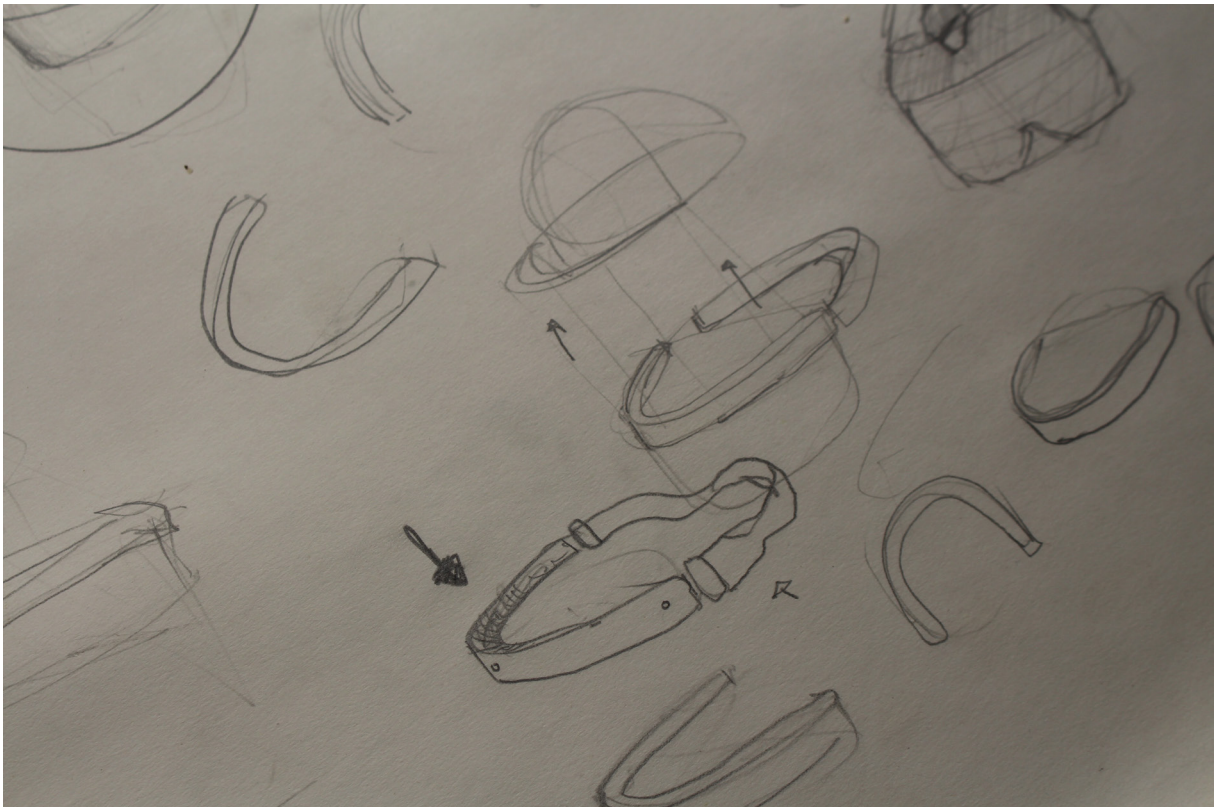


Fig. 140

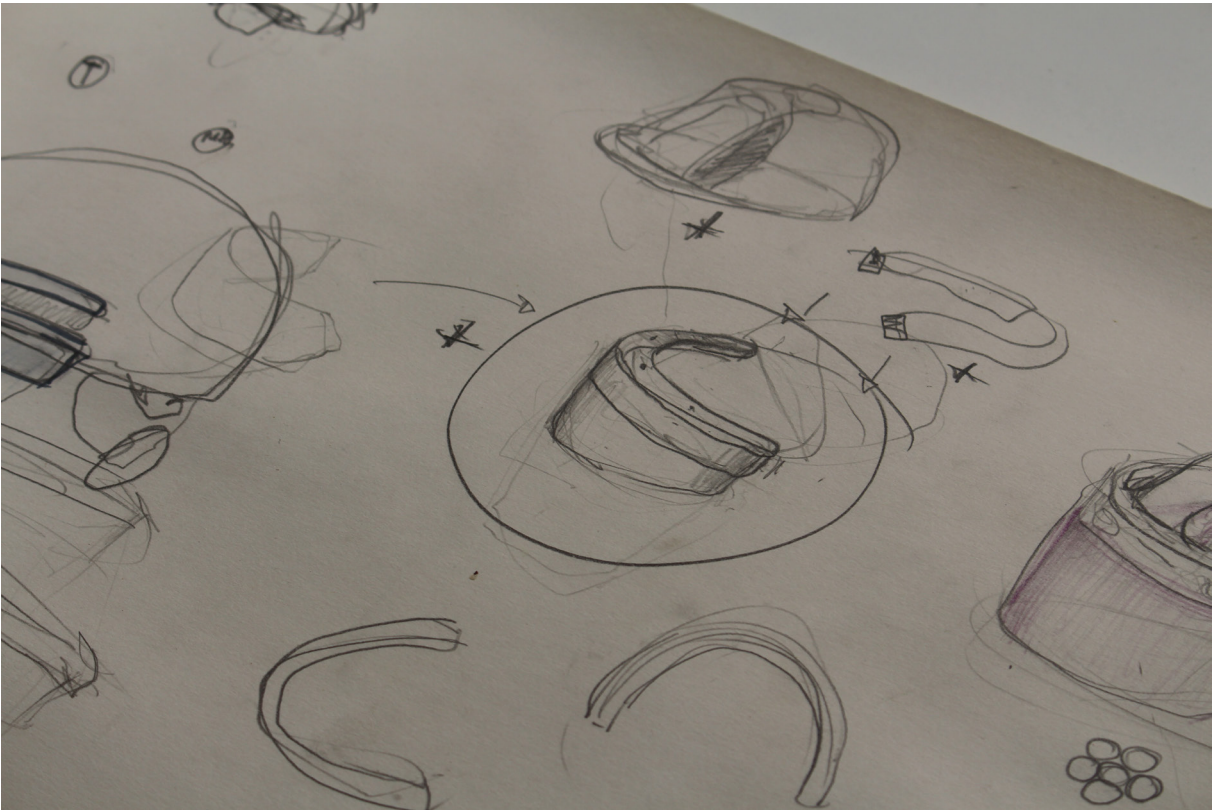


Fig. 141

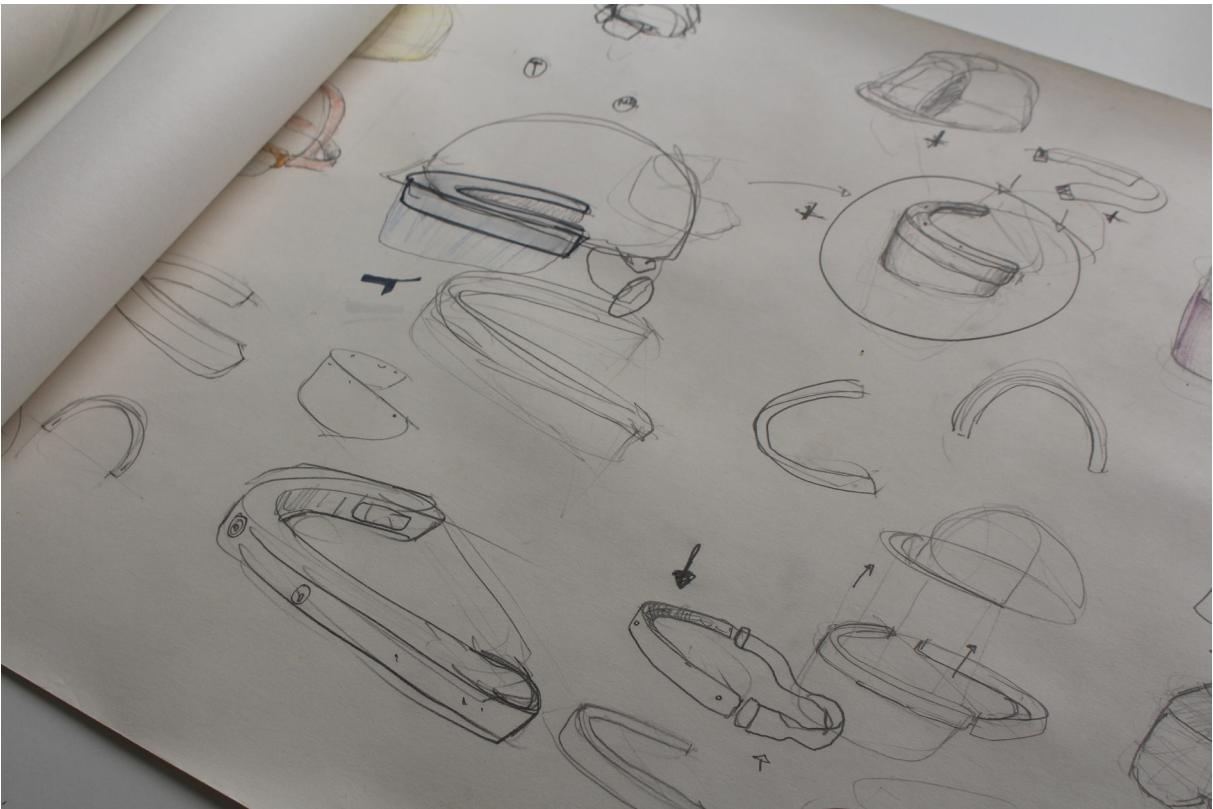


Fig. 142

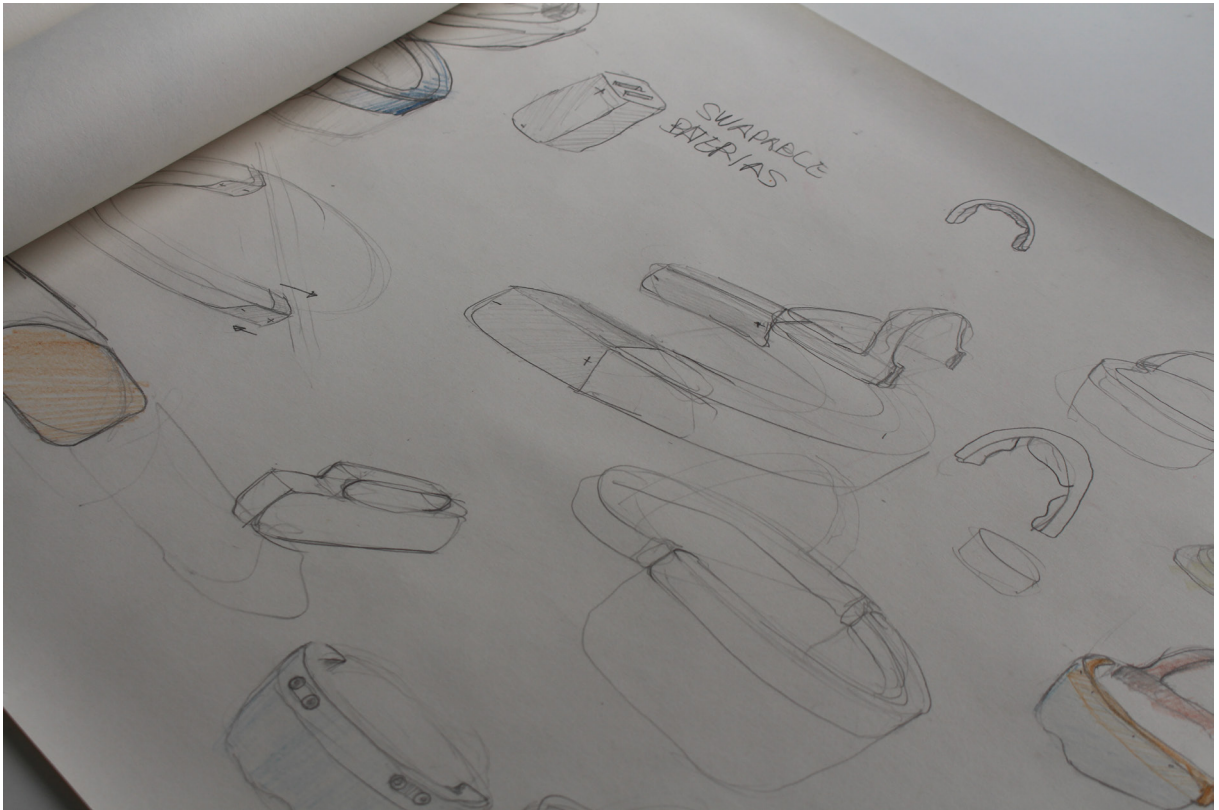


Fig. 143

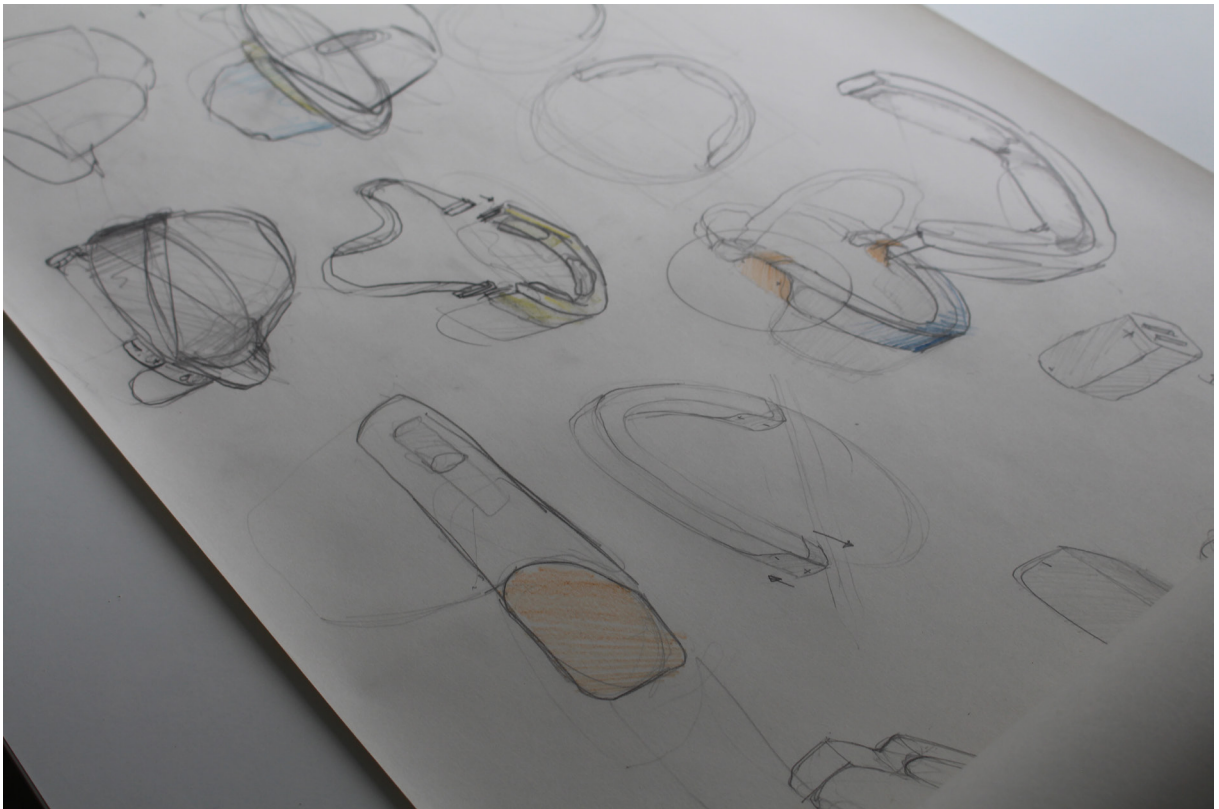


Fig. 144

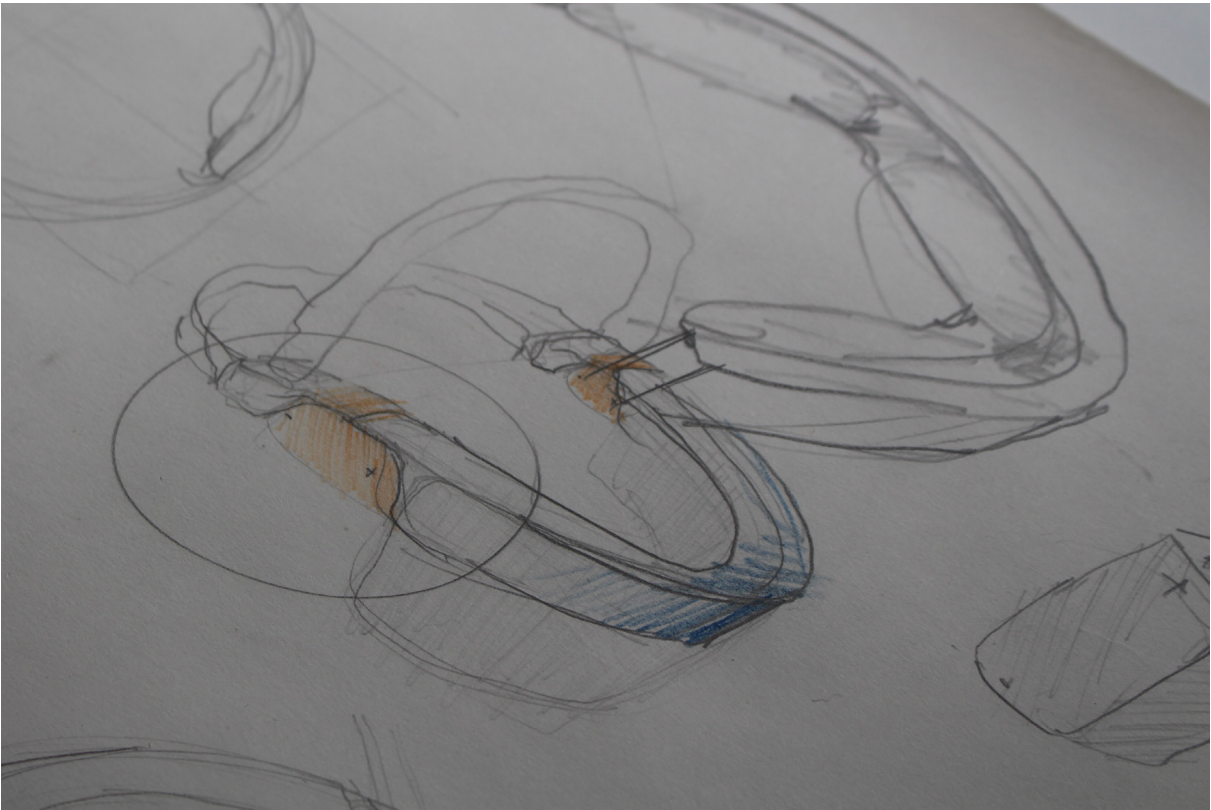


Fig. 145

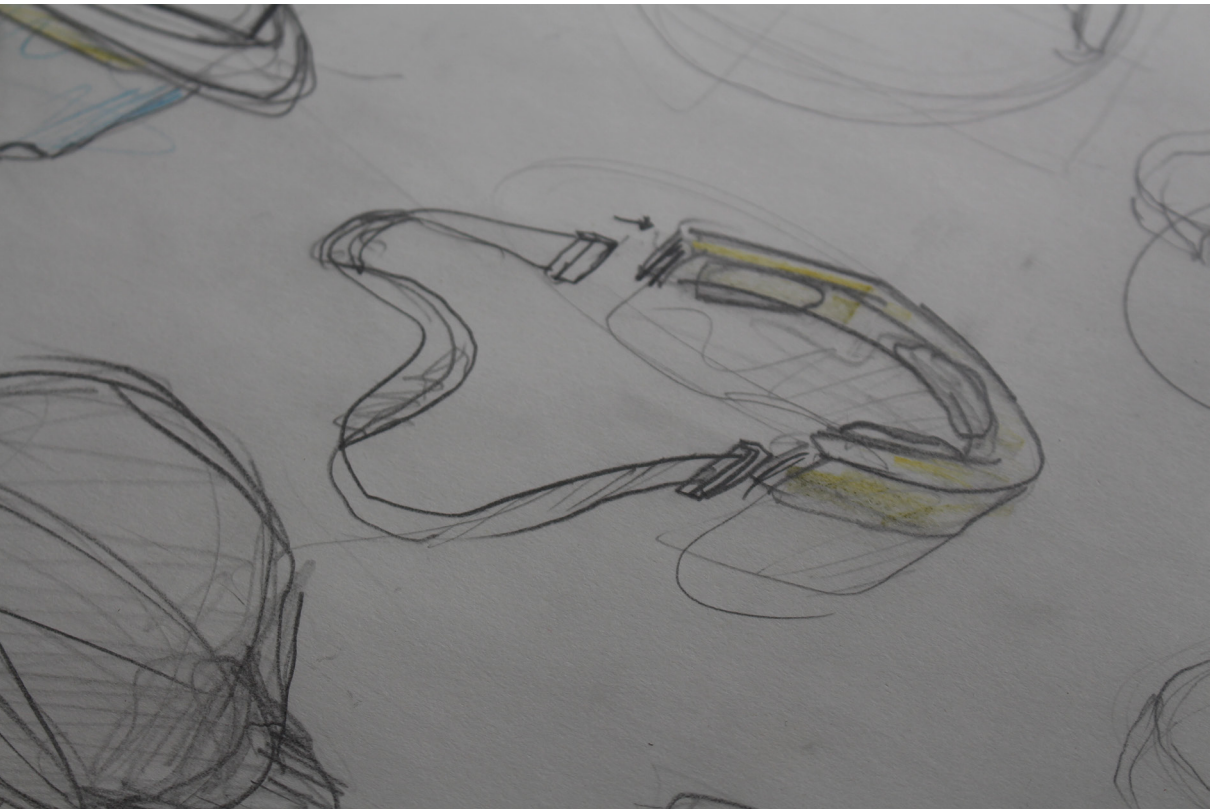


Fig. 146

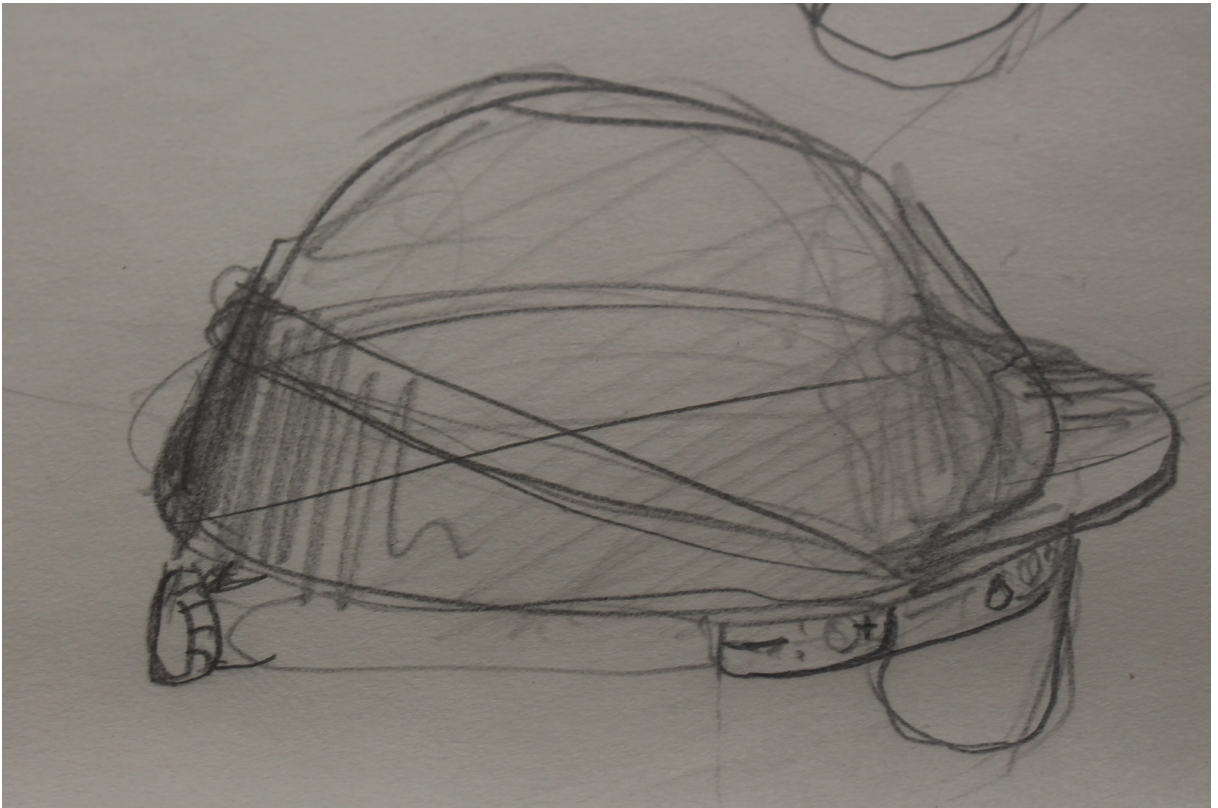


Fig. 147

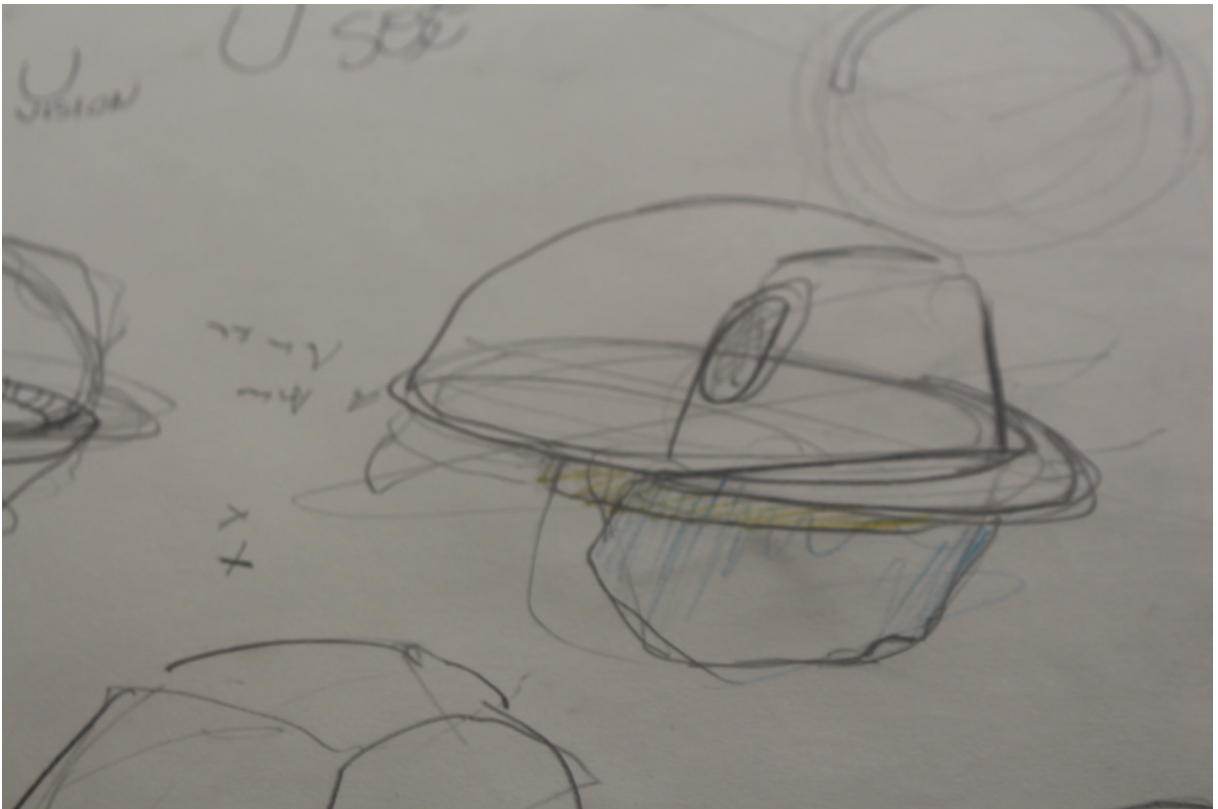


Fig. 148

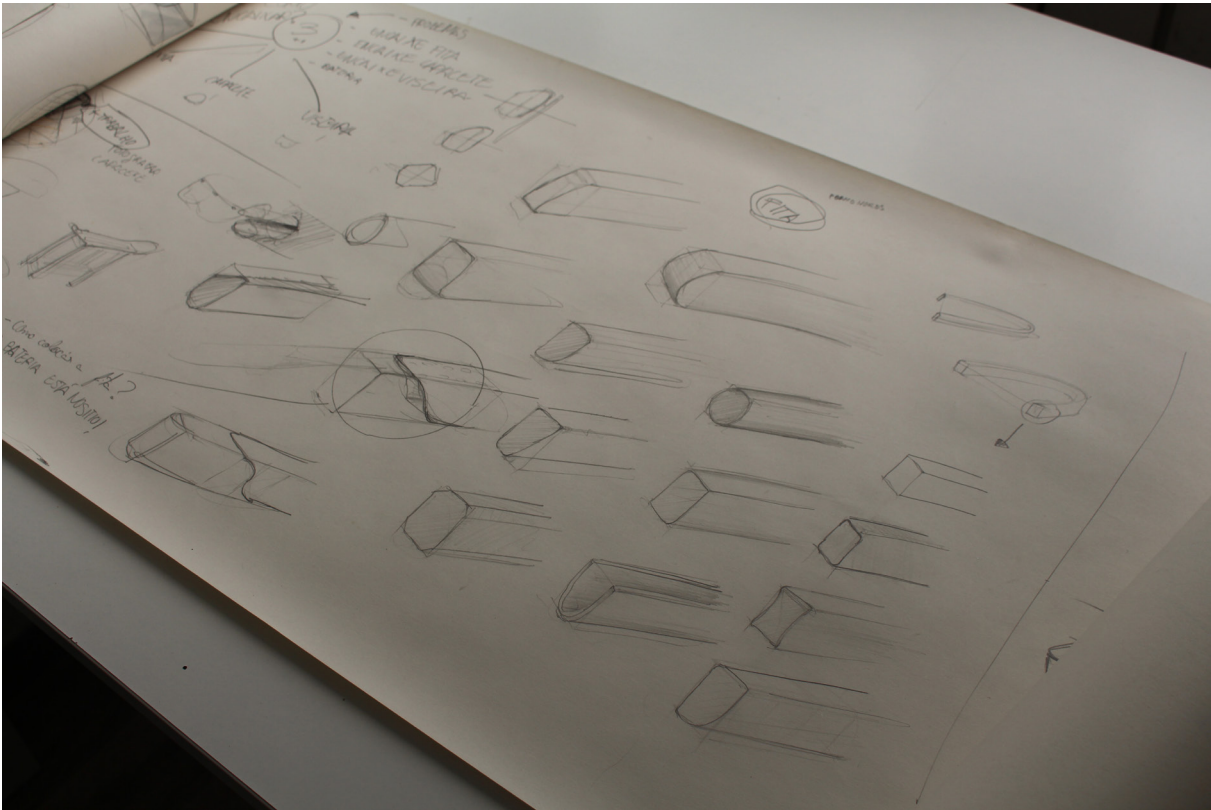


Fig. 149

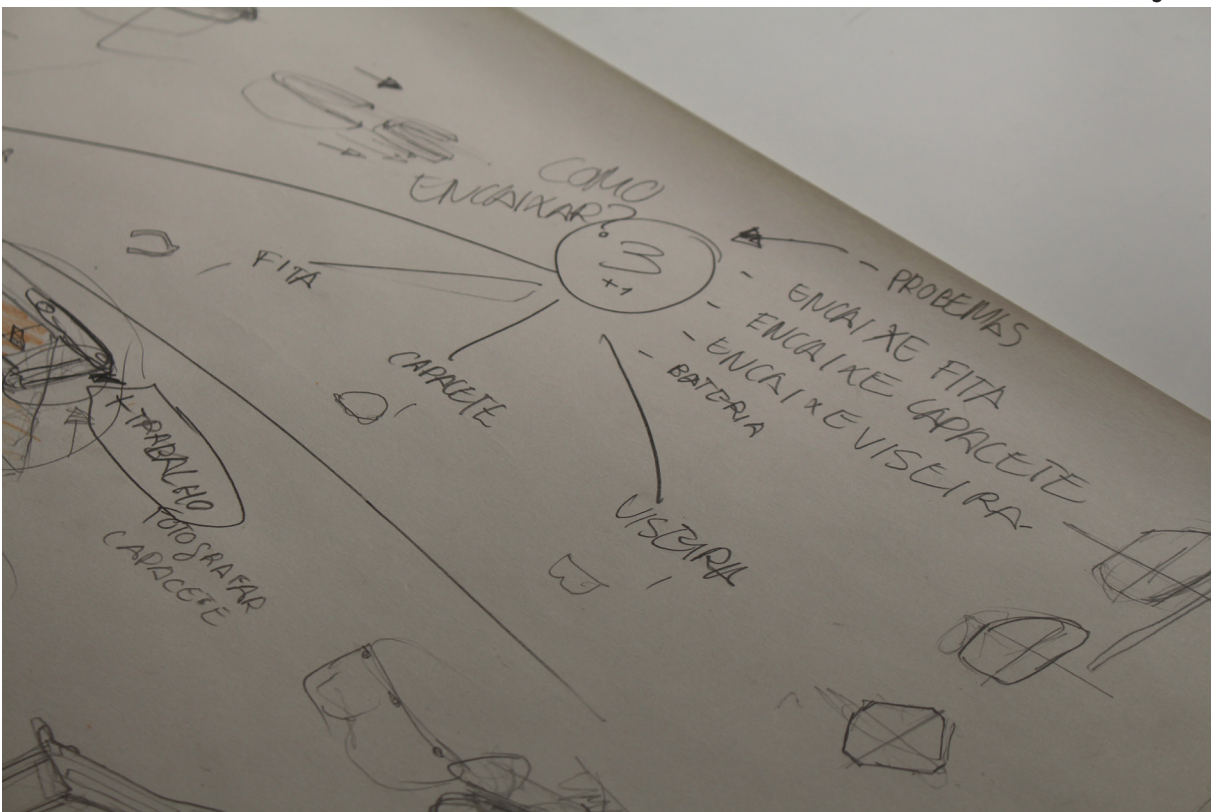


Fig. 150

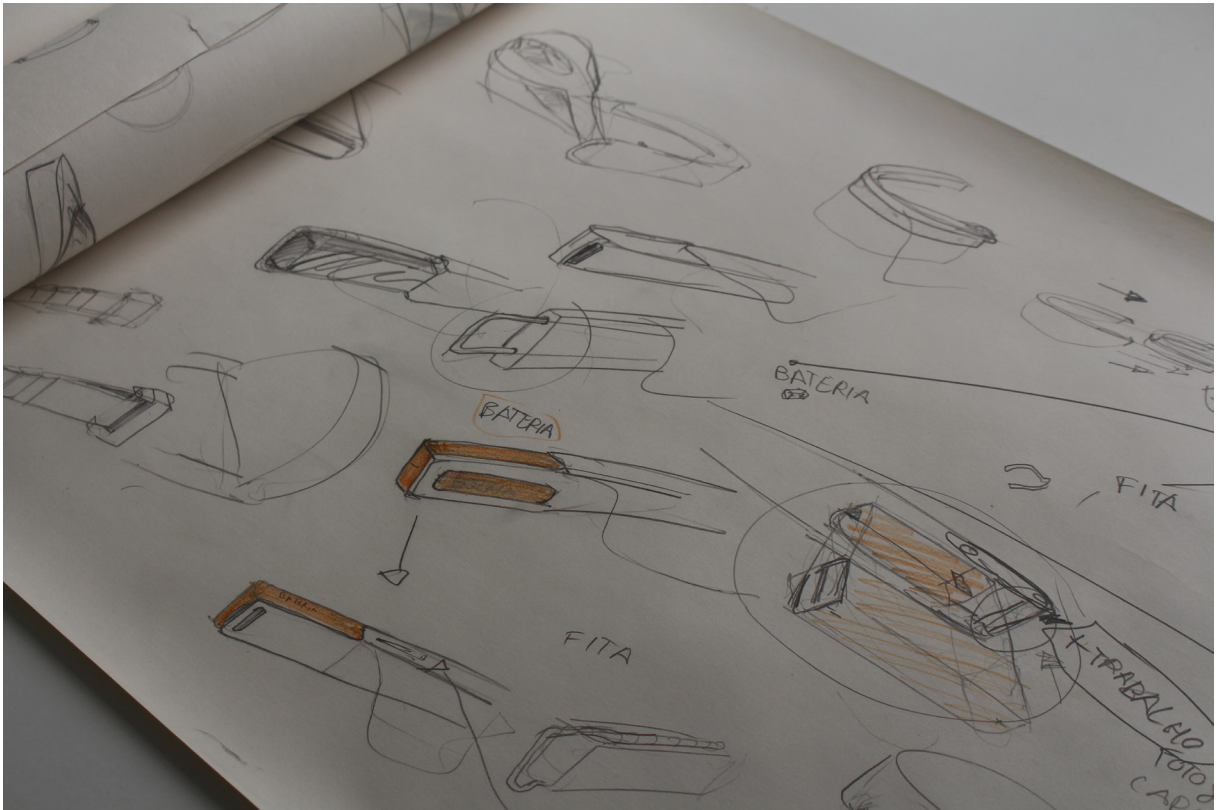


Fig. 151



Fig. 152

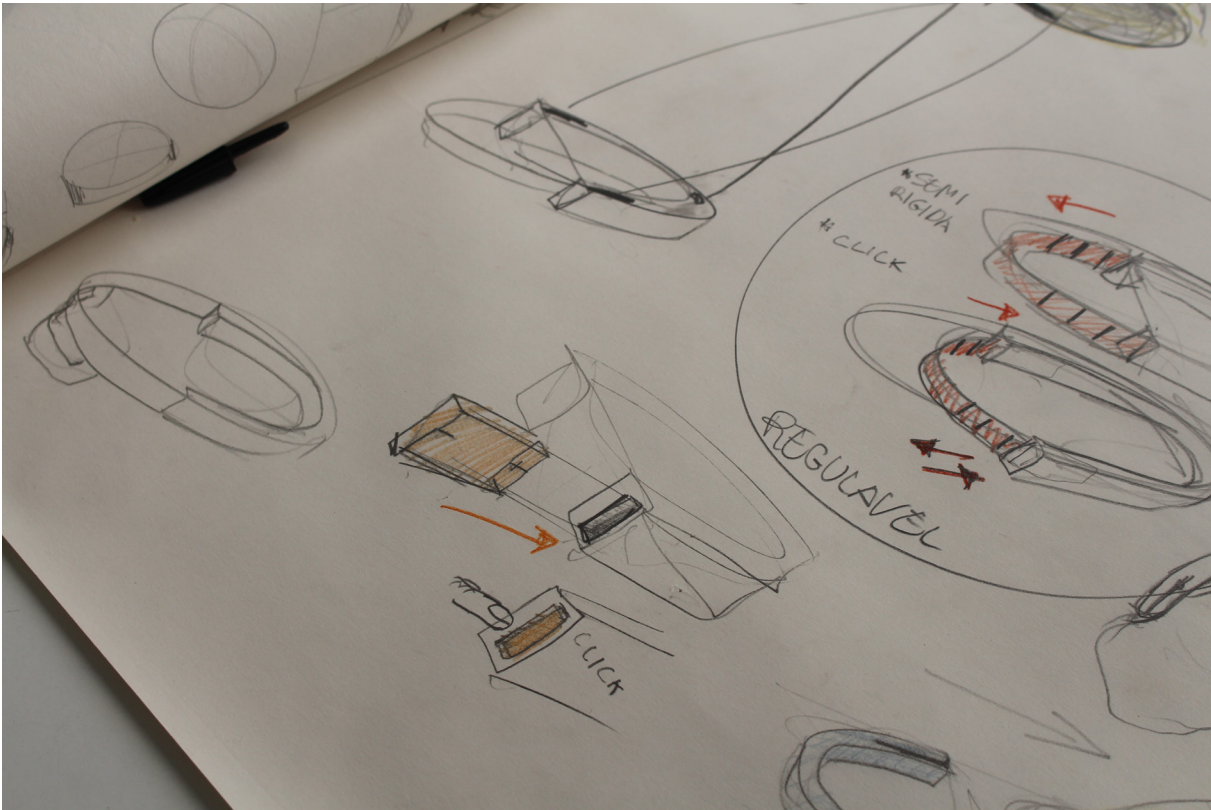


Fig. 153

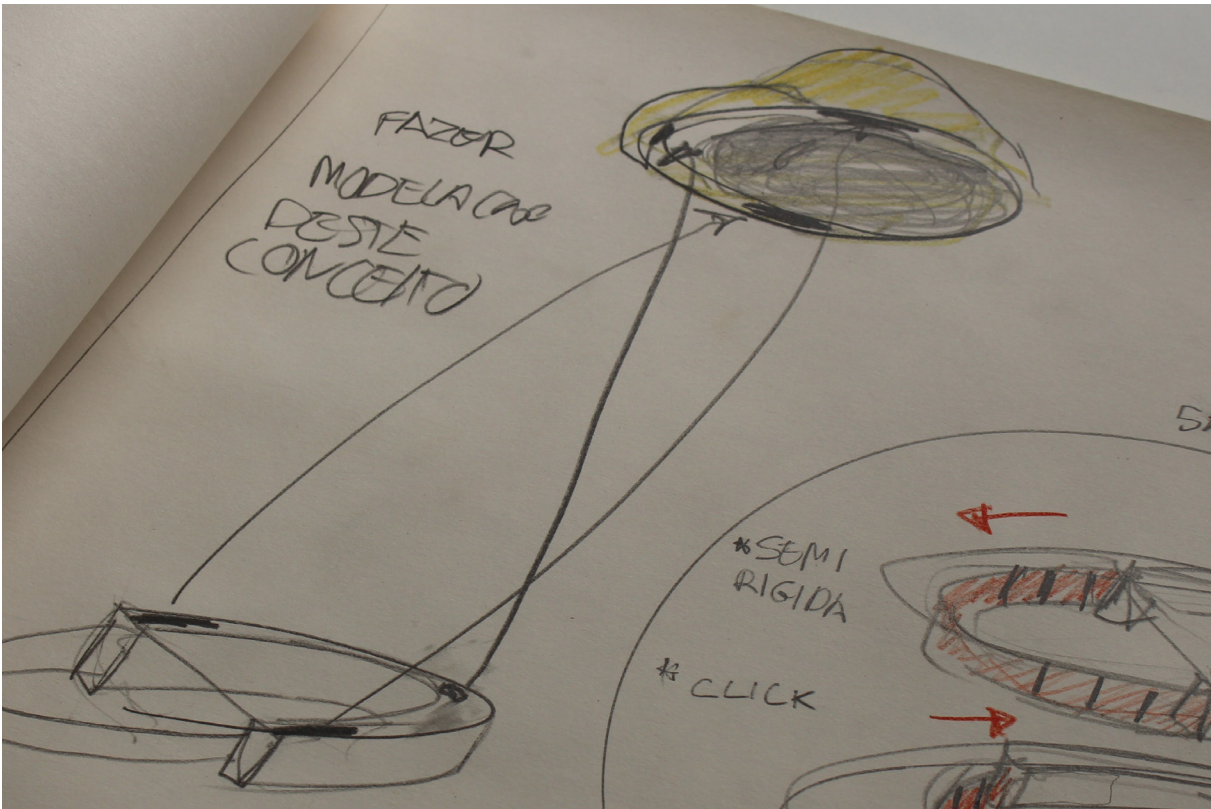


Fig. 154



Fig. 155

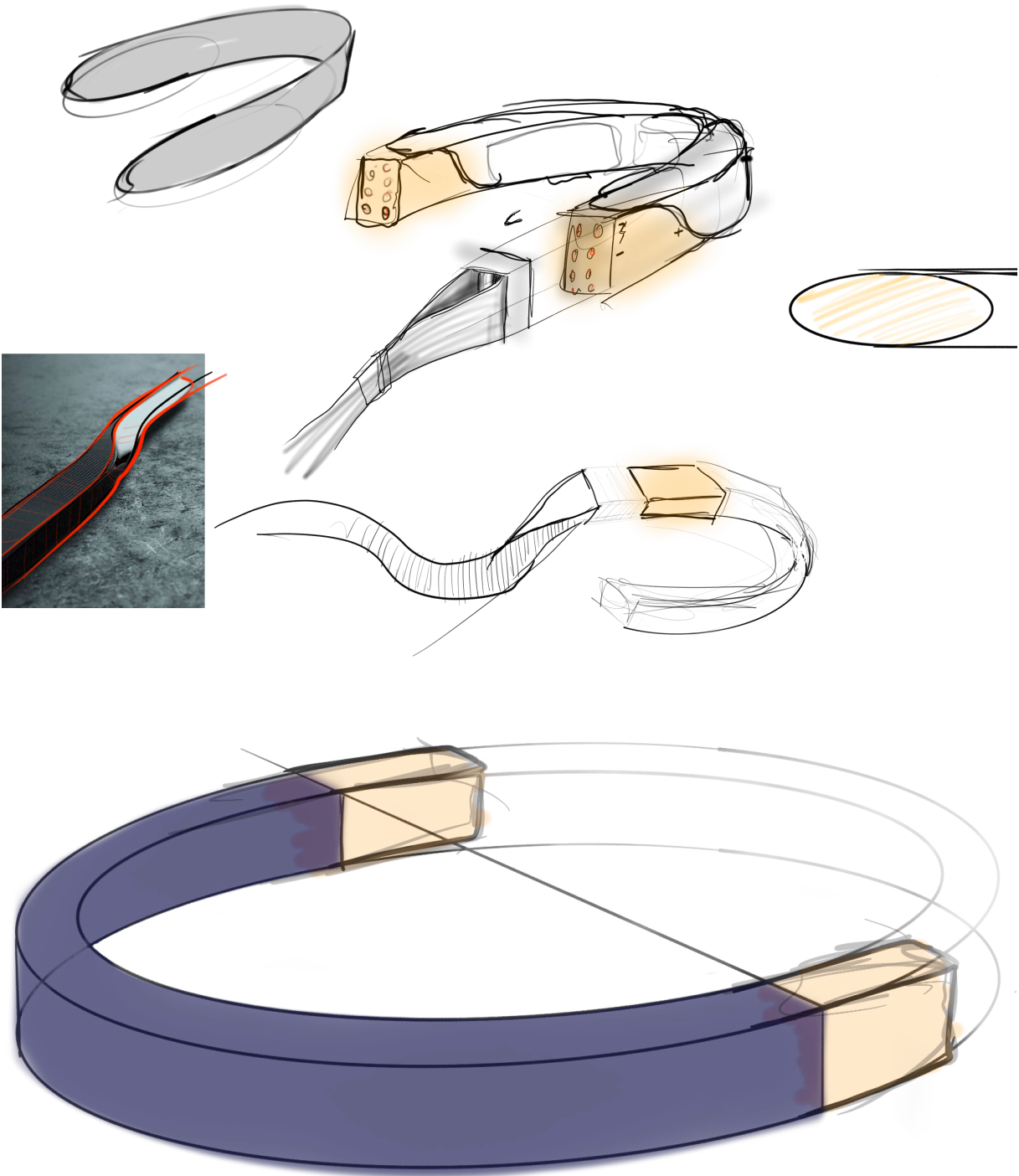


Fig. 156

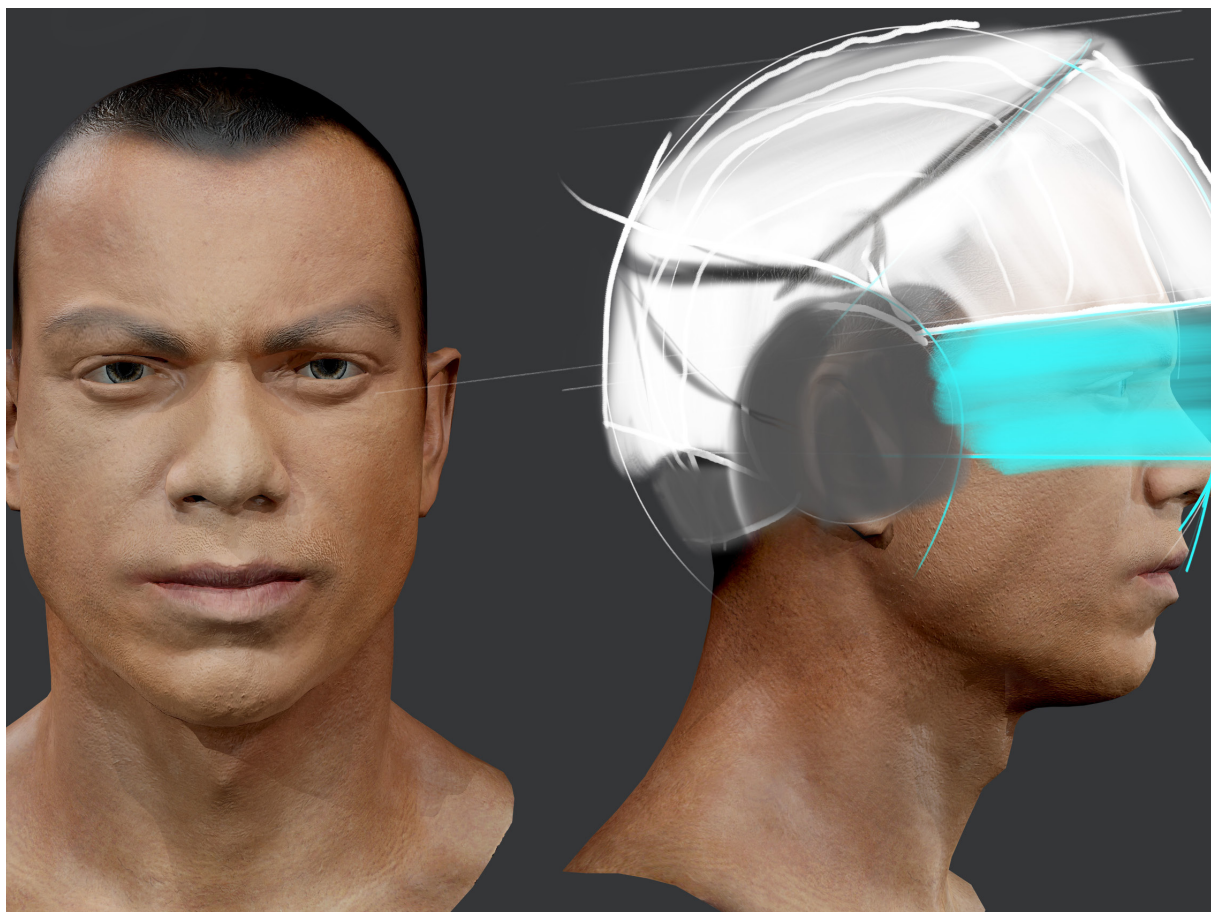


Fig. 157

Durante o desenvolvimento deste novo conceito assomou-se de grande importância que o dispositivo fosse leve para que o seu uso não se manifestasse em desconforto e conseqüentemente, na não utilização deste. Na exploração das diferentes formas, a forma em U revelou-se bastante pertinente na resolução de questões como: ergonomia, pois facilmente se adapta à cabeça do utilizador; durabilidade, pois encaixando por baixo do capacete, o dispositivo fica mais protegido de possíveis danos; viabilidade, uma vez que a zona onde se encontra permite a projeção de hologramas numa superfície como é o caso da viseira; modularidade, conseguida através de encaixes e possibilitando a fixação do dispositivo ao capacete e da viseira ao dispositivo, permitindo a substituição dos vários elementos que compõem o ecossistema criado. Este último aspeto permitiu ainda abraçar as questões da sustentabilidade no dispositivo, algo que levou ao entendimento da necessidade de as baterias serem removíveis, permitindo a sua substituição temporária ou permanente para se proceder ao seu carregamento e no seu fim de vida, respetivamente.

