



**Hélder Fernando  
Brandão Antunes**

**Design do exterior de um robô autónomo para  
limpeza de pavimentos de grandes dimensões:  
i-RoCS**





**Hélder Fernando  
Brandão Antunes**

**Design do exterior de um robô autónomo para  
limpeza de pavimentos de grandes dimensões:  
i-RoCS**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Design de Produto, realizada sob a orientação científica da Doutora Bárbara Filipa Casqueira Coelho Gabriel, Investigadora do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro, e da Doutora Teresa Cláudia Magalhães Franqueira Baptista, Professora Associada do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro.





## **O júri**

**Presidente**

**Prof. Doutor Ricardo José Alves de Sousa**

Professor Auxiliar com Agregação do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

**Arguente**

**Prof. Doutor Robertt Angelo Fontes Valente**

Professor Associado do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

**Arguente**

**Prof. Jeremy Hugh Aston**

Professor Adjunto da Escola Superior de Arte e Design de Matosinhos

**Orientador**

**Prof. Doutora Teresa Cláudia Magalhães Franqueira Baptista**

Professora Associada do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro



## Agradecimentos

Aos meus avós maternos, Mário e Palmira.

Aos meus pais, Fernando e Isabel.

Aos meus irmãos, Rui, José e Aldina.

Aos meus tios, Miguel e Odete.

A todos os meus amigos.



design factory aveiro  
pci · creative science park





**Palavras-chave**

design de produto, equipamento autónomo, robôs de limpeza, design multidisciplinar, estética do design

**Resumo**

Numa época de transformação social, em que as tarefas demoradas e onerosas do trabalho humano são substituídas por dispositivos autónomos, surge uma crescente necessidade de limpeza e desinfeção rigorosa de áreas e objetos com os quais temos contacto físico.

Apresente dissertação de base projetual apresenta o resultado e todo o desenvolvimento do design exterior do robô autónomo de limpeza inserido no projeto Research and Development of an Intelligent Robotic Cleaning System (i-RoCS) com as empresas Atena e Climex. O investigador, responsável pela área do Design, fez parte de uma equipa multidisciplinar composta por profissionais das áreas de Automação, Engenharia, Eletrónica, Química e Serviços de Higienização e Limpeza.

Através do uso de ferramentas de desenvolvimento de produto como desenho, modelação 3D, maquetagem e prototipagem, foi possível obter a solução final. Pensado com o objetivo de obter uma estética moderna e atual, fugindo à linha industrial presente na secção de soluções disponíveis no mercado, o robô foi desenhado de forma a transmitir a ideia de sustentabilidade e a imagem de um dispositivo amigo do ambiente.



**Keywords**

product design, autonomous equipment, cleaning robots, multidisciplinary design, design aesthetics

**Abstract**

At a time of social change, when the time-consuming and burdensome tasks of human work are replaced by autonomous devices, a growing need of rigorous disinfection and cleaning of objects and areas with which we have physical contact with arises.

The present project-based master thesis presents all the development and result of the autonomous cleaning robot exterior design, part of the Research and Development of an Intelligent Robotic Cleaning System (i-RoCS) project with the companies Atena and Climex. The researcher, responsible for the Design, is part of a multidisciplinary team, composed by professionals of the areas of Automation, Engineering, Electronics, Chemistry, and Cleaning Services fields.

The final solution was obtained using product development tools such as sketching, 3D modelling and prototyping. With the main goal to obtain a modern aesthetic, and escape from the industrial line present on the solutions available in the market, the robot was designed to transmit the idea of sustainability, and the image of an environmentally friendly device.





# Índice

## **01. INTRODUÇÃO**

1.1 Contextualização	3
1.2 Problema e a sua relevância	5
1.3 Considerações metodológicas	11
1.4 Linha temporal	13
1.5 Estrutura do documento	17

## **02. ENQUADRAMENTO**

2.1 Breve história sobre robôs de limpeza	21
2.2 Tecnologia em dispositivos de limpeza robótica	25
2.3 Soluções disponíveis no mercado	27
2.4 Interação do Homem com objetos, robôs e tecnologia.	31
2.5 Trabalho em equipa à distância	33
2.6 Caracterização das empresas: Climex e Atena	35

## **03. DESENVOLVIMENTO**

3.1 Análise de precedentes	41
3.2 Metodologia Projetual	43
3.3 Processo de desenvolvimento	45
3.4 Material Escolhido	61

## **04. RESULTADOS**

4.1 Solução encontrada	65
4.2 Descrição técnica	69
4.3 Justificação das decisões projetuais	81

## **05. CONCLUSÕES**

5.1 Avaliação do trabalho e da solução proposta	87
5.2 Limitações e aspetos negativos	89
5.3 Desenvolvimentos futuros	91

Bibliografia	93
Índice de figuras	97
Anexos	101



# **01 INTRODUÇÃO**

**1.1** Contextualização

**1.2** Problema e a sua relevância

**1.3** Considerações metodológicas

**1.4** Linha temporal

**1.5** Estrutura do documento



## 1.1 Contextualização

A sociedade atual vive rodeada de tecnologias de inteligência artificial (IA) o que permite que, em lugares distintos e situações diversas, possamos interagir com dispositivos inteligentes, máquinas ou outro tipo de equipamento com tecnologia incorporada.

Vivemos numa época em que os dispositivos programados substituem as tarefas demoradas e onerosas do trabalho humano [1]. Um exemplo são os robôs de limpeza – máquinas que limpam áreas predefinidas, direcionando pequenos objetos em grandes salas ou mesmo edifícios – que têm apoiado as equipas de limpeza. Devido à pandemia de Covid-19, há uma necessidade extra de limpar e desinfetar objetos e áreas com as quais possamos ter contacto físico.

A Organização das Nações Unidas (ONU) definiu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e este trabalho está relacionado com dois desses objetivos: (objetivo 3) *good health and well-being* (se os pisos forem limpos regularmente e adequadamente, a propagação de doenças é reduzida), e (objetivo 12) *responsible consumption and production* (por meio do uso eficiente de recursos).

Inserido no projeto *Research and Development of an Intelligent Robotic Cleaning System* (i-RoCS), promovido por um consórcio constituído pela ATENA<sup>1</sup> (promotor líder), CLIMEX<sup>2</sup> e Universidade de Aveiro<sup>3</sup> (UA), o projeto apresentado nesta dissertação teve como objetivo desenvolver uma solução robotizada e inovadora de limpeza automática de pavilhões industriais, sendo a área de Design da responsabilidade da UA.