5.10 MAQUETES





A realização de maquetes e protótipos é uma etapa fundamental no processo de design de um produto. Aquando os primeiros sketches e ideias, este era um passo ao qual se planeava dar grande destaque. No entanto, o atual contexto pandémico que se vive e que teve grande impacto nos recursos a utilizar, limitou bastante a realização das mesmas. Não as impedindo, as fotografias não puderam ser em estúdio como idealizado, nem num espaço interior, por falta de uma boa luz nos mesmos para conseguir fotos que fossem representativas do que estava a ser fotografado. No mesmo seguimento, também as impressões 3D tiveram que ser realizadas em contexto doméstico, com limitações ao nível da escala, da qualidade e dos recursos existentes. Contudo, estes serviram o propósito de validação e teste das geometrias a estudar.

Fig. 158 Maquetes e protótipos

## Estudo de volume



Fig. 159



Fig. 160



Fig. 161



Fig. 162



Fig. 163

Recorrendo a modelos construídos em poliestireno, estudaram-se diferentes volumes que o modelo final poderia assumir. Ficando perceptível através desta experiência aquilo que seria uma volumetria exageradamente grande - que causaria algum desconforto - e aquilo que seria algo mais adequado para a aplicação pretendida.



Fig. 164



Fig. 165

Fig. 159 à Fig. 165- Documentação do processo de desenvolvimento de estudos de volume.

Estudo de forma



Fig. 166



Fig. 167



Fig. 168

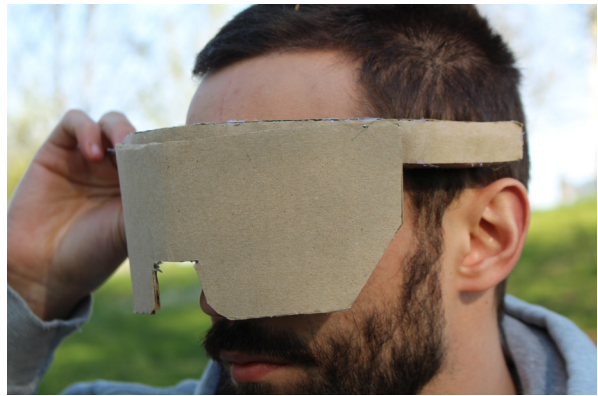


Fig. 169



Fig. 170



Fig. 171



Fig. 172



Fig. 173



Fig. 174



Fig. 175



Fig. 176



Fig. 177



Fig. 178



Fig. 179

De igual forma, recorreu-se a recortes de cartão para concretizar rapidamente alguns modelos idealizados de maneira a perceber qual seria as formas mais indicadas que o design da viseira deveria assumir.

Fig. 166 à Fig. 179- Estudos de forma para viseira e dispositivo

6

# **DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO U**



## 6.1 MODELAÇÃO E RENDERIZAÇÃO

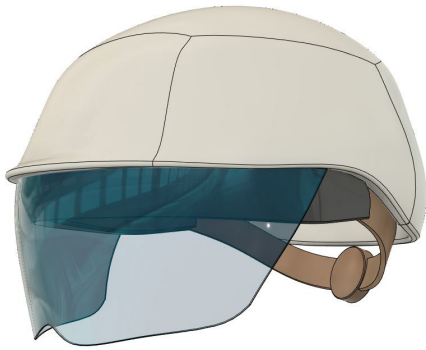


Fig. 180



Fig. 181

As figuras acima representam uma primeira abordagem livre de comprometimentos ao nível técnico e que visava apenas retratar um primeiro esboço 3D da forma imaginada. Após esta, deu-se início ao desenvolvimento mais rigoroso do dispositivo (Fig. 180 à Fig. 181)..



Fig. 182



Fig. 183



Fig. 184

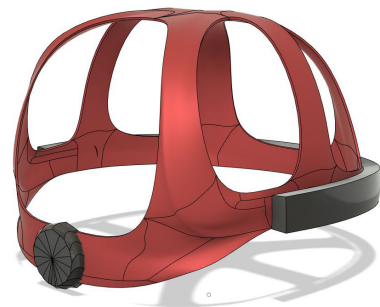


Fig. 185

Nesta fase o foco foi a fixação do dispositivo à cabeça do utilizador. Primeiramente com o desenvolvimento de uma fita de fixação e, em seguida, através do desenvolvimento do arnés interior do capacete. (Fig. 182 à Fig. 185).

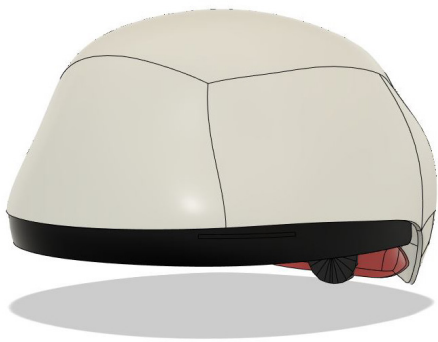


Fig. 186



Fig. 187

Com base no processo até aqui realizado - dando especial atenção às explorações de capacete e viseira - foi desenhada uma abordagem mais dinâmica (Fig. 186 à Fig. 187).



Fig. 188



Fig. 189

Em seguida desenvolveram-se os sistemas de fixação (encaixes) da viseira ao dispositivo e do dispositivo ao capacete (Fig. 188 à Fig. 189).



Fig. 190



Fig. 191

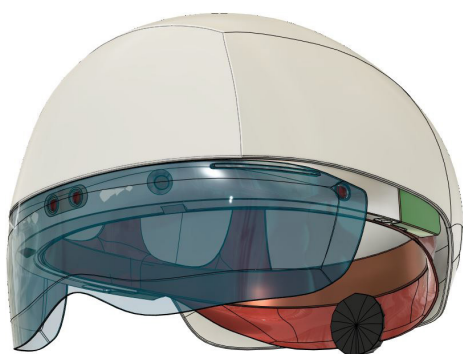


Fig. 192

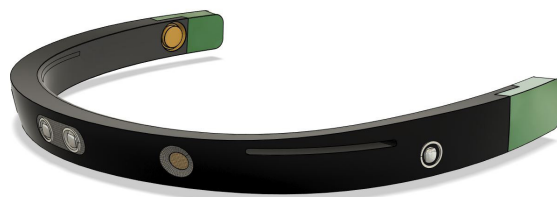


Fig. 193



Fig. 194



Fig. 195

Após uma análise mais atenta a forma do capacete foi aprimorada, ganhando um aspeto mais arredondado, o que o melhorou ao nível da estética e da funcionalidade. Também a viseira foi modificada, através do ajuste do seu ângulo, de modo a proteger o utilizador com maior eficácia. De acordo com o que ficou decidido na sessão de ideação com os colegas da área do design, as baterias tornaram-se amovíveis, ganhando também algum destaque. Por último foram representados os componentes eletrónicos que se integram no dispositivo **U**, como câmaras e sensores, com o objetivo de o aproximar a uma visão mais realista. (Fig. 190 à Fig. 195).