<sup>1</sup><http://atena-ai.pt/>

<sup>2</sup><https://www.climex.pt/>

<sup>3</sup><https://www.ua.pt/>



## 1.2 Problema e a sua relevância

No início do projeto que motivou esta dissertação foi fornecido pela equipa um relatório datado de 2017, ano em que se iniciou este projeto. Este relatório serviu como base para uma primeira pesquisa sobre a temática dos *Facility Services*.

No que toca à higiene e segurança dos espaços de lazer e trabalho, a satisfação das necessidades básicas da sociedade e da indústria torna os serviços de Higiene e Limpeza (*Facility Services*) um dos setores mais transversais, versáteis e dinâmicos da economia europeia.

Contabilizou-se uma receita de 7,1 mil milhões de euros no setor em 2016, incluindo o fornecimento a uma ampla gama de setores e aplicações, tal como hospitais, centros comerciais, instituições militares, indústria, universidades e hotéis, de soluções especializadas de limpeza e higiene, que vão desde consultoria técnica a serviços especializados a equipamentos<sup>4</sup>. De facto, 91% das 179 mil empresas integradas no setor possuem a dimensão de PME, agregando um valor superior a 64 mil milhões de euros no Volume de Negócios, com 3.3 milhões de funcionários. Deste número, 73% são mulheres e 67% trabalham a tempo parcial<sup>5</sup>. Algumas das aplicações disponíveis no setor dos serviços de Higiene e Limpeza são ilustradas na figura seguinte.

<sup>4</sup> Valores consultados em <https://www.aise.eu/our-industry/market-and-economic-data.aspx>.

<sup>5</sup> Valores consultados em <https://www.issa.com/signin/member>.

PROFESSIONAL CLEANING AND HYGIENE	HEALTHCARE	FOOD, BEVERAGE & AGRICULTURE	KITCHEN & CATERING	TECHNICAL CLEANING	BUILDING CARE	LAUNDRY	TOTAL
MARKET VALUE 2016 (BILLION €)	1,7	1,4	1,4	1,2	0,8	0,6	7,1
MARKET SHARE (%)	23,9	19,9	19,4	16,2	11,8	8,9	100
GROWTH (%) 2016 vs. 2015	4	2	2,5	4,5	5,5	3	+3,5

**Figura 1** - Setor da Higiene e Limpeza no contexto Europeu. (Fonte: Euromonitor International and A.I.S.E.)

Em comparação, em países como os Estados Unidos, a Rússia e a China, o crescimento anual do setor tem sido superior a 13% ao ano, bastante maior do que o crescimento Europeu<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Valores consultados em <https://www.reportlinker.com/p04647402/Facility-Management-Services-Market-in-North-America.html>.

Pode-se considerar que o aumento da externalização deste tipo de serviços, em empresas e indústrias de ambos os setores, público e privado, está na base deste crescimento. A evolução crescente do mercado global dos *Facility Services* é ilustrada na figura 2.



**Figura 2** - Perspetivas de crescimento *Facility Management Market* (Market Research Future).

Verifica-se uma margem de crescimento significativa na taxa de integração de serviços de Higiene e Limpeza no setor público e privado europeu, de 66% e 89%, respectivamente<sup>7</sup>. As tendências na prestação destes serviços na Europa são acompanhadas por Portugal, sendo possível estimar que, neste setor, o Volume de Negócios total tenha um valor de 500 milhões de euros. As 10 principais empresas a atuar a nível nacional representam um valor de mercado de 400 milhões de euros, empregando 70% do total de mão de obra do setor, ou seja, 50 mil pessoas. Trata-se de um mercado maduro, com taxas de crescimento na ordem dos 4% ao ano, e elevadas taxas de penetração no setor público e privado<sup>8</sup>. Contudo, o setor de prestação de serviços de Higiene e Limpeza demonstra determinados desafios com impacto no crescimento e competitividade das empresas que o compõem, apesar dos bons indicadores do setor dos *Facility Services* e das perspetivas de crescimento futuras a nível mundial. Destacam-se, de entre os desafios principais:

<sup>7</sup> Valores consultados em <http://www.wfbsc.org/World-Congress>.

<sup>8</sup> Valores consultados em <https://apfs.pt/estudo-do-setor/>.

**. Estrutura de custos pesada no setor *Facility Services*, assente em mão de obra intensiva.**

Devido à elevada dependência de mão de obra intensiva, as empresas tornam-se sensíveis à variação de preços, formação profissional, educação, sindicatos, absentismo, normas de higiene e segurança no trabalho. Em contrapartida, o ajuste e a negociação de condições junto do setor público e privado é dificultado, à conta da baixa competitividade dos *Facility Services*, quando comparados a setores menos dependentes de mão de obra intensiva. Consequentemente, as empresas sentem a necessidade de procurar soluções alternativas, como a introdução de soluções tecnológicas, quando o valor unitário do fator trabalho é elevado, de forma a reduzir o tempo despendido na realização de operação de limpeza e higiene, bem como reduzir outro tipo de custos operacionais. Esta problemática é particularmente evidente em países na Europa Ocidental, como Portugal, Espanha, França e Grécia, onde a legislação laboral é menos flexível.



### **. Elevada rotatividade e custos com formação especializada no setor *Facility Services***

A especialização de profissionais e a vontade de garantir a manutenção do índice de qualidade de serviço em causa junto do mesmo Cliente são dificultadas pela elevada rotatividade de pessoal no setor, dada a dependência deste do fator humano. No entanto, o investimento e *know-how* depositados nas horas de formação, com vista a disseminar os princípios de trabalho especializado e de qualidade, são totalmente desaproveitados quando um novo colaborador sai. A oferta de mão de obra intensiva disponível agrava ainda mais a problemática da rotatividade de pessoal. Com efeito, a mão de obra com interesse em trabalhar no setor tem vindo a ser reduzida, devido ao envelhecimento populacional e à corrente migratória. Como resultado, há uma escassez de recursos humanos no setor, fator que afeta empresas de grandes potências económicas como a Europa, Rússia, Austrália, Japão e EUA. Em contrapartida, há bastante mão de obra altamente qualificada apta para o desempenho de funções em setores de elevado conhecimento e intensidade tecnológica, ao contrário do desempenho de funções no setor de Limpeza e Higienização, graças ao acesso ao ensino superior nos países desenvolvidos. Um fator de mudança poderá ser a aposta na sofisticação tecnológica dos processos de Limpeza e Higienização, revertendo a pouca atratividade do setor.