Fig. 196



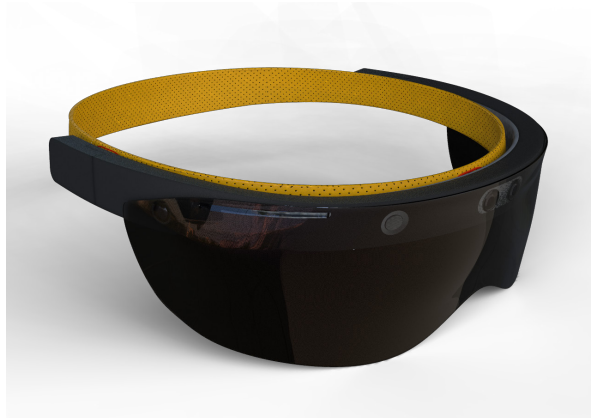
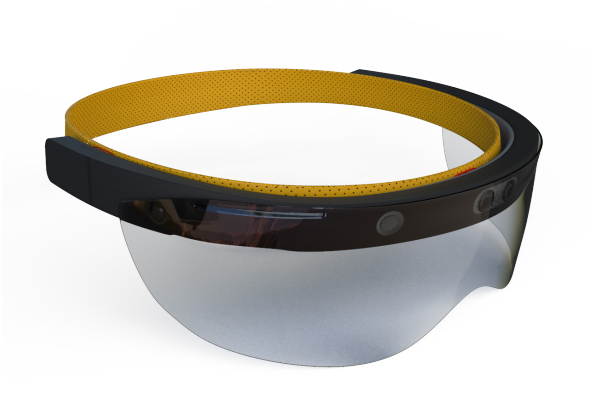


Fig. 197

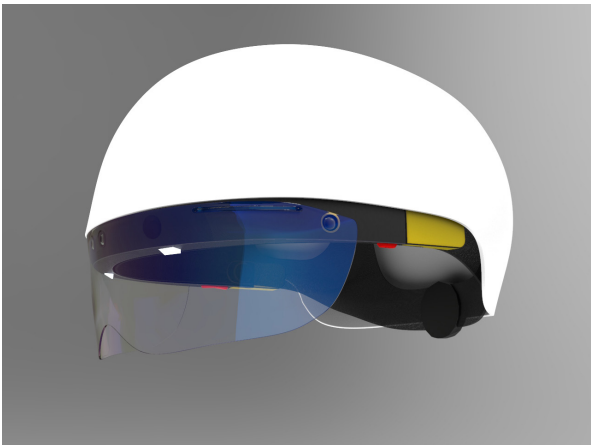


Fig. 198

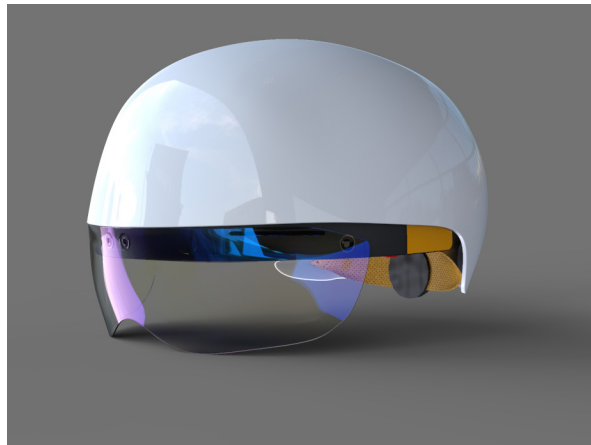


Fig. 199



Fig. 200

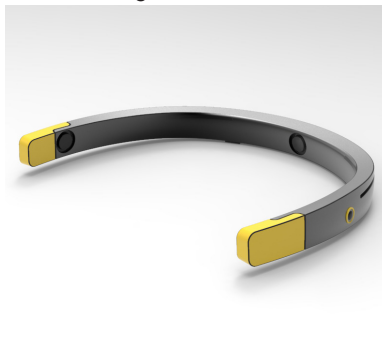


Fig. 201

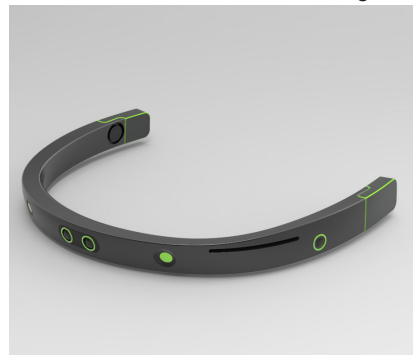


Fig. 202

Após reunião com o orientador identificou-se a necessidade de evidenciar detalhes e linhas que definem o ADN do dispositivo. Foram também elaborados alguns estudos ao nível cromático. (Fig. 196 à Fig. 202).

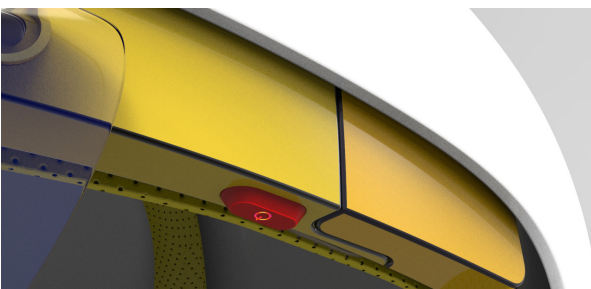


Fig. 203

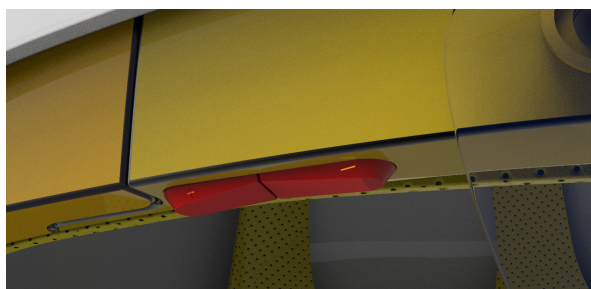


Fig. 204

Nas imagens anteriores estão representados os botões de controle básicos para navegação entre menus e ligar/desligar. O dispositivo ganha também um rebordo a preto de borracha com o objetivo de melhorar a absorção de impactos em caso de queda (Fig. 203 à Fig. 204). Em seguida pode-se visualizar várias vistas do dispositivo (Fig. 205 à Fig. 210).

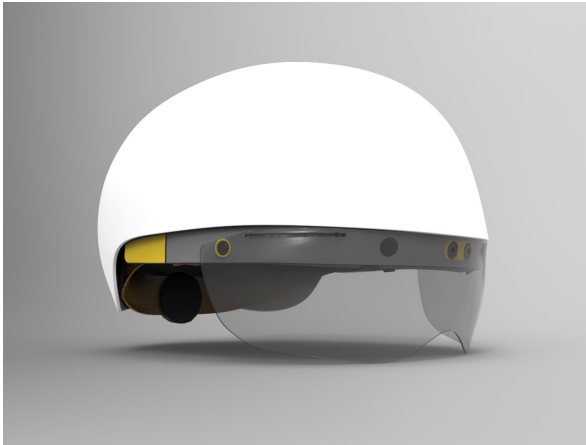


Fig. 205

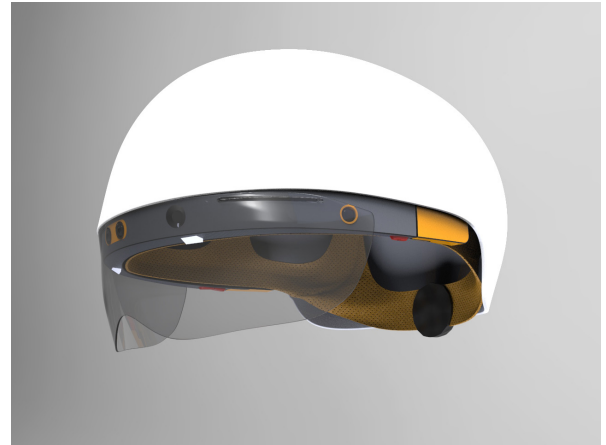


Fig. 206

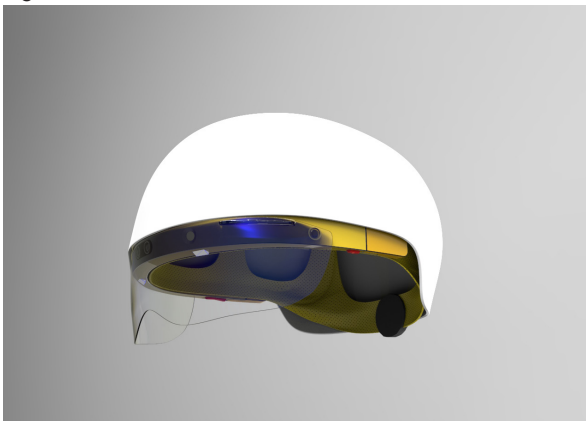


Fig. 207

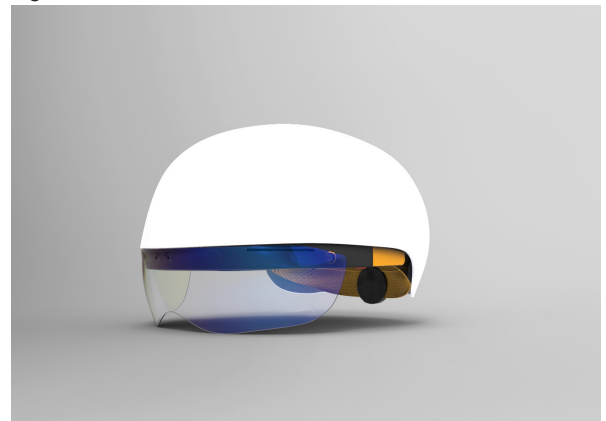


Fig. 208



Fig. 209



Fig. 210

## 6.2 PROTOTIPAGEM RÁPIDA

De modo a perceber se as características do produto desenvolvido nas modelações correspondiam com o pretendido, recorreu-se à impressão 3D - FDM, Filament Deposition Modelling, para que rapidamente fosse possível pequenos protótipos do que havia sido desenhado (Fig. 211 à Fig. 222).

A impressora 3D usada foi desenvolvida para um uso mais doméstico, limitando a escala em que era possível imprimir, não correspondendo à escala real do produto em si. No entanto, este modelo foi importante para perceber de que forma a geometria realizada poderia ser melhorada.

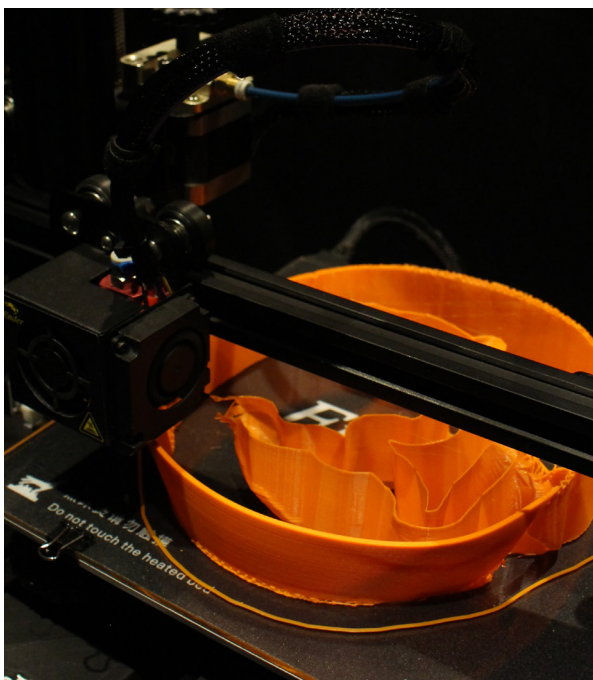


Fig. 211



Fig. 212

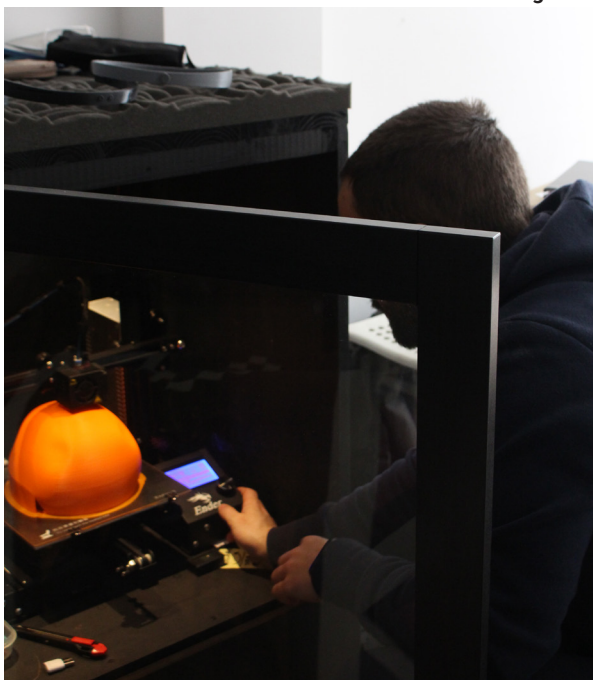


Fig. 213

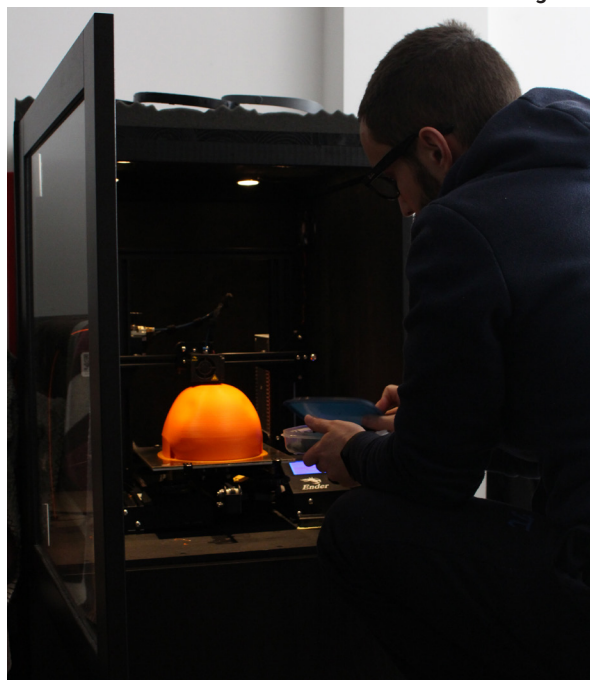


Fig. 214



Fig. 215



Fig. 216



Fig. 217



Fig. 218



Fig. 219



Fig. 220



Fig. 221



Fig. 222

### 6.3 VERSÃO LIGHT DO DISPOSITIVO U

De acordo com as conclusões tidas no capítulo 4 (Ideação e Projeção), segue-se o desenvolvimento de uma versão *light* do dispositivo. Este dispositivo surge da necessidade de um produto que possa ser usado por todos os intervenientes da obra, que monitorize o seu estado de saúde, a sua localização e, conseqüentemente, possíveis situações de risco que possam comprometer a obra e a segurança dos seus intervenientes. Este dispositivo é fino e leve, dado que não abarca todos os componentes eletrônicos da sua versão 'mãe' e apresenta uma maior viabilidade financeira para as empresas, que ao adotar este tipo de produto teriam que o distribuir por todos para não comprometer o ecossistema de segurança idealizado (Fig. 223 à Fig. 232).



Fig. 223

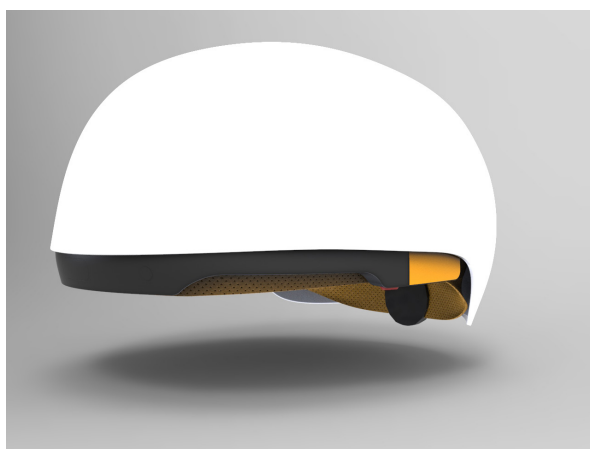


Fig. 224

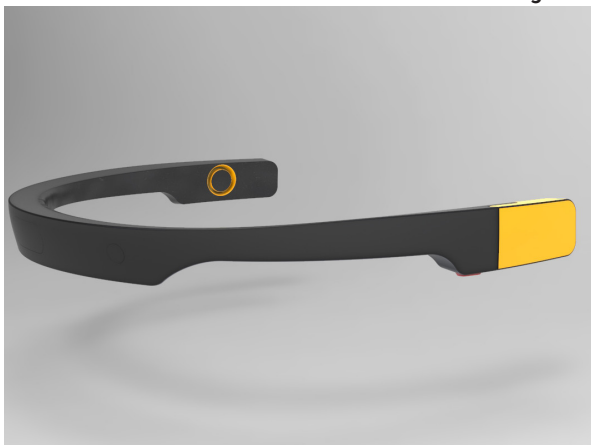


Fig. 225



Fig. 226

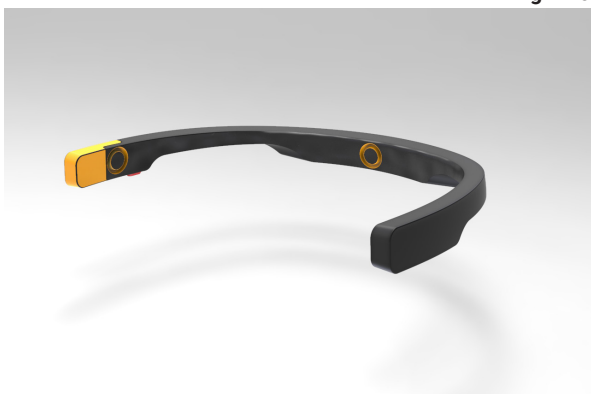


Fig. 227

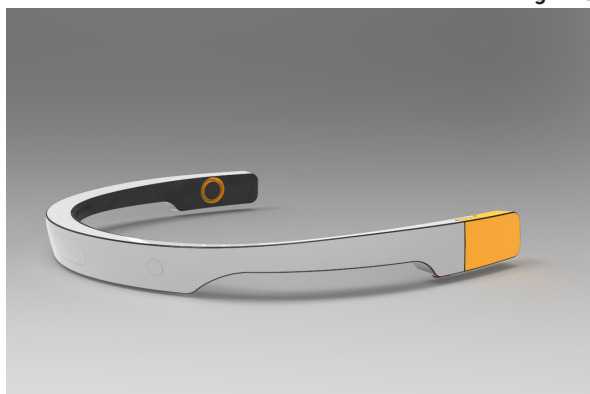


Fig. 228

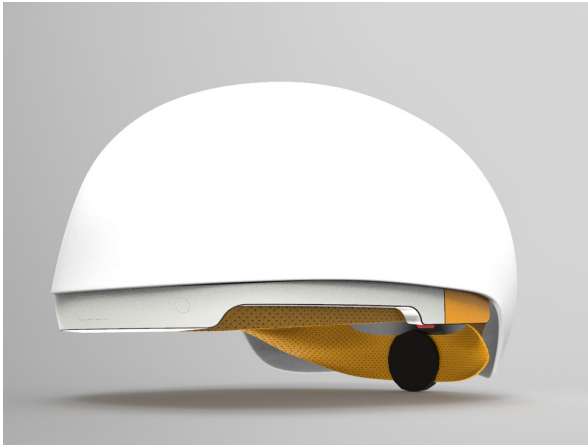


Fig. 229

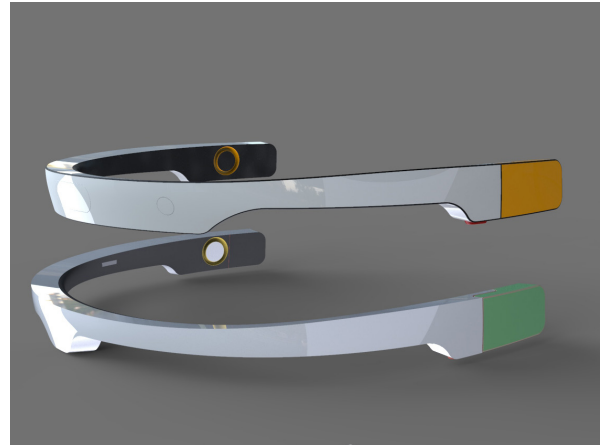


Fig. 230

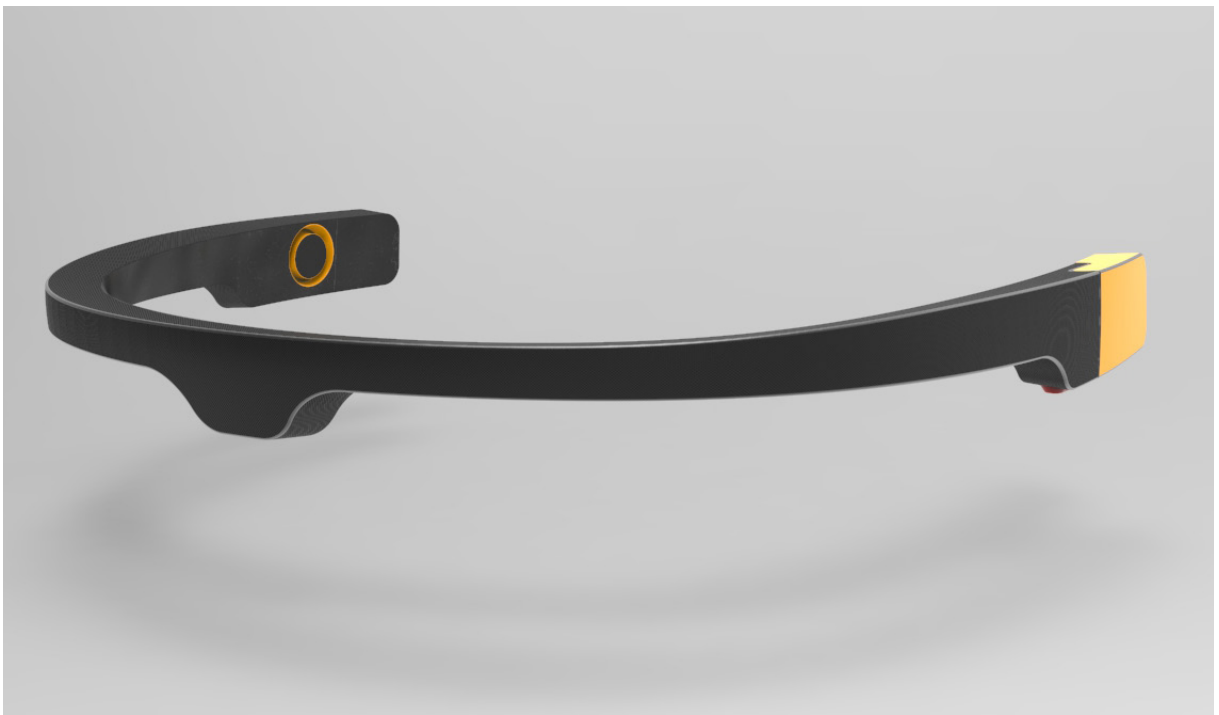


Fig. 231

Inicialmente o dispositivo simplificado foi redesenhado de modo a ficar mais fino e leve, no entanto, achou-se que, visto que, este não necessitava de tanto espaço - pois só aloja pequenos sensores de localização e de suporte básico de vida - que a espessura dada deveria ser ainda mais menorizada, poupando recursos e tornando o mesmo mais viável. Ficando apenas lugar para os encaixes, botão de ligar, sensores básicos e baterias. O que lhe deu a forma.



Fig. 232

7

**DISPOSITIVO**

**U**REALITY



O dispositivo **UREALITY** é uma proposta conceptual resultante de um processo de investigação e design que teve como objetivo a realização de um dispositivo de Realidade Aumentada e Realidade Mista que garantisse a segurança laboral na área da construção civil, numa perspetiva para 2030.

Este dispositivo holográfico visa combater a elevada taxa de acidentes no ambiente de obra. Sendo uma importante ferramenta na montagem e fiscalização de equipamentos de proteção coletiva, bem como na verificação de utilização de equipamentos de proteção individual.

**UREALITY** insere-se assim numa visão digitalizada da indústria da construção civil, tão esperada com a implementação da indústria 4.0 e que se prevê mais desenvolvida dentro de uma década, uma vez que, é nesta direção que seguem as políticas europeias e as tendências das gigantes tecnológicas.

Este produto pretende assim ser a ponte entre a tecnologia e a segurança, por via do design. **UREALITY IS U. UREALITY IS US. OUREALITY.**



## Identificação das diferentes partes

- 1 Dispositivo **UREALITY**. Um dispositivo desenvolvido para suportar Realidade Aumentada e Realidade Mista. Composto por materiais que lhe conferem características de resistência ao desgaste e ao choque, sem comprometer a sua leveza. Tais como ABS reforçado e uma estrutura interna em liga metálica.
- 2 Capacete desenvolvido em torno do dispositivo. Este resulta de uma previsão do mercado, visto que este terá que se adaptar com equipamentos que estejam prontos para suportar esta tecnologia e permitir a transição da área de construção civil para a digitalização, que se espera implementada em 2030. Essa adaptação irá exigir transformações ao nível da forma dos atuais capacetes utilizados. Por exemplo, este terá que perder a pala superior frontal para não obstruir a leitura dos sensores e câmaras.
- 3 Fita de fixação. Esta foi desenvolvida visando a eventual utilização do dispositivo sem o capacete.
- 4 Encaixes de fixação do capacete ao dispositivo.
- 5 Câmaras. Estas foram pensadas de forma a serem de fácil substituição em caso de avaria.
- 6 Sensores. Estes foram pensados de forma a serem de fácil substituição em caso de avaria.
- 7 Botões ON/OFF e de navegação. Os botões de navegação existem como último recurso. O dispositivo foi projetado para ser controlado por gestos, no entanto, em caso de anomalia, foi pensada a possibilidade de o controlar mecanicamente.
- 8 Viseira. A viseira é de substituição fácil para possibilitar a adaptação do dispositivo a diferentes condições de luminosidade. Permitindo ainda a substituição da viseira devido ao desgaste da mesma ou em caso desta partir e tornar-se inutilizável. Esta serve para proteger o seu utilizador, mas, mostra-se também bastante útil na proteção das partes mais delicadas do dispositivo, dado que o abraça, criando uma barreira de salvaguarda sob as câmaras e sensores.
- 9 Baterias. As baterias são removíveis e iguais em todas as variações do dispositivo.
- 10 Projetores de hologramas.



Fig. 233 - Vista explodida- identificação das diferentes partes

## Previsão de componentes eletrônicos e sua localização



1

Sensores

2

Câmaras

3

Baterias

4

Botões

5

Placas de Circuito Impresso

Fig. 234- Vista interior

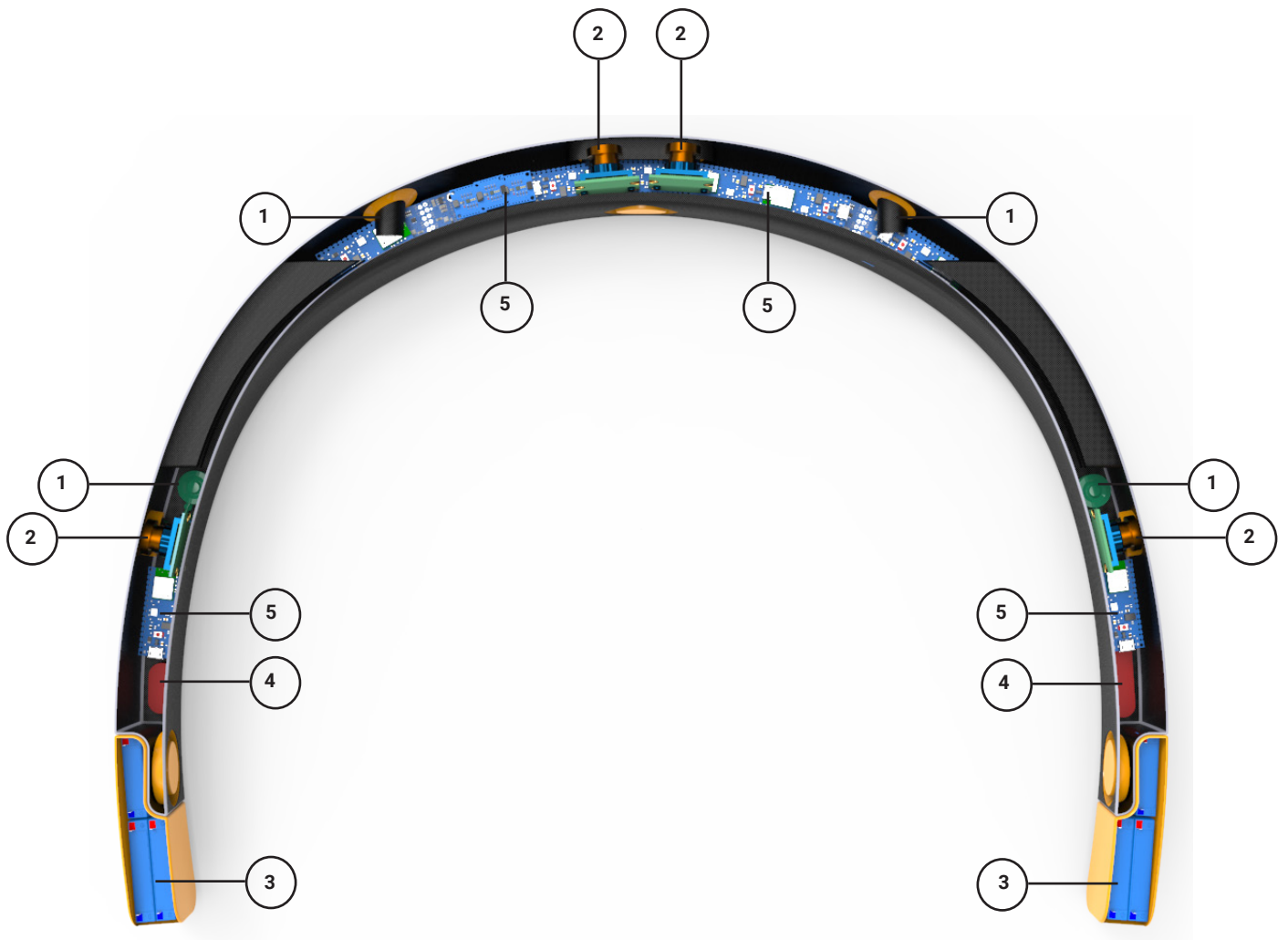


Fig. 235 - Vista interior - componentes eletrónicos

## User Interface

As imagens que se seguem pretendem demonstrar como seria a projeção holográfica do dispositivo UREALITY. Na **Fig. 236** com a simulação da montagem e verificação da conformidade dos equipamentos de proteção coletiva. Na **Fig. 237** com reprodução de hologramas que auxiliam a verificação da conformidade dos equipamentos de proteção individual. Na **Fig. 238** com o exemplo de 'formação' em tempo real dos trabalhadores para realização de determinado trabalho. E, na **Fig. 239** através da visualização do ficheiro BIM, que oferece uma perspetiva da obra finalizada.



Fig. 236



Fig. 237



Fig. 238



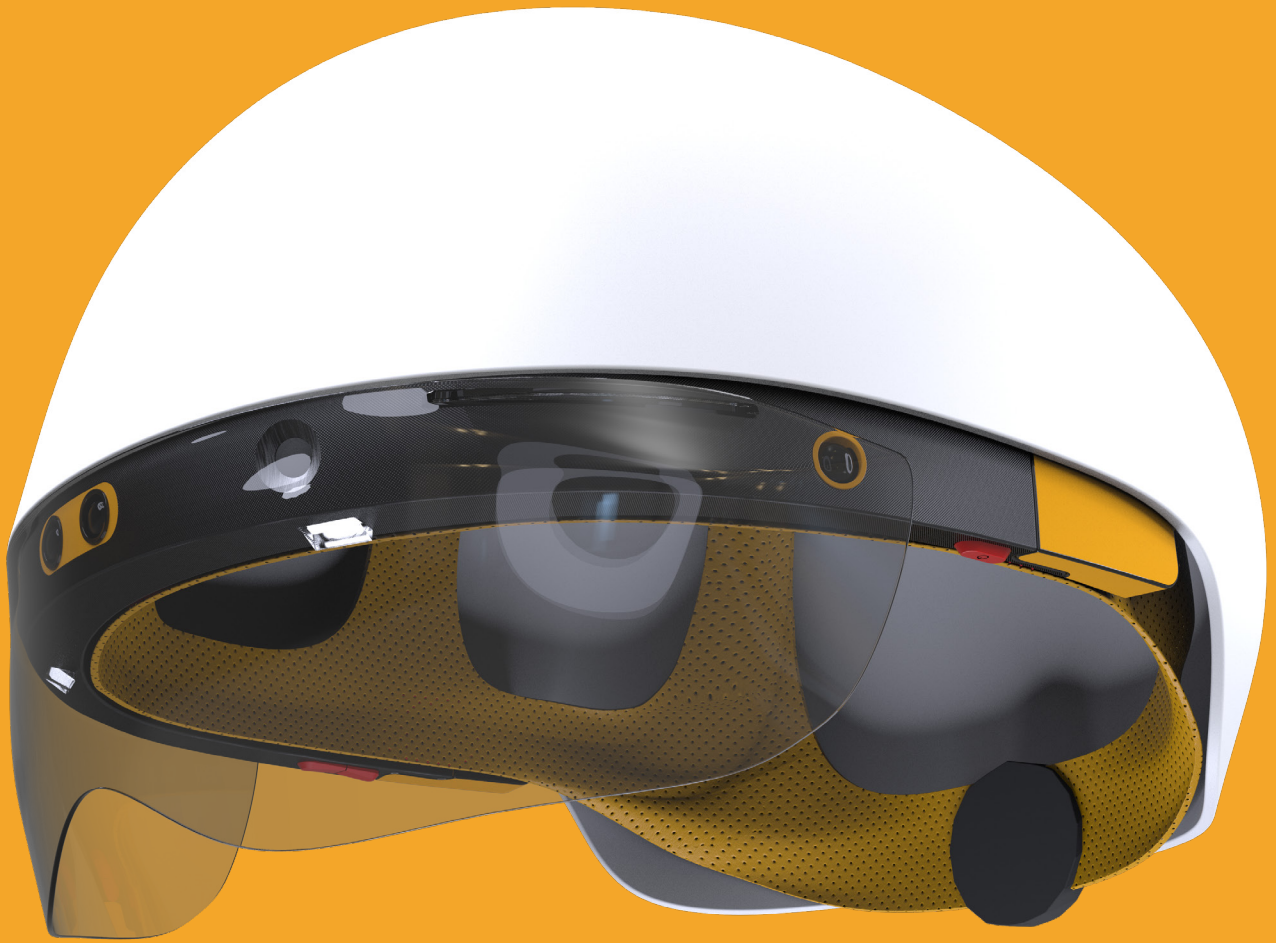
Fig. 239

# U REALITY





Fig. 240- Vista lateral



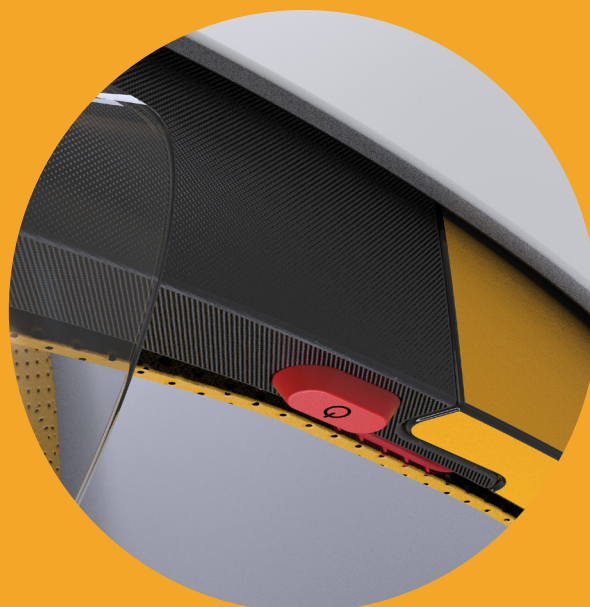
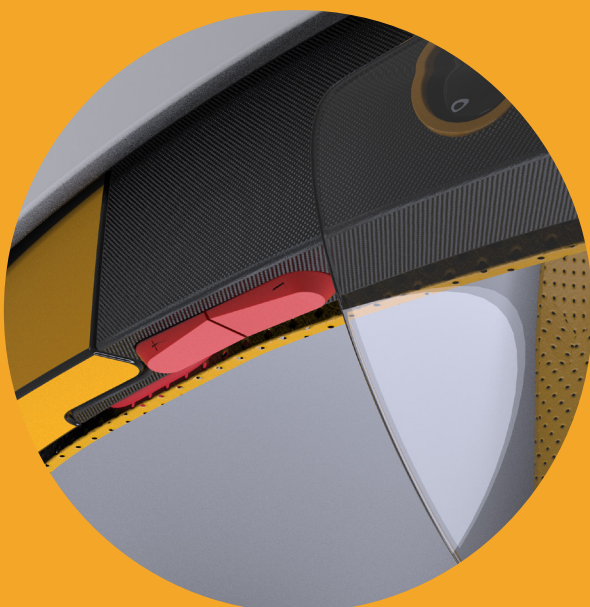