### **. Reduzida capacidade produtiva na prestação de serviços de Limpeza e Higienização**

O fator humano, legislação laboral vigente, equipamentos e consumíveis de limpeza e higienização controlam a capacidade produtiva na prestação de serviços de Limpeza e Higienização. A redução do tempo de lavagem é possível graças à introdução de soluções tecnológicas nos serviços, como por exemplo as máquinas de lavagem de pavimentos, aspiração central e aspiração de pavimentos manuais. No entanto, a eficiência operacional e a capacidade de replicação dos resultados demonstra ainda vários problemas, uma vez que não é possível garantir a mesma consistência e replicabilidade através de equipamentos de limpeza suportados por mão humana, sejam estes tecnológicos, ou não.

Por outro lado, o elevado valor das soluções tecnológicas atualmente disponíveis no mercado tem sido um dos principais fatores limitantes da sua adoção, ao dificultar a negociação de condições atrativas para o Cliente. Sendo assim, constata-se a necessidade de uma gama tecnológica de soluções de limpeza automática a preços competitivos no mercado, que se destaque pela relação custo–benefício, eficiência e sustentabilidade.

### **. Responsabilidade ambiental e otimização de recursos**

O consumo de água e o uso de consumíveis de limpeza, em particular os detergentes, que quando emanados para o meio ambiente podem comprometer a sustentabilidade das espécies e ecossistemas, torna a sustentabilidade ambiental uma preocupação progressivamente maior na prestação do serviço de Limpeza e Higiene. Desta forma, as empresas têm adotado cada vez mais práticas “verdes”, capazes de contribuir para a redução da pegada de carbono e, conseqüentemente, o impacto ambiental da atividade de Limpeza e Higienização. A norma REACH ou SWAN, bem como a ISA 14001, fazem parte do conjunto de regulamentos europeus que determinam quais os componentes químicos permitidos nos produtos de limpeza. É efetivamente possível gerir de forma mais eficiente o consumo de água e de detergentes de limpeza, para reduzir os desperdícios e a emissão de resíduos e químicos para o meio ambiente, através da adoção de soluções tecnológicas nos serviços, tornando todo o processo mais sustentável. Contudo, as soluções de limpeza automática disponíveis no mercado tornam-se dispendiosas e morosas, devido ao consumo de água e reposição de consumíveis acrescidos. A reutilização da água, através da sua aspiração e posterior filtração por membrana, é uma das soluções mais ecológicas existentes. No entanto, a eficiência no processo está comprometida devido às limitações no número de ciclos de filtração. Além da filtração por membrana, o uso de filtração por tambor rotativo ou decantação também permite reutilizar a água<sup>9,10,11</sup>. Porém, tudo isto implica um consumo energético, tornando a autonomia elétrica e lavagem um caminho longo a percorrer.

<sup>9</sup> Valores consultados em <https://www.intellibotrobotics.com/products/swingobot.php>.

<sup>10</sup> Valores consultados em <http://www.naturaltec.com.br/filtracao-teoria/>

<sup>11</sup> Valores consultados em <http://www.youtube.com/watch?v=gzCLXe2xQAs>.

## **. Limitações tecnológicas no setor das *Facility Services***

A introdução de soluções robotizadas nas mais diversas áreas tem sido possível graças aos recentes avanços na área da Robótica Móvel. Como tal, a adoção generalizada destas soluções tem sido adiadas nas especificidades do setor de Limpezas e Higiene. Por um lado, a aplicação de equipamentos semiautomáticos de limpeza e lavagem de pavimentos em locais de grande dimensão, como naves industriais ou grandes superfícies comerciais como hipermercados e centros comerciais, permite a sua rentabilização. Por outro, a realização de operações noturnas de lavagem e limpeza, por exemplo, são inviabilizadas devido à baixa autonomia elétrica (2 ou 3 horas), tornando as alturas em que os estabelecimentos/recintos estão livres pouco proveitosas. Outro problema limitador é a reduzida autonomia em termos de consumíveis de limpeza (detergentes e outros) e dos próprios depósitos de água, dificultando a adoção e aplicação das máquinas de lavagem autónomas. Com efeito, para garantir o funcionamento em contínuo do sistema é necessária uma intervenção humana no mínimo a cada 3 horas, graças a estas situações. O custo dos atuais sistemas torna-se proibitivo, devido à necessidade de permanência ou deslocação de um operador para recarregar as baterias e substituir os consumíveis (detergente, água e outros líquidos necessários) neste tipo de operações.

## **. Transformação digital — A Indústria 4.0 aplicada nos *Facility Services***

As normas atualmente seguidas, quer na indústria, quer no comércio e serviços, apontam para a rentabilização dos meios de produção através da sua inserção num sistema global de gestão, acompanhando as tendências geralmente apelidadas de “Indústria 4.0”. Sendo assim, para gerir de forma coordenada e integrada todos os intervenientes nos diversos processos, são aplicados os mais recentes métodos de gestão da informação (aprendizagem automática, *Big Data*), seguindo o sistema que fornece informação a todos meios de produção nele integrados. Os serviços de Higiene e Limpeza fazem também parte deste processo. Desta forma, a interação com os restantes sistemas de gestão, bem como um elevado grau de autonomia e capacidade de decisão deverão ser possíveis graças às novas soluções.

## **. Tendência global em generalização – *Activity Based Cleaning***

Seguindo um conceito de *Activity Based Cleaning*, num raciocínio mais avançado e moderno de gestão dos serviços de limpeza, que consiste na gestão integrada de três componentes (Recursos Humanos, Robótica e Soluções *Internet of Things*), pretende-se que as soluções futuras sejam integradas numa solução mais lata de oferta de serviços e limpeza.

O prolongamento da capacidade e aptidão para o trabalho em idades mais avançadas, o aumento da produtividade e maior motivação de colaboradores, graças a uma oferta tecnológica diversificada no setor da prestação de serviços de limpeza, a redução da taxa de absentismo e abandono da produção são algumas das grandes expectativas atuais, na esperança de que esta atividade se torne atrativa para futuras gerações.