Fig. 241 - Detalhes do dispositivo



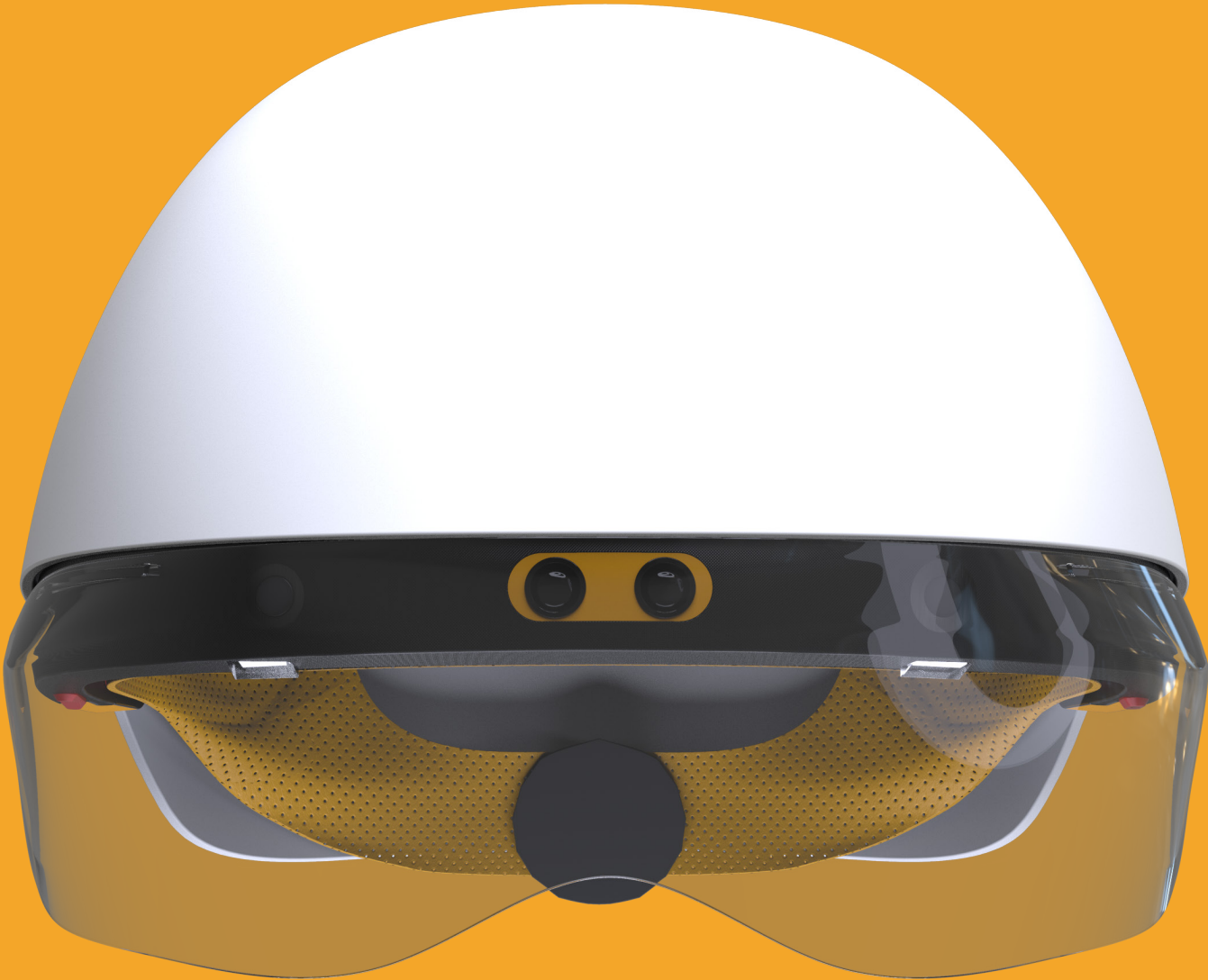


Fig. 242 - Dispositivo UREALITY





Fig. 243 - Dispositivo UREALITY em utilização



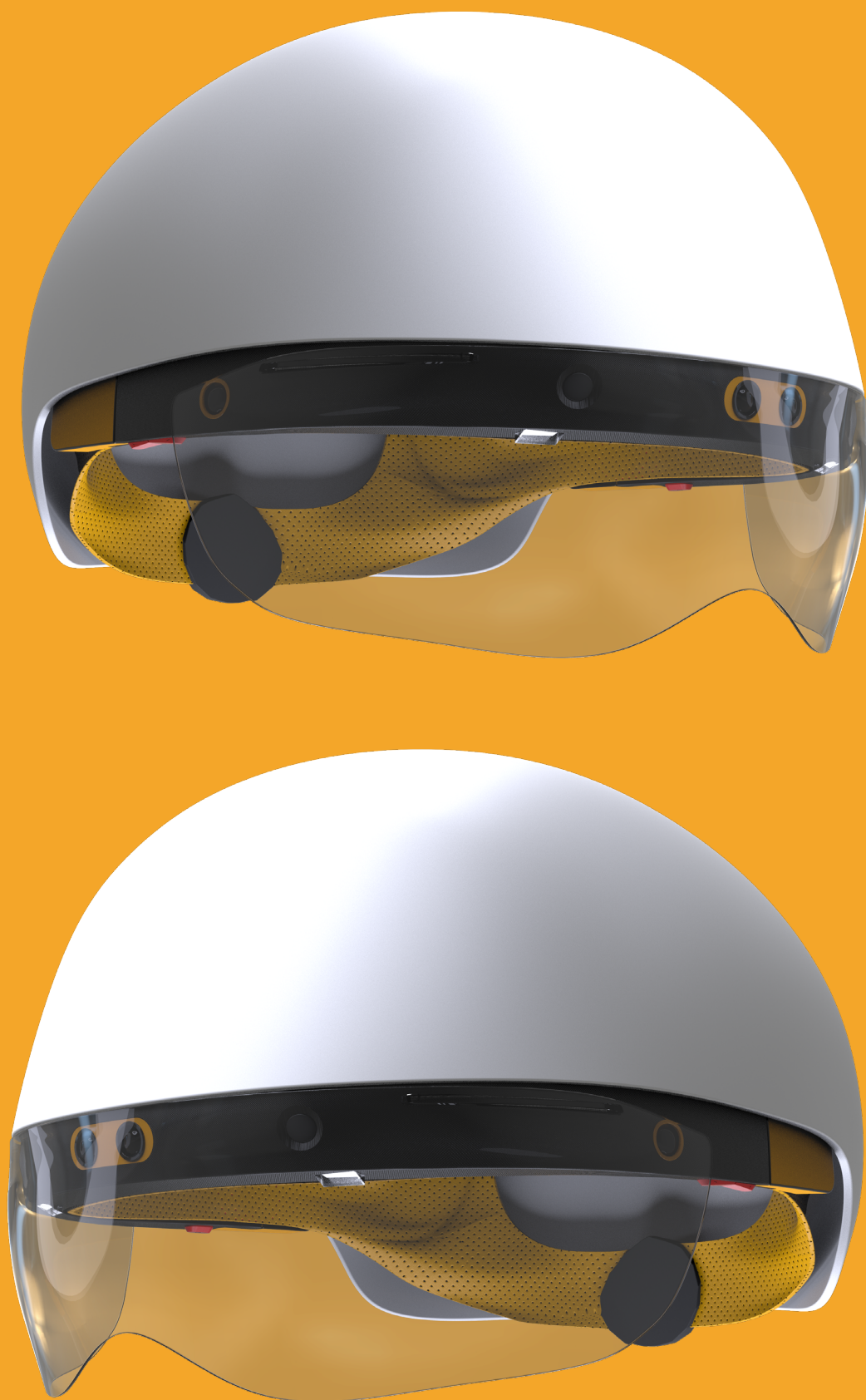


Fig. 244 - Dispositivo UREALITY com viseira e capacete

# UREALITY LIGHT

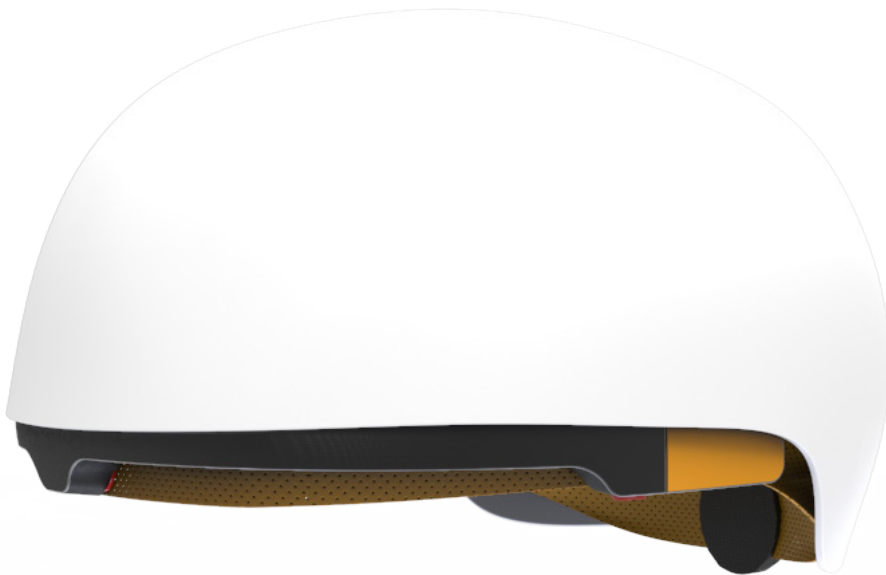


Fig. 245 - UREALITY litgh

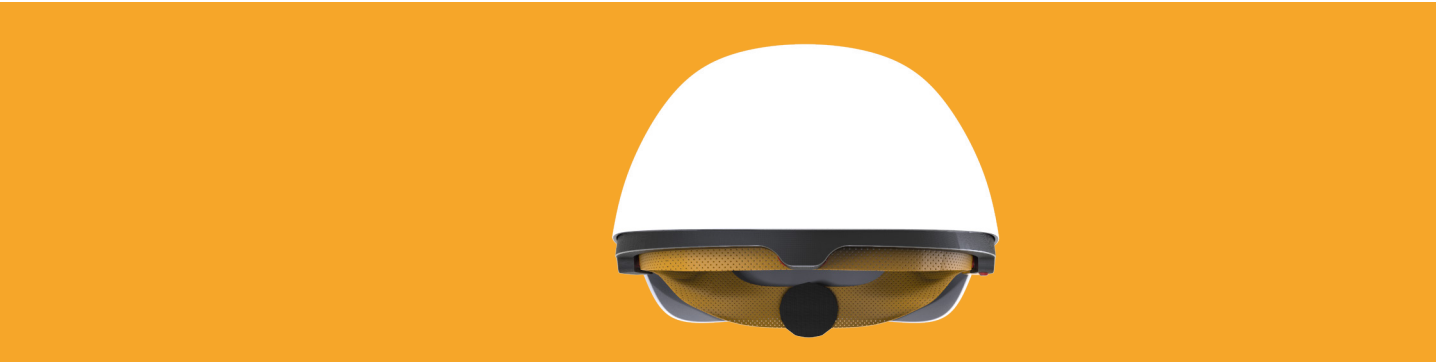


Fig. 246- UREALITY litgh

O dispositivo **UREALITY LIGHT** (Fig. 247) é uma versão simplificada do dispositivo **UREALITY**. Este foi desenhado para ser usado por todos os que circulam no local da obra e que não necessitam de um dispositivo holográfico para a realização das suas tarefas. A utilização deste equipamento por todos é crucial para que os acidentes sejam mais rapidamente reportados, ou, idealmente, evitados. Pois, a sua existência permite o fornecimento de dados em tempo real e de forma constante através da IoT que opera em condições de constante conectividade com a rede, conectando máquina com máquina (MtM) e máquina com Homem (MtH).

Este possui apenas uma bateria, visto que as suas necessidades energéticas são muito inferiores do que o seu dispositivo mãe. No entanto, a bateria existente é igualmente removível e compatível com o dispositivo **UREALITY**.

O design foi pensado de forma a usar os encaixes do dispositivo mãe ao arnês e à fita de fixação à cabeça. Sendo estes justificativos das zonas de maior espessura do dispositivo. Pois, uma vez que apenas incorpora componentes tecnológicos muito básicos e pequenos, não se justifica o uso de recursos que ira criar mais espaço não usado.

Visto que este dispositivo não precisa de qualquer tipo de controlo, apenas possui botão para ligar e desligar. Não obstante, é igualmente revestido por uma banda de borracha nas suas arestas de forma a reduzir o impacto causado por uma possível queda ou colisão com algum objeto.

Por último, sem comprometer a leveza e dando-lhe uma robustez desejada neste tipo de ambientes de trabalho, o dispositivo conta com uma estrutura interna em alumínio.

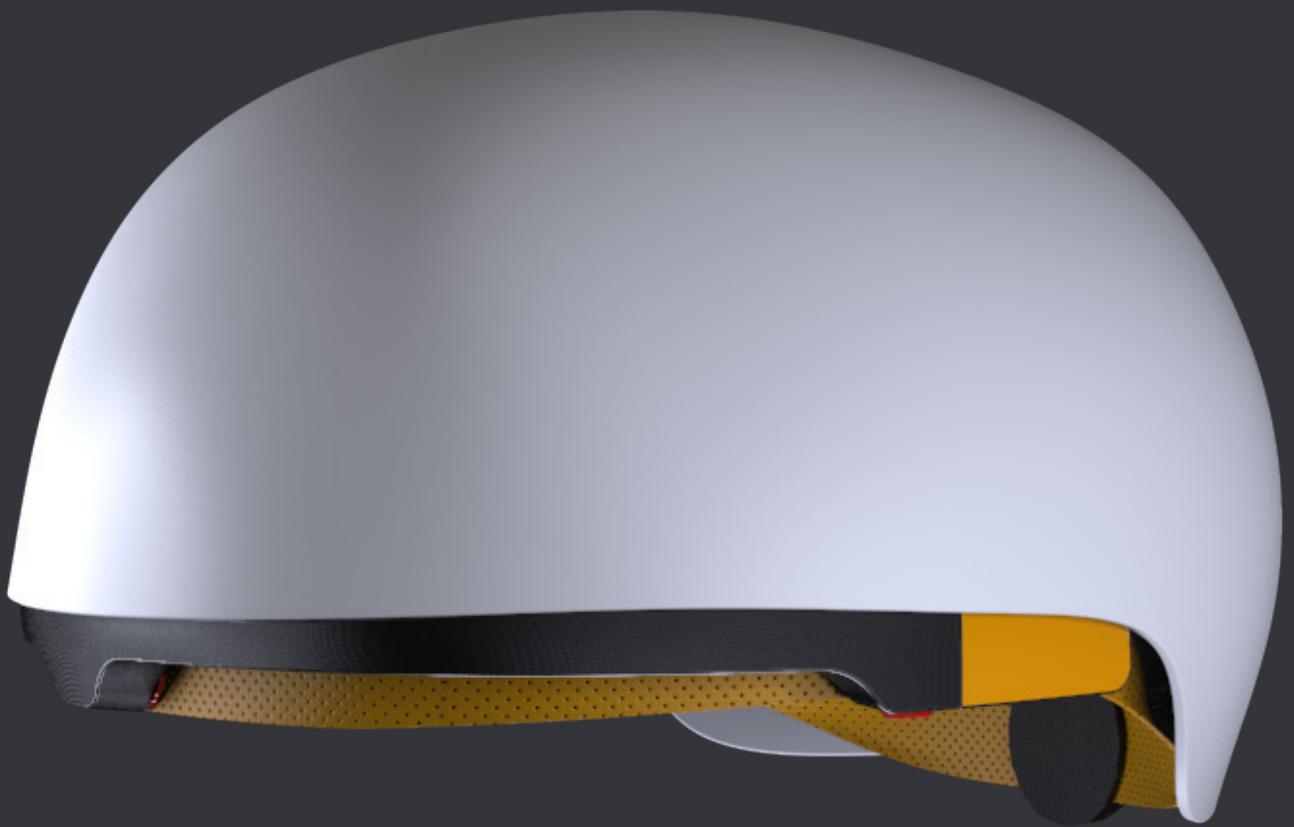


Fig. 247



F9766

FPO

V07





AVOSCO

Vor

88

**CONCLUSÕES**



## 8.1 CONCLUSÕES

Ao longo do presente documento foi explorada uma visão em que é projetada uma possível resolução para os sinistros que assolam a indústria da construção.

A obra é um local imprevisível, tal como os acidentes, contudo, com o auxílio da tecnologia aqui explorada a máquina pode agora aprender e ajudar o ser humano a desenvolver um ambiente mais controlado e livre de perigos.

A aplicação da tecnologia nesta área, requereu muito esforço para aprimorar detalhes que são fulcrais para a proliferação deste tipo de dispositivos neste ambiente. A tecnologia tem de estar preparada para obedecer às exigências do ambiente de obra. Mas, acima de tudo, tem que transmitir fiabilidade ao seu utilizador. Este não quer perder tempo, o trabalho tem de ser eficiente, e, se este dispositivo não transmitir essa ideia de eficiência e robustez, não será adotado pelas construtoras.

A exposição dos processos teve como objetivo transmitir o pensamento e a ideiação por de trás do resultado final, sendo o principal objetivo deste documento mostrar ao seu leitor, os processos, desafios, formas e ideias exploradas. Sendo o processo o resultado da tese, não apenas uma conceção renderizada de um produto.

Durante o processo foi mantido presente a intenção do desenvolvimento de um produto conceptual, sendo este uma visão apoiada na pesquisa efetuada e vislumbrando o que pode vir a ser a construção no futuro. A projeção de um dispositivo tão tecnológico e complexo sem o apoio de uma empresa especializada na área, revelou-se um grande desafio, motivo pelo qual detalhes mais técnicos requeridos para preparar o processo produtivo não foram equacionados, visto não possuir conhecimento para uma correta projeção obedecendo às normas impostas para a fabricação de equipamentos de segurança.

Finalizado o presente trabalho, surge a pertinência de alguns *statements* sobre a direção adotada. Em relação aos encaixes desenvolvidos (da viseira ao dispositivo e do dispositivo ao capacete), estes podiam ter sido alvo de um estudo mais aprofundado, não tendo este sido possível devido a restrições de tempo. Mas que seria interessante e acrescentaria ainda mais valor ao projeto. No impedimento de tal, acredita-se que os escolhidos são o método mais eficaz para o tipo de produto desenvolvido e para a sua utilização no ambiente de obra.

O dispositivo desenvolvido seguiu desde início uma abordagem conceptual. Contudo, seria também interessante desenvolver o mesmo com uma direção mais voltada para o mercado. Onde a investigação profunda dos temas abordados daria lugar a estudos de mercado - através da análise detalhada de produtos existentes, tendências, entre outras - e à respetiva preparação para produção. Neste nível seria interessante estabelecer parcerias com empresas e centros de investigação e desenvolvimento do ramo da tecnologia e da construção.

O dispositivo é fruto de uma longa investigação que serviu para aprofundar conhecimentos sobre os assuntos abordados, de forma a perceber a pertinência, a viabilidade e a necessidade de um produto como aquele que foi desenvolvido. Assim, o estudo sobre a possibilidade de um dispositivo como o **UREALITY** existir, bem como as tecnologias associadas ao mesmo, mostrou-se extremamente importante nesta abordagem mais conceptual.

Por último, mas não menos relevante, é de realçar o potencial da aplicação futura deste equipamento, uma vez que, a tecnologia está a surgir e a mostrar-se cada vez mais desejada, abrindo-se crescentemente mais espaço para a mesma no mercado. Além disso, existe a possibilidade futura de esta ser uma nova categoria de produto com grande potencial lucrativo e capaz de melhorar exponencialmente as condições de trabalho e segurança dos operários deste setor. Tornando este trabalho um objeto de elevada pertinência.