### 1.3 Considerações Metodológicas

A metodologia usada na criação e desenvolvimento deste projeto é o *Double Diamond*, desenvolvido pelo *Design Council* em 2005 (figura 3), que conhece quatro fases: descobrir, definir, desenvolver e entregar.

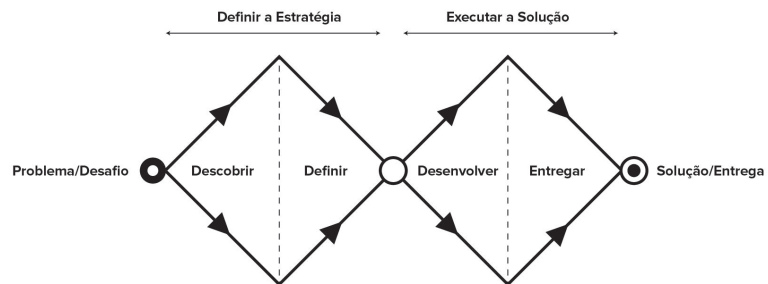


Figura 3 - Double Diamond.

A primeira fase consiste na descoberta que nos permite orientar a pesquisa sobre o tema ou contexto do trabalho. Para o projeto i-RoCS em questão foi necessário fazer uma pesquisa aprofundada sobre a prestação de serviços de higiene e limpeza, tendo-se concluído que existe uma estrutura de custos pesada no setor de *Facility Services* (assente em mão de obra intensiva), uma elevada rotatividade e custos com formação especializada no setor, uma reduzida capacidade de produtividade na prestação do serviço de Limpeza e Higienização, uma responsabilidade ambiental e conseqüente necessidade de otimização de recursos, limitações tecnológicas no setor, uma transformação digital (a indústria 4.0 aplicada aos *Facility Services*) e uma tendência global em generalização (*Activity Based Cleaning*). Estas foram as questões base que permitiram conduzir o projeto à próxima fase.

Num segundo momento, seguiu-se a definição do brief do projeto que tinha como objetivo criar uma solução capaz de responder a qualquer empresa do setor empresarial ou industrial, oferecendo uma solução autónoma que praticamente não necessitasse de intervenção humana, capaz de mapear o espaço, definindo a melhor trajetória a executar na lavagem automática de longa duração em grandes pavimentos com a capacidade de reaproveitar a água.

O início da fase de desenvolvimento marca o fim do primeiro diamante da figura 3 e pretende encontrar soluções a todos os níveis (químico, eletrónico, mecânico, autónomo, etc.) para se dar resposta à proposta. De realçar que se entrou neste projeto praticamente na última fase de desenvolvimento do mesmo o que acrescenta várias limitações ao investigador e designer. Entrar numa fase final de desenvolvimento de um projeto significa que não houve qualquer contributo nas etapas anteriores em aspetos determinantes. O design deveria estar presente desde o início do projeto e não só no final dado que é um trabalho cujo resultado final depende do esforço conjunto das partes. Este constrangimento forçou a definição de um *Double Diamond* pessoal dentro do *Double Diamond* do i-RoCS, ou seja, passou por um processo individual e solitário inicial que não pôde contar com a contribuição da equipa do projeto. A integração na equipa ocorreu de forma gradual com o contributo do investigador em reuniões quinzenais de equipa, o que se traduziu em alterações muito significativas no projeto. A equipa necessitava do contributo de um profissional na área do Design, lacuna essa que foi preenchida pelo investigador. Foram realizados desenhos de desenvolvimento à base de esboços rápidos para se começar a perceber as primeiras formas, maquetes de escala reduzida para se perceber um pouco mais a volumetria da carcaça e ainda à escala real para se estudar a interação humana, modelações quando o desenho já exigia um grau de detalhe mais elevado e, por fim, renderizações para se obter uma perceção mais realista do robô.

A fase final da metodologia *Double Diamond*, que corresponde à entrega, ainda está a decorrer. Apesar da carcaça ter sido idealizada de uma maneira, pode vir a sofrer ligeiras alterações na fase de fabricação pois tem de ir ao encontro das possibilidades e investimentos da empresa. Estão a ser produzidos moldes de espuma para, depois de fibrado, se retirar os vários painéis da carcaça.

## 1.4 Linha temporal

Início

**Início de estado de emergência.**

**Primeira reunião i-RoCS.**

23 de novembro de 2020

**Agendamento de visitas  
à Renault e Atena.**

9 de dezembro de 2020

**Primeiro debate sobre a  
estrutura de 3 andares.**

19 de janeiro de 2021

**Organização interna.  
Reformulação dos tanques.**

27 de janeiro de 2021

**Envio de propostas do  
desenho da carcaça à Atena.**

25 de fevereiro de 2021

**Produção de maquete à  
escala 1:10, desenho escala  
1:1, CAD e estudo da relação  
com escala humana.**

10 de março de 2021

**Requisição de esboços  
da carcaça para  
dimensionamento do robô.**

21 de janeiro de 2021

**Dada a urgência dos prazos  
pré-estabelecidos pelo  
projeto, foi solicitado o  
desenho final da carcaça  
para a Atena avançar com a  
produção do interior do robô.**

5 de março de 2021

**Reunião com o projeto mecânico para otimização da carcaça para produção.**

19 de março de 2021

**Apresentação da proposta da carcaça para a equipa do projeto.**

22 de março de 2021

**Contacto direto com o primeiro andar do robô, escovas e outros acessórios na Atena.**

5 de abril de 2021

**Produção da maquete escala 1:1 na Design Factory Aveiro**

22 de abril de 2021

**Fim do estado de emergência.**

**Reposicionamento das câmaras. Eliminação da porta traseira.**

10 de maio de 2021

**Primeiros testes de movimentação do robô.**

12 de março de 2021

**Atrasos na construção da estrutura. Atraso na aquisição dos tanques.**

31 de maio de 2021

**Finalização dos tanques e estrutura.**

Junho de 2021

**Surge a oportunidade para a Climex apresentar o robô em Madrid em novembro.**

6 Julho de 2021

**Finalização da montagem do interior do robô.**

**Ponderação sobre a melhor técnica para a prototipagem da carcaça.**

19 Julho de 2021



**Demonstração do movimento do robô por parte da equipa de automação.**

2 de agosto de 2021

**Finalização do projeto mecânico.**

6 de setembro de 2021

**A apresentação do robô é adiada para 2022.**

20 de setembro de 2021

**A carcaça do robô será feita em fibra de vidro.**

23 de setembro de 2021

**Finalização da montagem do interior do robô.**

4 de outubro de 2021

**Prolongação do fecho do projeto para 30 de abril de 2022.**

18 de outubro de 2021

**Resultados da maquinação das espumas.**

Final de outubro de 2021

**Parte do painel lateral esquerdo finalizado em fibra de vidro.**

Final de outubro de 2021

**Fim**



Solicitações da equipa do projeto.



Trabalho desenvolvido no contexto da dissertação.



## 1.5 Estrutura do documento

O presente documento está dividido em cinco capítulos principais: o primeiro — **01 Introdução** — pretende contextualizar o tema do projeto, o problema e a sua relevância, apresenta uma linha temporal para melhor percepção dos trabalhos desenvolvidos e a metodologia utilizada pelo investigador. No segundo — **02 Enquadramento** — realiza-se uma pesquisa sobre a história dos robôs de limpeza e a tecnologia em dispositivos usados nos mesmos. Para melhor entendimento do mercado atual elabora-se uma tabela com aspetos técnicos dos robôs concorrentes. Segue-se uma reflexão sobre a aceitação do produto por parte do público de acordo com o seu nível de processamento, situação e propósito. Reflete-se sobre o trabalho em equipa à distância devido à pandemia Covid-19. No fim do capítulo, é feita uma descrição sobre as empresas Climex e Atena. O terceiro capítulo — **03 Desenvolvimento** — começa por fazer uma análise de precedentes que demonstra a entrada tardia do investigador no projeto e qual a sua metodologia projetual. É detalhado todo o processo de desenvolvimento desde visitas a empresas, reuniões virtuais, desenhos, maquetes e modelações 3D. No fim, demonstra-se o material escolhido para a prototipagem produzida pela empresa Atena. No quarto capítulo — **04 Resultados** — é apresentada a solução encontrada, através de renderizações 3D e toda a sua descrição técnica. Todas as decisões projetuais são justificadas no final do capítulo. Por fim, o último capítulo — **05 Conclusões** — reflete sobre o trabalho desenvolvido, a solução proposta, as limitações e aspetos que podem ser melhorados. São ainda referidas possíveis ideias futuras para aperfeiçoamento do trabalho.



## **02 ENQUADRAMENTO**

- 2.1** Breve história sobre robôs de limpeza
- 2.2** Tecnologia em dispositivos de limpeza robótica
- 2.3** Soluções disponíveis no mercado
- 2.4** Interação do Homem com objetos e máquinas
- 2.5** Trabalho em equipa à distância
- 2.6** Caracterização das empresas: Climex e Atena



## 2.1 Breve história sobre robôs de limpeza

Prassler *et al.* [2] defendem que operar um robô num ambiente natural público de maneira a que ele ofereça um serviço útil, como limpar o piso do chão, é totalmente diferente de operar um robô industrial numa área de trabalho. Isto é ainda mais relevante se o robô tiver de funcionar de forma autónoma por vários períodos de tempo.

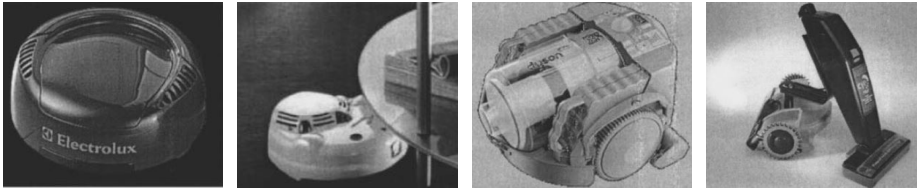
Um robô industrial, por exemplo um robô de soldagem, normalmente opera sob condições bastantes controladas. O robô executa uma sequência pré-programada de operações elementares, por exemplo, movendo-se nas coordenadas x e y sem parar até que o operador finalize o sistema. Essa sequência reprogramada de operações não exige que o robô observe o ambiente, construa modelos internos ou raciocine sobre o meio em que se insere. Não requer que o robô adapte o seu comportamento às mudanças do ambiente que podem ocorrer durante a sua operação. Não são permitidas mudanças desconhecidas ou imprevisíveis no ambiente de um robô industrial pois podem interferir no seu funcionamento. Caso aconteça, o robô deverá desligar-se imediatamente. Não é necessário o robô refletir sobre a possível interferência e interações com trabalhadores humanos, uma vez que estes, geralmente, ficam fora do espaço de trabalho do robô.

Todas estas questões ganham relevância quando um robô é colocado a operar num ambiente natural sem o controlo humano. Surgem muitas dificuldades ainda sem solução e isso é uma explicação pelo qual a tecnologia robótica tem sido usada maioritariamente no fabrico.

O projeto *i-RoCS* agarrou essas dificuldades como uma forma de motivação e oportunidade para desenvolver algo inovador e diferente para o mercado.

Foi feita uma pesquisa sobre os primeiros tipos de robôs de limpeza, nomeadamente aspiradores, robôs de limpeza de piscina, robôs de limpeza industrial, limpadores de carpetes, purificadores e varredores robóticos de piso, robôs de limpeza de dutos e varredores robóticos de estradas.

A figura 4 mostra robôs de limpeza domésticos como aspiradores de pó robóticos, varredores e lavadores de piso que são ainda hoje um produto muito presente e indispensável em várias divisões de variados edifícios.



a) Robot Vacuum Cleaner, Electrolux.

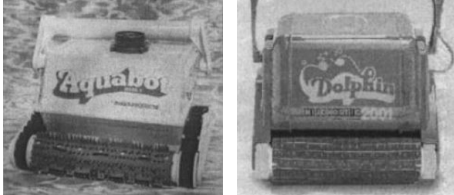
b) RoboCleaner, Karcher.

c) DC06, Dyson.

d) Cye, Probotics.

**Figura 4** - Aspiradores de pó robóticos comerciais.

Os robôs da figura 5 foram projetados para a aplicação especial de limpeza de piscinas. A característica que distingue estes robôs de limpeza de piscinas dos descritos acima é que precisam de operar debaixo de água.

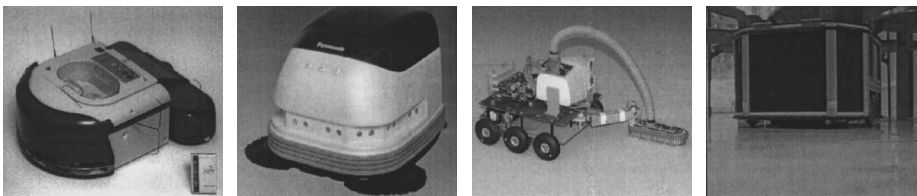


a) Dolphin DIAGNOSTIC 2001, Mayronic.

b) Aquabot (Turbo), Aquabot.