## LISTA DE IMAGENS

- Fig. 1** - The Fatal Four, Big Rentz - <https://www.bigrentz.com/blog/construction-safety-statistics>
- Fig. 2** - CE Marking, Comissão Europeia- [https://ec.europa.eu/growth/single-market/ce-marking\\_en](https://ec.europa.eu/growth/single-market/ce-marking_en)
- Fig. 3** - Infografia dos EPI existentes
- Fig. 4 e 5** - IBM Quantum Computing, IBM- <https://www.ibm.com/quantum-computing/>
- Fig. 6** - Sensorama, Markos - <https://medium.com/oculus-rift/history-of-vr-9a84b9dc85dc>
- Fig. 7** - Oculus, Oculus - <https://www.oculus.com/>
- Fig. 8** - Valve Index, Valve Software - <https://www.valvesoftware.com/pt/index>
- Fig. 9** - Playstation VR, Playstation - <https://www.playstation.com/en-us/ps-vr/>
- Fig. 10** - Timeline AR/MR
- Fig. 11** - PokemonGO, Game Spot- <https://www.gamespot.com/articles/pokemon-go-is-getting-a-better-ar-mode/1100-6455762/>
- Fig. 12** - IKEA Place, Sapo - <https://tek.sapo.pt/mobile/ios/artigos/coloque-os-moveis-no-lugar-antes-de-comprar-com-a-app-da-ikea>
- Fig. 13** - Mixed Reality spectrum, Microsoft - <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality>
- Fig. 14**- Hololens2, Microsoft - <https://www.microsoft.com/pt-pt/hololens/hardware>
- Fig. 15**- Trimble Connected Construction, Trimble - <https://construction.trimble.com/en/>
- Fig. 16**- BIM, Hard - <https://blog.hard.com.br/o-que-e-a-tecnologia-bim/>
- Fig. 17**- IoT technologies for different applications, Nižetić et al - [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619314982?casa\\_token=gmOlrbvYIAAAAAA:xP-QqyJBYDy\\_wVT1jvJhfquWsBw5OU-qNNkfBgIBF-792sn3K5rSU-TkYN0y-VSVTy7gAhDXse9kg#bib250](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619314982?casa_token=gmOlrbvYIAAAAAA:xP-QqyJBYDy_wVT1jvJhfquWsBw5OU-qNNkfBgIBF-792sn3K5rSU-TkYN0y-VSVTy7gAhDXse9kg#bib250)
- Fig. 18**- IoT to hard hat, IoT Hub - <https://www.iothub.com.au/news/laing-orourke-brings-iot-to-hard-hats-412008>
- Fig. 19** - Iphone, Wikipédia- [https://en.wikipedia.org/wiki/IPhone\\_\(1st\\_generation\)](https://en.wikipedia.org/wiki/IPhone_(1st_generation))
- Fig. 20** - 5G, Comissão Europeia- <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/5g>
- Fig. 21** - Estrotação de dados, Shanzhan - <https://medium.com/swlh/big-data-explained-38656c70d15d>
- Fig. 22**- Categorização de dados, Shanzhan- <https://medium.com/swlh/big-data-explained-38656c70d15d>
- Fig. 23**- Inteligencia Artificial , Techie Visuals - <https://techievisuals.blogspot.com/2018/06/machine-learning-vs-ai.html>
- Fig. 24**- Machine Learning, Tech Spot - <https://www.techspot.com/article/2048-machine-learning-explained/>
- Fig. 25**- Revoluções Industriais, Agris - <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR2019O00032>
- Fig. 26**- Industria 4.0, PWC - <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>

**Fig. 27** - Moodboard - <https://www.pinterest.pt/maurosilvam94/linhas-da-te-se-moodboard/>

**Fig. 28**- Vista geral da obra.

**Fig. 29**- Operário a trabalhar numa estrutura de ferro.

**Fig. 30**- Operário a trabalhar numa estrutura de ferro.

**Fig. 31**- Operário a encher uma laje com betão.

**Fig. 32**- Estrutura de ferro com objetivo de reforçar o betão.

**Fig. 33**- Proteção vermelha necessária.

**Fig. 34**- Linha de vida.

**Fig. 35**- Linha de vida instalada de uma forma inadequada.

**Fig. 36**- Enchimento de um pilar

**Fig. 37**- Grades de segurança.

**Fig. 38**- Padrão listado.

**Fig. 39**- Objetos perto da berma da laje.

**Fig. 40**- Desorganização na obra.

**Fig. 41**- Sistema de escadas.

**Fig. 42**- Situação de perigo.

**Fig. 43**- Organização na obra

**Fig. 44**- Posicionamento inseguro.

**Fig. 45**- Vuzix M4000, Vuzix - <https://www.vuzix.com/products/m4000-smart-glasses>

**Fig. 46**- Nreal light, NReal- <https://www.nreal.ai/>

**Fig. 47**- Toshiba DynaEdge AR Smart Glasses, Toshiba- <https://us.dynabook.com/smartglasses/products/index.html>

**Fig. 48**- Third Eye, Third Eye- <https://thirdeyegen.com/x2-smart-glasses>

**Fig.49**- EPSON MOVERIO BT-300, Epson-<https://www.epson.pt/products/see-through-mobile-viewer/moverio-bt-300>

**Fig. 50**- Epson Moverio Pro BT-2200, Epson- <https://www.epson.pt/products/see-through-mobile-viewer/moverio-pro-bt-2200#images>

**Fig. 51 e 52**- Glass Enterprise Edition 2 - <https://www.google.com/glass/start/>

**Fig. 53 e 54**- Microsoft HoloLens2, Microsoft- <https://www.microsoft.com/en-us/hololens/buy>

**Fig. 55**- Trimble XR10, Trimble- <https://fieldtech.trimble.com/en/products/mixed-reality/trimble-xr10-with-hololens-2>

**Fig. 56**- Snapshot Spectacles, Spectacles - <https://www.spectacles.com/uk/>

**Fig. 57 e 58** - Magic Leap, Magic Leap - <https://www.magicleap.com/en-us>

**Fig. 59**- Project North Star, Leap Motion - <https://developer.leapmotion.com/northstar>

**Fig. 60**- DAQRI, The Verge - <https://www.theverge.com/2019/9/13/20864556/daqri-ar-headset-smart-glasses-startup-shutdown-asset-sale-layoffs>

**Fig. 61**- RAPTOR, Every Sight- <https://eversight.com/product/raptor/>

**Fig.62**- Jarvis, Jarvis - <https://www.jarvis.com/>

**Fig. 63 até 65** - Brainstorming e exploração de moodboard

**Fig. 66 até 71** - Aplicação conceptual de AR nos equipamentos de proteção auditiva

**Fig. 72 até 76** - Aplicação conceptual de AR nos equipamentos de proteção das vias respiratórias

- Fig. 77 até 81** - Aplicação conceptual de AR nos equipamentos de proteção de mãos e antebraços
- Fig. 82 até 85** - Aplicação conceptual de AR em roupa de trabalho
- Fig. 86 até 90** - Aplicação conceptual de AR em capacete e viseira
- Fig. 91 até 125** - Desenvolvimento do conceito selecionado
- Fig. 126 até 129** - Reunião com grupo de designers
- Fig. 130** - Nova moodboard - <https://www.pinterest.pt/maurosilvam94/dispositivo-u/>
- Fig. 131 até 136** - Capacete de referência
- Fig. 137 até 157** - Sketches do novo conceito
- Fig. 158** - Apresentação de maquetes
- Fig. 159 até 165** - Estudo de volume
- Fig. 166 até 179** - Estudo de forma
- Fig. 180 e 181** - Primeira abordagem à modelação
- Fig. 182 até 185** - Desenvolvimento fita e arnês
- Fig. 166 e 187** - Desenvolvimento de capacete e viseira
- Fig. 188 e 189** - Desenvolvimento de sistemas de fixação
- Fig. 190 até 195** - Aprimoramento de formas
- Fig. 196 até 202** - Detalhe do dispositivo
- Fig. 203** - Botão on/off
- Fig. 204** - Botões de navegação.
- Fig. 205 até 210** - visualização de várias perspetivas
- Fig. 211 até 222** - Prototopagem rápida
- Fig. 223 até 232** - Versão lite do dispositivo u
- Fig. 233** - Vista Explodida - Identificação das diferentes partes
- Fig. 234 e 235** - Vista Interior - componentes eletrónicos
- Fig. 236 até 239** - User Interface
- Fig. 240 até 244** - Dispositivo Ureality
- Fig. 245 até 247** - Ureality lite



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

5G vs 4G: what's the difference?. Thalesgroup.com. (2020). Retrieved 7 November 2020, from <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide-digital-identity-and-security/mobile/magazine/5g-vs-4g-whats-difference#:~:text=5G%20up%20to%20100%20times,for%20an%20increasingly%20connected%20society>.

### A

About Niantic, Inc. - Niantic. Niantic. (2017). Retrieved 17 December 2020, from <https://nianticlabs.com/en/about/>.

Adams, R. (2017). 10 Powerful Examples Of Artificial Intelligence In Use Today. Forbes. Retrieved 9 December 2020, from <https://www.forbes.com/sites/robertadams/2017/01/10/10-powerful-examples-of-artificial-intelligence-in-use-today/?sh=65ebd00f420d>.

Akinlolu, M., Haupt, T., Edwards, D., & Simpeh, F. (2020). A bibliometric review of the status and emerging research trends in construction safety management technologies. *International Journal Of Construction Management*, 1-13. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1819584>

Almeida, T., Fernandes, A., Ernesto, E., Carneiro, L., Carvalho, M., & Xavier, V. (2016). GUIA GERAL PARA A SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI) [Ebook]. ACT. Retrieved 22 August 2020, from [http://www1.ipq.pt/PT/Normalizacao/FerramentasPME/Documents/Guia\\_EPI\\_Web.pdf](http://www1.ipq.pt/PT/Normalizacao/FerramentasPME/Documents/Guia_EPI_Web.pdf).

Alpaydin, E. (2020). *Introduction to machine learning* / Ethem Alpaydin (4th ed.). Massachusetts Institute of Technology.

Alves, P. (2014). História do computador e a sua evolução. TechTudo. Retrieved 17 December 2020, from <https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/08/dia-da-informatica-confira-historia-do-computador-e-sua-evolucao.html>.

Aplicações móveis. Ikea.com. (2020). Retrieved 17 December 2020, from [https://www.ikea.com/pt/pt/customer-service/mobile-apps/?gclid=Cj0KC-QiA2uH-BRCCARIsAEeef3kGtET7j3HLyf7fLcTNc-l6E7nX8w6wz9lX0y4o7dc-55frCtpOq9JQaAm99EALw\\_wcB](https://www.ikea.com/pt/pt/customer-service/mobile-apps/?gclid=Cj0KC-QiA2uH-BRCCARIsAEeef3kGtET7j3HLyf7fLcTNc-l6E7nX8w6wz9lX0y4o7dc-55frCtpOq9JQaAm99EALw_wcB).

Arthus-Bertrand, Y. (2009). *Home* [DVD]. Denis Carot.

Augmented Reality - Apple Developer. Apple Developer. (2020). Retrieved 17 December 2020, from <https://developer.apple.com/augmented-reality/>.

Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012). Building information modelling (BIM): now and beyond. *Construction Economics And Building*, 12(4), 15-28. <https://doi.org/10.5130/ajceb.v12i4.3032>

### B

Bary, B. (2020). What is Mixed Reality? - Mixed Reality. Microsoft. Retrieved 17 December 2020, from <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality>.

Bazzaz Abkenar, S., Haghi Kashani, M., Mahdipour, E., & Jameii, S. (2020). Big data analytics meets social media: A systematic review of techniques, open issues, and future directions. *Telematics And Informatics*, 101517. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101517>

Big Data Explained in Plain and Simple English. Medium. (2019). Retrieved 19 October 2020, from <https://medium.com/swlh/big-data-explained-38656c70d15d>.

Biswas, G., Bhattacharya, A., & Bhattacharya, R. (2017). Occupational health status of construction workers: A review. *International Journal Of Medical Science And Public Health*, 6(4), 1. <https://doi.org/10.5455/ijm-sph.2017.0745302112016>

BITKOM; VDMA; ZVI. Implementation strategy industrie 4.0: report on the results of the industrie 4.0 platform. Frankfurt, Alemanha, 2016

Boas, Y. (2020). Overview of Virtual Reality Technologies. Retrieved 17 December 2020, from [https://static1.squarespace.com/static/537bd8c9e4b0c89881877356/t/5383bc16e4b0bc0d91a758a6/1401142294892/yavb1g12\\_25879847\\_finalpaper.pdf](https://static1.squarespace.com/static/537bd8c9e4b0c89881877356/t/5383bc16e4b0bc0d91a758a6/1401142294892/yavb1g12_25879847_finalpaper.pdf).

Brownlee, M. (2019). 5G: Explained!. Youtube.com. Retrieved 8 November 2020, from [https://www.youtube.com/watch?v=\\_CTUs\\_2hq6Y&t=578s](https://www.youtube.com/watch?v=_CTUs_2hq6Y&t=578s).

## C

Cameron, G. (2020). New hardhat tech designed to protect the brain from all angles. Daily Commercial News. Retrieved 19 February 2021, from <https://canada.constructconnect.com/dcn/news/ohs/2020/01/new-hardhat-tech-designed-to-protect-the-brain-from-all-angles>.

Casa inteligente com dispositivos IoT. Samsung pt. (2020). Retrieved 6 December 2020, from <https://www.samsung.com/pt/tvs/smart-tv/smart-home-with-iot-devices/>.

Chan, I., Leung, H., Fung, I., & Leung, M. (2016). How can BIM support Construction Safety Management? Development of SIM. *MATEC Web Of Conferences*, 66, 00018. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20166600018>

Chen, Y., Lai, Y., & Lin, Y. (2020). BIM-based augmented reality inspection and maintenance of fire safety equipment. *Automation In Construction*, 110, 103041. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103041>

Coles, C. (2020). Augmented and Virtual Reality: Technology of the Future, Today. IDTechEx. Retrieved 17 December 2020, from <https://www.idtechex.com/de/research-article/augmented-and-virtual-reality-technology-of-the-future-today/21267#:~:text=By%202030%2C%20IDTechEx%20predicts%20the,to%20be%20over%20%2430Bn.&text=Although%20seen%20as%20futuristic%20by,technology%20of%20the%20future%2C%20today>.

Construction sector. Ilo.org. Retrieved 9 July 2020, from <https://www.ilo.org/global/industries-and-sectors/construction/lang-en/index.htm>.

Curso Avançado em Segurança e Saúde no Trabalho. iLearning. (2020). Retrieved 3 October 2020, from <https://ilearning.pt/content/product/curso-avancado-em-seguran-e-sa-de-no-trabalho>.

Curso TSST – Técnico Superior de Segurança no Trabalho. Ciência e letras. (2020). Retrieved 3 October 2020, from <https://www.ciencia-letras.pt/tecnico-superior-de-seguranca-no-trabalho/curso-tecnico-superior-de-seguranca-no-trabalho-cap-nivel-vi/>.

## **D**

Decreto-Lei 348/93, 1993-10-01. Diário da República Eletrónico. (1993). Retrieved 24 August 2020, from <https://dre.pt/pesquisa/-/search/646298/details/maximized>.

Deepmind. Deepmind- Google. (2020). Retrieved 9 December 2020, from <https://deepmind.com/about>.

Digitalisation, Construction 4.0 and BIM. European Construction Industry Federation. Retrieved 11 October 2020, from <http://www.fiec.eu/priorities/digitalisation-construction-40-and-bim>.

Digitalisation, Construction 4.0 and BIM. FIEC. Retrieved 2 November 2020, from <http://www.fiec.eu/priorities/digitalisation-construction-40-and-bim>.

Dignum, V. (2019). What Is Artificial Intelligence?. Responsible Artificial Intelligence, 9-34. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30371-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30371-6_2)

## **E**

European construction sector observatory. European Commission. (2019). Retrieved 12 October 2020, from [https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/observatory\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/observatory_en).

## **F**

Fadell, T. (2015). The first secret of design is ... noticing. Ted.com. Retrieved 2 September 2020, from [https://www.ted.com/talks/tony\\_fadell\\_the\\_first\\_secret\\_of\\_design\\_is\\_noticing](https://www.ted.com/talks/tony_fadell_the_first_secret_of_design_is_noticing).

Falta mão de obra na construção civil. RTP Notícias. (2019). Retrieved 12 October 2020, from [https://www.rtp.pt/noticias/economia/falta-mao-de-obra-na-construcao-civil\\_v1164810](https://www.rtp.pt/noticias/economia/falta-mao-de-obra-na-construcao-civil_v1164810).

Faria, J. (2008). Organização de empresas de construção civil [Pdf]. Retrieved 6 July 2020, from [https://web.fe.up.pt/~construc/go/docs\\_GO/aulasppt/ppt2008/ORGANIZA%C3%87AO%20EMPRESAS%20CC.pdf](https://web.fe.up.pt/~construc/go/docs_GO/aulasppt/ppt2008/ORGANIZA%C3%87AO%20EMPRESAS%20CC.pdf).

Fu, F. (2018). Design and Analysis of Complex Structures. Design And Analysis Of Tall And Complex Structures, 177-211. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-101018-1.00006-x>

## **G**

García de Soto, B., Agustí-Juan, I., Joss, S., & Hunhevicz, J. (2019). Implications of Construction 4.0 to the workforce and organizational structures. International Journal Of Construction Management, 1-13. <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1616414>

Gershon, T. (2018). Quantum Computing Expert Explains One Concept in 5 Levels of Difficulty. Youtube.com. Retrieved 17 December 2020, from [https://www.youtube.com/watch?v=OWJcFovochA&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=OWJcFovochA&feature=emb_logo).

Gil, D. (2020). The Future of Quantum Computing with IBM's. Youtube.com. Retrieved 17 December 2020, from [https://www.youtube.com/watch?v=zOG-NoD07mcU&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=zOG-NoD07mcU&feature=emb_logo).

Glass. Glass. (2020). Retrieved 17 December 2020, from <https://www.google.com/glass/start/>.

Google Glass Explorer Edition: Explained!. Youtube.com. (2020). Retrieved 17 December 2020, from <https://www.youtube.com/watch?v=eIXk87IKgCo>.

Graça, H., & Braz, F. (2012). *Empresas do Setor da Construção – Análise Económico-Financeira – Ano de 2010* (1st ed., p. 40). Direção Financeira, de Estudos e Estratégia Instituto da Construção e do Imobiliário, I.P.

## H

Healthcare - Apple Watch. Apple. (2020). Retrieved 2 October 2020, from <https://www.apple.com/healthcare/apple-watch/>.

Heshamat, B. (2019). Is Augmented reality doomed? A look into future of AR. Youtube.com. Retrieved 17 December 2020, from <https://www.youtube.com/watch?v=f05o2KtEpK8>.

HoloLens 2 chega a Portugal. Sapo. (2020). Retrieved 17 December 2020, from <https://tek.sapo.pt/noticias/computadores/artigos/hololens-2-chega-a-portugal-por-um-preco-de-3-899-euros#>.

Hong Kong Construction Industry Council, Roadmap for Building Information Modelling Strategic Implementation in Hong Kong's Construction Industry. Construction Industry Council. (2014)

How Augmented Reality Improves Video Calls. Banuba.com. (2020). Retrieved 17 December 2020, from <https://www.banuba.com/blog/augmented-reality-for-video-calls>.

## I

IBM | Quantum Computing. IBM Quantum. (2020). Retrieved 17 December 2020, from <https://www.ibm.com/quantum-computing/>.

Indústria 4.0: Conceito, Impacto e Desafios [2020]. Infraspak Blog. (2020). Retrieved 6 December 2020, from <https://blog.infraspak.com/pt-pt/industria-4-0/>.