**Figura 5** - Robôs de limpeza de piscina.

Não há dados que provem que qualquer um dos robôs da figura 6 tenham sido apresentados como um produto, ainda assim permaneceram como protótipos industriais.



a) Cleaning Robot, Minolta.

b) Brownie, Panasonic.

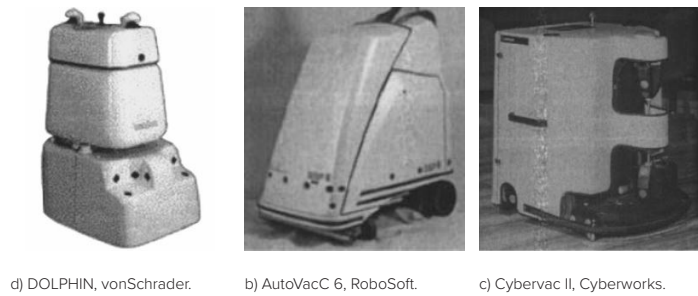
c) Koala, LAMI.

d) AutoCleaner, P+S Automation.

**Figura 6** - Robôs de limpeza industrial.



Na figura 7 observam-se aspiradores de pó industriais e robôs de limpeza de carpetes.



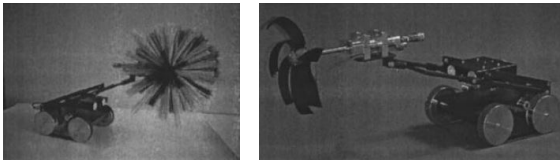
**Figura 7** - Aspiradores de pó industriais e robôs de limpeza de carpetes.

Outro grupo de robôs de limpeza industrial é composto por lavadoras e varredores robóticos de piso, como se apresenta na figura 8. Esta distinção refere-se apenas ao princípio de limpeza usado pelos vários robôs.



**Figura 8** - Lavadoras e varredores robóticos de piso.

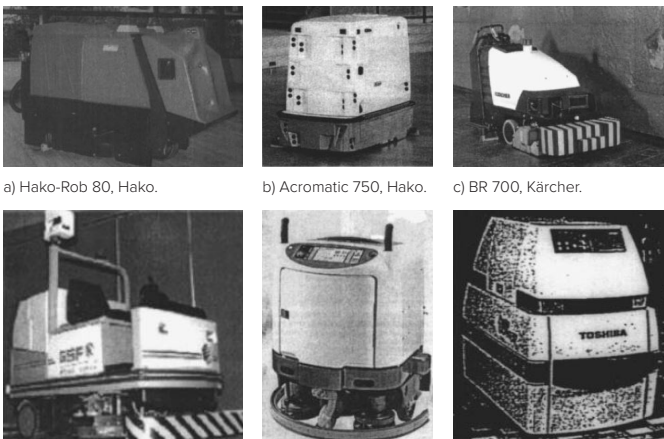
Os robôs da figura 9 diferem dos anteriores, não só pela variação de tamanho e peso, mas também pelo custo e potencial no mercado em geral. São chamados de robôs de limpeza de dutos. Eles têm de ser leves e pequenos para conseguirem adaptar-se facilmente.



Deluxe Cleaning Robot, Indoor Environmental Solutions.

**Figura 9** - Robôs de limpeza de dutos.

A diferença entre os protótipos da figura 10 e os produtos comerciais não é, muitas vezes, uma questão de maturidade técnica, mas uma questão económica que passa por inserir ou não um determinado sistema mais desenvolvido no mercado.



a) Hako-Rob 80, Hako.

b) Acromatic 750, Hako.

c) BR 700, Kärcher.

d) C100, RoboSoft.

e) AV-31, Fuji Industries.

f) AutoSweepy, Toshiba.

**Figura 10** - Protótipos industriais de lavadoras e varredores robóticos de piso.

O robô da figura 11 é um robô de limpeza projetado para varrer grandes áreas externas, como estacionamento de supermercados, aeroportos ou pátios de fábricas.



a) Road Sweeper, TESS2 consortium.

**Figura 11** - Protótipo de um varredor robótico de estrada.

## 2.2 Tecnologia em dispositivos de limpeza robótica

Prassler *et al.* [2] abordam a questão da tecnologia em todo o tipo de robôs de limpeza. Refere que todos têm aspetos em comum, como sistemas de direção, equipamento de sensores, equipamento informático, estratégias de limpeza e navegação, estratégias de posicionamento e, por fim, a sua tecnologia e modalidade de limpeza.

De acordo com Prassler, o robô, nas diferentes valências mencionadas, deverá conter ou ser capaz de:

### **.Modalidades de Limpeza:**

- .Esfregar (molhado ou seco)
- .Escovar.
- .Varrer.
- .Aspirar.

### **.Sistemas de direção:**

- .Diferencial (com duas, quatro, seis rodas de rodízio giratório).
- .Triciclo (com rodas dianteiras e traseiras elétricas).
- .Caterpillar (diferencial).

### **.Equipamento de sensores:**

- .Giroscópio, codificadores de rodas.
- .Sensor tátil (pára-choques, caixa suspensa).
- .Sensores ultrassónicos (matriz/scanner).
- .Infravermelho.
- .Scanner a laser (pontos de referência naturais/marcadores refletores).
- .Sensores de poluição.

### **.Equipamento informático:**

- .Movimento aleatório (com evasão de obstáculos).
- .Seguimento de contorno (com evasão de obstáculos).
- .Padrões de movimento codificados (combinados com caminhada aleatória).
- .Seguindo trajetórias de limpeza registadas (teach-in).
- .Seguir caminhos sinuosos (movimento direto até que um contacto ocorra, vira e continua na pista paralela).

.Planeamento online com base numa planta de representação do piso.

**.Estratégias de posicionamento:**

.Cálculo de contas.

.Posicionamento absoluto com faróis magnéticos ou marcadores refletores.

.Alinhar as leituras do sensor com o mapa pré-programado/gerado.

## 2.3 Soluções disponíveis no mercado

O objetivo principal deste sub-capítulo é mostrar a variedade que existe no mercado atual, como podemos ver na figura 12, e identificar as melhores soluções para o problema.