Instituto Português da Qualidade. Www1.ipq.pt. (2020). Retrieved 22 August 2020, from <http://www1.ipq.pt/PT/Pages/Homepage.aspx>.

iPad Pro. Apple. (2020). Retrieved 17 December 2020, from <https://www.apple.com/ipad-pro/>.

Ismail, S., Bandi, S., & Maaz, Z. (2018). An Appraisal into the Potential Application of Big Data in the Construction Industry. *International Journal Of Built Environment And Sustainability*, 5(2). <https://doi.org/10.11113/ijbes.v5.n2.274>

## J

James, R. (2020). How Is Big Data Used To Fight Against Credit Card Fraud?. Medium. Retrieved 11 December 2020, from <https://becominghuman.ai/how-is-big-data-used-to-fight-against-credit-card-fraud-568fd6d63387>.

Jeffrey, C. (2020). Explainer: What Is Machine Learning?. TechSpot. Retrieved 9 December 2020, from <https://www.techspot.com/article/2048-machine-learning-explained/>.

## **K**

Kamarul Bahrin, M., Othman, M., Nor Azli, N., & Talib, M. (2016). INDUSTRY 4.0: A REVIEW ON INDUSTRIAL AUTOMATION AND ROBOTIC. *Jurnal Teknologi*, 78(6-13). <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>

Karasinski, L. (2013). O que é tecnologia?. *Tecmundo.com.br*. Retrieved 14 July 2020, from <https://www.tecmundo.com.br/tecnologia/42523-o-que-e-tecnologia-.htm>.

Karimi, H., Taylor, T., Goodrum, P., & Srinivasan, C. (2016). Quantitative analysis of the impact of craft worker availability on construction project safety performance. *Construction Innovation*, 16(3), 307-322. <https://doi.org/10.1108/ci-10-2015-0050>

Kharb, A. (2018). INDUSTRIAL REVOLUTION – FROM INDUSTRY 1.0 TO INDUSTRY 4.0.

Krämer, K. (2020). Explainer: What is quantum tunnelling?. *Chemistry World*. Retrieved 5 October 2020, from <https://www.chemistryworld.com/news/explainer-what-is-quantum-tunnelling/4012210.article>.

Kurzgesagt – In a nutshell. (2020). Computadores Quânticos Explicados – Limites da Tecnologia Humana [Video]. Retrieved 5 October 2020, from <https://www.youtube.com/watch?v=JhHMJCUmq28>.

Kurzgesagt. (2020). Computadores Quânticos Explicados – Limites da Tecnologia Humana. *Youtube.com*. Retrieved 17 December 2020, from <https://www.youtube.com/watch?v=JhHMJCUmq28&t=110s>.

## **L**

Lee, J. (2019). A holographic meeting platform for collaborating from anywhere. *Ted.com*. Retrieved 17 December 2020, from <https://www.ted.com/search?q=meeting>.

Li, H., Lu, M., Hsu, S., Gray, M., & Huang, T. (2015). Proactive behavior-based safety management for construction safety improvement. *Safety Science*, 75, 107-117. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.01.013>

Li, Xiao; Yi, Wen; Chi, Hung-Lin; Wang, Xiangyu; Chan, Albert P.C. (2018). A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. *Automation in Construction*, 86(), 150–162. doi:10.1016/j.autcon.2017.11.003

Lori, N., Neves, J., Blin, A., & Alves, V. (2020). Some considerations on quantum computing at sub-atomic scales and its impact in the future of Moore's law. *Quantum Inf. Comput.*, 20, 1-13.

Lu, H., Li, Y., Chen, M., Kim, H., & Serikawa, S. (2017). Brain Intelligence: Go beyond Artificial Intelligence. *Mobile Networks And Applications*, 23(2), 368-375. <https://doi.org/10.1007/s11036-017-0932-8>

## **M**

Magic Leap | Reality is just beginning. *Magic Leap.com*. (2020). Retrieved 17 December 2020, from <https://www.magicleap.com/en-us>.

Markos, A. (2020). History of VR. *Medium*. Retrieved 16 December 2020, from <https://medium.com/oculus-rift/history-of-vr-9a84b9dc85dc>.

Martins, A., & Jesus, S. (2018). *CRISE FINANCEIRA E DESEMPREGO. OMNIA*, vol 8(n.º3), 61-66. Retrieved 12 October 2020, from [https://www.grei.pt/OMNIA/OMNIA8\\_3.pdf](https://www.grei.pt/OMNIA/OMNIA8_3.pdf).

Masood, T., & Egger, J. (2020). Adopting augmented reality in the age of industrial digitalisation. *Computers In Industry*, 115, 103112. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.07.002>

Measure app. Apple. (2020). Retrieved 17 December 2020, from <https://support.apple.com/en-us/HT208924>.

Meraj, M., & Kumar, S. (2015). Evolution of Mobile Wireless Technology from 0 G to 5 G.

Microsoft HoloLens 2. Microsoft.com. Retrieved 11 August 2020, from <https://www.microsoft.com/pt-pt/hololens/hardware>.

Microsoft HoloLens. Microsoft.com. (2020). Retrieved 17 December 2020, from <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>.

Miller, C. (2013). Google Searches for Style. *Nytimes.com*. Retrieved 17 December 2020, from <https://www.nytimes.com/2013/02/21/technology/google-looks-to-make-its-computer-glasses-stylish.html>.

Moore, G. (1965). Cramming more components onto integrated circuits [PDF]. Retrieved 5 October 2020, from <https://newsroom.intel.com/wp-content/uploads/sites/11/2018/05/moores-law-electronics.pdf>.

## **N**

Nath, N., Behzadan, A., & Paal, S. (2020). Deep learning for site safety: Real-time detection of personal protective equipment. *Automation In Construction*, 112, 103085. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103085>

National BIM Standard - United States. *Nationalbimstandard.org*. (2019). Retrieved 3 August 2020, from <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1>.

Nižetić, S., Djilali, N., Papadopoulos, A., & Rodrigues, J. (2019). Smart technologies for promotion of energy efficiency, utilization of sustainable resources and waste management. *Journal Of Cleaner Production*, 231, 565-591. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.397>

Nižetić, S., Šolić, P., López-de-Ipiña González-de-Artaza, D., & Patrono, L. (2020). Internet of Things (IoT): Opportunities, issues and challenges towards a smart and sustainable future. *Journal Of Cleaner Production*, 274, 122877. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122877>

## **O**

Occupational Safety and Health Administration. United states department of labour. (2019). Retrieved 10 October 2020, from <https://www.osha.gov/data/commonstats>.

Ongsulee, P. (2017). Artificial intelligence, machine learning and deep learning. 2017 15Th International Conference On ICT And Knowledge Engineering (ICT&KE). <https://doi.org/10.1109/ictke.2017.8259629>

OSHA. United States Department of Labour. (2020). Retrieved 2 October 2020, from <https://www.osha.gov/Publications/OSHA3163/osha3163.html>.

## **P**

Paavilainen, J., Korhonen, H., Alha, K., Stenros, J., Koskinen, E., & Mayra, F. (2017). The Pokémon GO Experience. Proceedings Of The 2017 CHI Conference On Human Factors In Computing Systems. <https://doi.org/10.1145/3025453.3025871>

Pokémon Go. SIC Notícias. (2016). Retrieved 17 December 2020, from <https://sicnoticias.pt/especiais/pokemon-go>.

Project Glass: Live Demo At Google I/O. Youtube.com. (2020). Retrieved 17 December 2020, from <https://www.youtube.com/watch?v=D7TB8b2t3QE>.

## **R**

Rawlinson, K. (2015). Bill Gates insists AI is a threat. BBC News. Retrieved 9 October 2020, from <https://www.bbc.com/news/31047780>.

Rogers, S. (2019). How VR, AR And MR Are Making A Positive Impact On Enterprise. Forbes. Retrieved 17 December 2020, from <https://www.forbes.com/sites/solrogers/2019/05/09/how-vr-ar-and-mr-are-making-a-positive-impact-on-enterprise/#11fdf79a5253>.

Rogers, S. (2019). How VR, AR And MR Are Making A Positive Impact On Enterprise. Forbes. Retrieved 19 February 2021, from <https://www.forbes.com/sites/solrogers/2019/05/09/how-vr-ar-and-mr-are-making-a-positive-impact-on-enterprise/#11fdf79a5253>.

Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). THE INTERNET OF THINGS: AN OVERVIEW. Internetsociety.org. Retrieved 5 October 2020, from <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/08/ISOC-IoT-Overview-20151221-en.pdf>.

## **S**

Saarinen, J. (2015). Laing O'Rourke brings IoT to hard hats. IoT Hub. Retrieved 8 September 2020, from <https://www.iothub.com.au/news/laing-orourke-brings-iot-to-hard-hats-412008>.

Santos, B.P., Alberto, A., Lima, T.M., & Charrua-Santos, F. (2018). INDUSTRY 4.0: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES. Revista Produção e Desenvolvimento, 4, 111-124.

SECTORS OF THE INDUSTRY. Commission de la construction du Québec. Retrieved 1 July 2020, from <https://www.ccq.org/en/loi-r20/conventions-collectives/secteurs>.

Shahzan. (2019). Big Data Explained in Plain and Simple English. Medium. Retrieved 11 December 2020, from <https://medium.com/swlh/big-data-explained-38656c70d15d>.

Suthaharan, S. (2014). Big data classification: problems and challenges in network intrusion prediction with machine learning: ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review: Vol 41, No 4. Dl.acm.org. <https://doi.org/10.1145/2627534.2627557>

## T

technology | Origin and meaning of technology by Online Etymology Dictionary. Etymonline.com. Retrieved 10 December 2020, from <https://www.etymonline.com/word/technology>.

The World Economic Forum. (2016). Shaping the Future of Construction A Breakthrough in Mindset and Technology [Ebook]. Retrieved 26 October 2020, from [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Shaping\\_the\\_Future\\_of\\_Construction\\_full\\_report\\_.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf).

The world's most valuable resource is no longer oil, but data. The Economist. (2017). Retrieved 11 December 2020, from <https://www.economist.com/leaders/2017/05/06/the-worlds-most-valuable-resource-is-no-longer-oil-but-data>.

Trimble Connected Construction. Construction.trimble.com. (2020). Retrieved 17 December 2020, from <https://construction.trimble.com/en/>.

Virtual Reality Market Share, Growth | VR Industry Trends [2020-2027]. Fortune Business Insights. (2020). Retrieved 10 December 2020, from <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/virtual-reality-market-101378>.

Trimble Connected Construction. Construction.trimble.com. (2020). Retrieved 17 December 2020, from <https://construction.trimble.com/en/>.

## V

Virtual Reality Market Share, Growth | VR Industry Trends [2020-2027]. Fortune Business Insights. (2020). Retrieved 10 December 2020, from <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/virtual-reality-market-101378>.

Vuzix. Vuzix.com. (2020). Retrieved 17 December 2020, from <https://www.vuzix.com/>.

## W

Werner, J. (2017). Augmented Reality. Youtube.com. Retrieved 17 December 2020, from <https://www.youtube.com/watch?v=RDvBowq3ed8>.

What can HoloLens 2 do?. Youtube.com. (2020). Retrieved 17 December 2020, from <https://www.youtube.com/watch?v=XwOnHqiNAeU>.

What is technology?. Esa.int. Retrieved 14 July 2020, from [http://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Engineering\\_Technology/What\\_is\\_technology](http://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/What_is_technology).

Winge, S., Albrechtsen, E., & Mostue, B. (2019). Causal factors and connections in construction accidents. *Safety Science*, 112, 130-141. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.10.015>

Wohlgenannt, I., Simons, A., & Stieglitz, S. (2020). Virtual Reality. *Business & Information Systems Engineering*, 62(5), 455-461. <https://doi.org/10.1007/s12599-020-00658-9>

Wong, T., Man, S., & Chan, A. (2020). Critical factors for the use or non-use of personal protective equipment amongst construction workers. *Safety Science*, 126, 104663. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104663>

Work Injury Costs - Injury Facts. Injury Facts. (2020). Retrieved 2 October 2020, from <https://injuryfacts.nsc.org/work/costs/work-injury-costs/>.  
World Statistic. Ilo.org. (2020). Retrieved 19 July 2020, from <https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/>

WCMS\_249278/lang--en/index.htm#:~:text=The%20enormous%20burden%20of%20poor%20working%20conditions&text=Worldwide%2C%20there%20are%20around%20340,of%20work%2Drelated%20illnesses%20annually.&text=The%20construction%20industry%20has%20a,older%20workers%20are%20particularly%20vulnerable.

#### **X**

Xu, L., Xu, E., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal Of Production Research*, 56(8), 2941-2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>

#### **Y**

You, Y., Meng, C., Jiang, L., & Wu, H. (2020). Analysis of Chinese VR Game Industry and Prediction of its New Development Trend from a Global Perspective. *Frontiers In Economics And Management*, 1. [https://doi.org/DOI:10.6981/FEM.202007\\_1\(7\).0007](https://doi.org/DOI:10.6981/FEM.202007_1(7).0007)

#### **Z**

Zhang, M., & Fang, D. (2013). A continuous Behavior-Based Safety strategy for persistent safety improvement in construction industry. *Automation in Construction*, 34, 101–107. <https://doi:10.1016/j.autcon.2012.10.019>



**ANEXOS**

## LEGISLAÇÃO EUROPEIA E NACIONAL

A legislação consiste num sistema de regras com o objetivo de regular comportamentos. Mesmo não estando o projeto em questão direcionado para a produção e comercialização, é necessário esclarecer quais as necessidades e obrigatoriedades associadas, de modo a esclarecer de que modo a projeção do EPI deve ser direcionada.

Sempre que um produto é pensado e projetado com o objetivo de ser comercializado e utilizado no espaço europeu é necessário ter em conta as diretivas e leis vigentes para que a sua fabricação cumpra os padrões estabelecidos a nível nacional e europeu.

Tendo como exemplo a 'Diretiva 89/686/CEE de 21 de dezembro e a respetiva legislação nacional de transposição', esta obriga a que os produtos para poderem circular livremente no mercado europeu possuam a marcação "CE" (Fig.3), e se façam acompanhar da respetiva documentação legalmente exigida. A marcação CE, tem como objectivo, demonstrar a conformidade para com as leis europeias do produto em questão, para com as Normas Harmonizadas e para com os requisitos impostos para a venda do mesmo no espaço europeu. Portugal, pertencendo à União Europeia, tem como obrigação o cumprimento destas leis vigentes, impostas pela mesma UE. A legislação nacional não poderá de maneira alguma contrapor a lei imposta pela EU, no entanto, poderá modificá-la para algo mais restritivo, se a necessidade de colmatar alguma falha a nível nacional assim o requerer (Almeida et al., 2016).

### Diretivas

A seguinte diretiva faz parte de um conjunto de leis impostas pela European Union Law e encontra-se exposta no presente trabalho de forma incompleta, visto que foi realizada uma seleção de aspetos relevantes para o desenvolvimento do projeto em questão dando evidência a normas relevantes para o desenvolvimento do mesmo.

“

*Diretiva 89/656/CEE do Conselho, de 30 de novembro de 1989, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde para a utilização pelos trabalhadores de equipamentos de proteção individual no trabalho (terceira Diretiva especial, na aceção do nº 1 do artigo 16º da Diretiva 89/391/CEE)*

O CONSELHO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS,

*Tendo em conta o Tratado que institui a Comunidade Económica Europeia e, nomeadamente, o seu artigo 118ºA,*

*Tendo em conta a proposta da Comissão (1), apresentada após consulta ao Comité consultivo para a segurança, a higiene e a proteção da saúde no local de trabalho,*

*Em cooperação com o Parlamento Europeu (2),*

*Tendo em conta o parecer do Comité Económico e Social (3),*

*Considerando que o artigo 118ºA do Tratado prevê que o Conselho adote, por diretiva, prescrições mínimas destinadas a promover a melhoria, nomeadamente, das condições de trabalho, de modo a garantir um melhor nível de proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores; (...)*

*(...) considerando que as medidas de proteção coletiva devem ter prioridade sobre os equipamentos de proteção individual; que a entidade patronal é obrigada a instalar dispositivos e medidas de segurança; "(...)*

*(...) Considerando que é conveniente prever indicações que possam ser utilizadas pelos Estados-membros para a fixação das regras gerais relativas à utilização dos equipamentos de proteção individual;(...*

*(...) ADOTOU A PRESENTE DIRETIVA:*

*SECÇÃO I*

*DISPOSIÇÕES GERAIS*

*Artigo 1º*

*Objeto*

*1. A presente diretiva, que é a terceira diretiva especial, na aceção do nº 1 do artigo 16º da Diretiva 89/391//CEE, estabelece as prescrições mínimas de segurança e de saúde para a utilização, pelos trabalhadores, de equipamentos de proteção individual no trabalho. (...)*

*(...) Artigo 2º*

*Definição*

*1. Na aceção da presente diretiva, entende-se por equipamento de proteção individual qualquer equipamento destinado a ser usado ou detido pelo trabalhador para sua proteção contra um, ou mais riscos suscetíveis de ameaçar a sua segurança, ou saúde no trabalho, bem como qualquer complemento ou acessório destinado a esse objetivo.(...)*

*(...) Artigo 3º*

*Regra geral*

*"Os equipamentos de proteção individual devem ser utilizados quando os riscos existentes não puderem ser evitados ou suficientemente limitados por meios técnicos de proteção coletiva, ou por medidas, métodos ou processos de organização do trabalho." (...)*

*(...) SECÇÃO II*

*OBRIGAÇÕES DA ENTIDADE PATRONAL*

*Artigo 4º*

*Disposições gerais*

*1. Todo o equipamento de proteção individual deve estar conforme com as disposições comunitárias relativas à sua conceção e construção em matéria de segurança e de saúde.*

*Em qualquer caso, todo o equipamento de proteção individual deve:*

*a) Ser adequado relativamente aos riscos a prevenir, sem que ele próprio implique um aumento do risco;*

*b) Corresponder às condições existentes no local de trabalho;*

*c) Ter em conta as exigências ergonómicas e de saúde do trabalhador;*

*d) Ser adequado ao portador, depois de feitos os ajustes necessários.*

*2. Em caso de riscos múltiplos que exijam a utilização simultânea de vários equipamentos de proteção individual, esses equipamentos devem ser compatíveis e manter a sua eficácia relativamente ao(s) risco(s) correspondente(s).*

*(...)*

(...) 8. A entidade patronal deve assegurar uma formação sobre o porte dos equipamentos de proteção individual e, caso necessário, organizar sessões de treino para esse efeito.

9. Os equipamentos de proteção individual só podem ter a utilização prevista, salvo em casos particulares e excecionais.

Devem ser utilizados de acordo com os folhetos de instruções.

Os folhetos de instruções devem ser compreensíveis para os trabalhadores.

(...)

(...) Artigo 11º

Os Estados-membros são os destinatários da presente diretiva.

”

Feito em Bruxelas, em 30 de novembro de 1989.(...)



O presente documento foi escrito usando os tipo de letra **BEBAS NEUE** e **Roboto**.





**SEGURANÇA NO TRABALHO NA ÁREA DA CONSTRUÇÃO CIVIL:**

**Mauro Silva**      **DESIGN DE UM DISPOSITIVO DE REALIDADE AUMENTADA E REALIDADE MISTA COMPLEMENTAR A UM EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - UMA PERSPECTIVA PARA 2030.**

**ESAD Matosinhos**

**2021**