O sistema escolhido deve ser o mais autónomo possível, com o mínimo de interação humana. Deve evitar colisões com quaisquer objetos, sejam em movimento ou estáticos, e serem capazes de limpar grandes pisos. A pesquisa foi realizada para tentar recolher o máximo de informação possível. Fatores como dimensão, autonomia, tanques, tempo de bateria, entre outros foram tidos em consideração.

Os robôs apresentados, dos quais nos baseamos, assemelham-se à solução pretendida que ainda seria desenvolvida:

- .Neo
- .Neo 2™
- .Nilfisk Liberty SC50a
- .TASKI SWINGOBOT 2000
- .CLEANFIX RA 660 NAVI
- .KIRA B50
- .DUOBOT 1850
- .Adlatus CR 700
- .Scrubber 50

A descrição mais detalhada de cada robô encontra-se em anexo.



Figura 12 - Variedade de robôs existentes no mercado atual.

Na tabela seguinte (figura 13) é possível estabelecer uma comparação entre os diferentes robôs selecionados em termos de dimensão, autonomia, capacidade dos tanques, duração da bateria e funcionamento em modo manual. A análise detalhada em cada um destes parâmetros permite concluir quais os robôs mais avançados em determinados aspetos e quais os que mais se assemelham ao do nosso projeto.










Nome		Dimensão	Autonomia	Tanques	Tempo bateria	Modo manual
CLEANFIX RA 660 NAVI		101,2 × 82,8 × 115,2 cm	1250 m <sup>2</sup> /hora	110 litros	3 horas	x
DUOBOT 1850		122 × 81 × 109 cm	929 m <sup>2</sup> /hora	53 litros	4 horas	x
KIRA B50		100 × 64 × 110 cm	1200 m <sup>2</sup> /hora	50 litros 50 litros	2 horas	x
Neo		143 × 61 × 119 cm	1.2 m/segundo	120 litros 124 litros	5 horas	Sim
Neo 2™		x	3900 m <sup>2</sup> /hora	135 litros 135 litros	6 horas	Sim
Nilfisk Liberty SC50a		135 × 76 × 144 cm	1936 m <sup>2</sup> /hora	215 litros	6 horas	Sim
Scrubber 50		86 × 70 × 103 cm	1200 m <sup>2</sup> /hora	24 litros 18 litros	3 horas	x
TASKI SWINGOBOT		135 × 90 × 128.5 cm	1260 m <sup>2</sup> /hora	90 litros	4 horas	x
Adlatus CR 700		100 × 75.5 × 98 cm	1125 m <sup>2</sup> /hora	120 litros 68 litros	4 horas	Sim

Figura 13 - Tabela de comparação entre vários robôs do mercado atual.





## **2.4 Interação do homem com objetos, robôs e tecnologia**

O contributo da leitura de estudos e artigos relacionados com o design de objetos, máquinas e tecnologia foi sensibilizar o investigador, autor da carcaça deste robô, para a aceitação do produto por parte do público de acordo com o seu nível de processamento, situação e propósito: o comprador do aparelho, o funcionário que o coloca em funcionamento e as pessoas que circulam no local onde o robô opera autonomamente.

As tecnologias e os robôs têm estado cada vez mais presentes nos espaços públicos, especialmente no contexto da pandemia Covid-19 [3, 4]. Hoje em dia, eles podem ser usados numa abundante gama de aplicações e podem ser encontrados em diversos tipos de ambientes: industrial, doméstico, educacional e saúde [5]. Há uma certa complexidade em inserir robôs em locais onde há um grande fluxo de pessoas, materiais, objetos, outras máquinas, entre outros, e que estão em constante movimento ou mudança. Como os robôs ainda são relativamente novos em muitos espaços, as pessoas podem não saber as funções dos robôs nos espaços públicos, quais as suas capacidades ou até não identificá-los como robôs. Isso indica que a compreensão das pessoas sobre os robôs muitas vezes se baseia no que estes podem eventualmente ser capazes de fazer e não o que eles estão a fazer quando são vistos em funcionamento. O sentimento de aceitação ou preocupação varia consoante o que as pessoas entendem ou antecipam da presença dos robôs em espaços públicos. A eventual compreensão do que as pessoas pensam sobre o que os robôs são ou não capazes de fazer acabará por surgir e amadurecer consoante a quantidade de robôs que encontrem e a reflexão que farão sobre eles.

A razão pela qual ainda não há muitos robôs autónomos em funcionamento nos espaços públicos é porque existe uma dificuldade em substituir o operador humano por inteligência artificial [6, 7]. Quando falamos em autonomia, não falamos apenas no robô possuir baterias, bom poder computacional e boas regras de comportamento, mas muito mais que isso.

A autonomia não é só um conjunto de regras inteligentes, mas sim a capacidade do robô criar as suas próprias regras [8].

*"If robots are to clean our homes, they'll have to do it better than a person." — James Dyson*

Norman [9] faz uma análise relativa ao comportamento, à imagem e à atratividade dos produtos não só para o usuário, mas também para o proprietário.

Nesse estudo, Norman consegue identificar três níveis diferentes de processamento pelo Ser Humano relativos a um produto: visceral, comportamental e reflexivo. Estes três níveis traduzem diferentes “conceitos” em Design.

Relativamente ao primeiro impacto, o design visceral remete para a aparência, para a imagem; o comportamental procura entender a experiência total no uso de um determinado produto; e o reflexivo debruça-se sobre os pensamentos e sentimentos posteriores, assim como a imagem que carrega e a mensagem que transmite aos outros acerca do gosto do proprietário.

Para exemplificar esta teoria, o autor apresenta o despertador de Jacob Jensen (figura 14). Conclui que o interesse neste despertador era apenas a sua particular aparência, forte e carismática, dado que apresentava fortes lacunas de usabilidade.



**Figura 14** - Despertador de Jacob Jensen.

## 2.5 Trabalho em equipa à distância

As reuniões do projeto *i-RoCS*, como mostra o exemplo da figura 15, foram forçosamente realizadas com recurso a videoconferência dado que a entrada no projeto aconteceu em contexto pandémico. Foi possível identificar vantagens e desvantagens na utilização deste recurso. A rapidez com que se convocava uma reunião e a equipa se reunia online facilitou bastante a comunicação entre todos. Estas reuniões permitiram a partilha do ponto de situação de cada uma das partes face ao trabalho desenvolvido até ao momento. Por outro lado, o contacto mais direto poderia favorecer o debate sobre alguns desenhos e projeto mecânico, nomeadamente a troca de ideias com sugestões em papel realizadas no momento que, em contexto virtual, não puderam acontecer com a mesma facilidade.

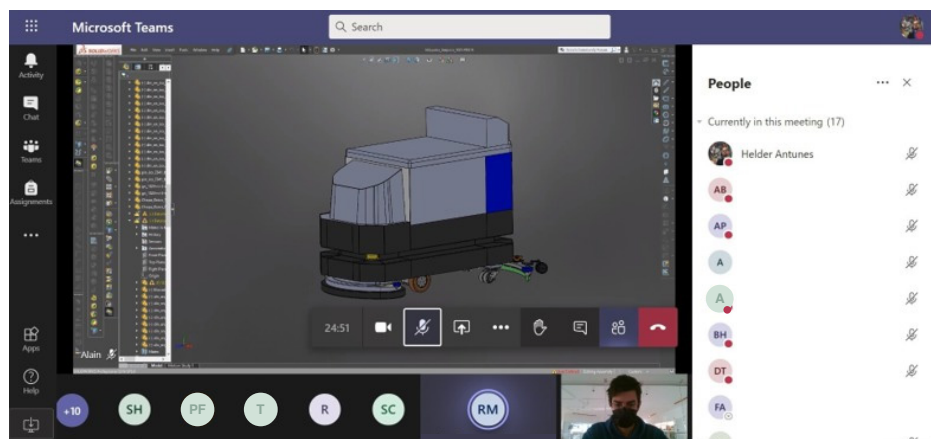


Figura 15 - Reunião *i-RoCS* via Microsoft Teams.

A pandemia de Covid-19 e o conseqüente confinamento social obrigatório forçaram a criação de novos hábitos e métodos de trabalhos, nomeadamente o teletrabalho. A videoconferência tornou-se uma ferramenta privilegiada para a realização de reuniões de trabalho e também como instrumento de comunicação entre entidade empregadora e funcionário. A utilização da plataforma Zoom foi a plataforma mais utilizada no período de quarentena. No final de 2019, apenas 10 milhões de pessoas recorriam a esta aplicação para reuniões diárias.

Em abril de 2020, período em que se deu o *lockdown global*, os números subiram para mais de 300 milhões de utilizadores [10, 11]. Mas não foi só o Zoom enquanto plataforma de videoconferência, que aumentou a sua relevância de forma tão expressiva. O *google meet™* e *microsoft teams*, também viram crescer expressivamente os números de participantes diários [12, 13]. Apesar da recuperação de alguma normalidade nas várias esferas da sociedade, a comunicação por videoconferência continua a ser muito utilizada e é provável que, mesmo após o desfecho da situação pandémica, continue a ser uma solução muito valorizada já que o *gartner*, empresa de consultoria, prevê que apenas 25% das reuniões de negócios ocorrerão pessoalmente até 2024 [14].

Na falta de alternativa, as reuniões de trabalho por videochamada revelaram-se no modo mais eficaz de atuação, colocando desafios vários aos seus utilizadores. O seu uso intensivo durante um longo período de tempo permitiu identificar vantagens e desvantagens. É uma boa resposta, fácil e acessível, mas ao mesmo tempo nasce a fadiga, a exaustão física e mental [15, 16], um esgotamento enraizado em vários aspetos mas, sobretudo, no olhar direto e prolongado [17]. Comparativamente com as reuniões presenciais, a videoconferência exclui a noção de espaço compartilhado, a transmissão de dicas hápticas (toques, cheiros,...), a linguagem corporal e os gestos de cada participante, a iniciativa de conversas paralelas e/ou a manipulação de objetos físicos específicos [18].

Da mesma forma, a pesquisa de Kuzminykh e Rintel [19] percebeu que a videoconferência limitou a capacidade dos participantes de compreenderem a dinâmica social de grupo, ou seja, quem é importante, e dificultou a perceção da sinalização comunicativa, de quem olha para quem.

## 2.6 Caracterização das empresas: Climex e Atena



A **Climex** é uma empresa portuguesa de serviços de higiene e limpeza, fundada em 1967, com a motivação de criar valor, inovação e sustentabilidade nos seus serviços: limpeza manual, limpeza robótica, desinfeção, soluções técnicas de gestão de edifícios, gestão de instalações sanitárias, bem estar e higiene feminina, manutenção de plantas e áreas ajardinadas, prevenção e eliminação de contaminação biológica.



**Figura 16** - Robô de desinfeção UVC da Climex.

O serviço de limpeza robótica serviu de inspiração e motivo de discussão para o projeto, pois a Climex já estava bastante familiarizada com o tema e tinha em posse robôs autónomos (figura 16 e 17). O investigador teve a oportunidade de estar em contacto direto com o robô de desinfeção UVC presente na figura 16.



**Figura 17** - Robô Scrubber 50 da Climex.

O desenvolvimento do robô i-RoCS veio ser uma solução no serviço de limpeza robótica da Climex sendo capaz de limpar pavilhões de grandes dimensões como: aeroportos, grandes fábricas, hospitais, entre outros.

A Climex forneceu bastantes amostras de águas sujas ao departamento de química da universidade de Aveiro para estes poderem investigar e inovar a parte de reaproveitamento de águas.



A **Atena** foi fundada em 1993 por um grupo de engenheiros. Tem como missão responder às necessidades dos seus parceiros tendo em conta a qualidade, inovação e fiabilidade dos seus equipamentos. É uma empresa que dá valor ao diálogo com os clientes, fornecedores e parceiros científicos, promovendo uma interação estável em todos os projetos que se insere.

Este método de trabalho, durante 25 anos, permitiu disponibilizarem soluções em várias áreas estratégicas, tais como: sistemas automáticos, robótica convencional e colaborativa, sistemas de visão artificial, meios de controlo dimensionais, informática industrial e supervisão, reconstrução de equipamentos, sistemas de gestão de energia, aplicações de monitorização e supervisão, equipamentos para as áreas biomédicas e alimentares, entre outros.

A Atena foi responsável pela parte autónoma e mecânica do projeto i-RoCS. Desenvolveu, construiu, montou e programou o projeto mecânico e elétrico do interior do robô. Fez também todos os testes de movimentação do robô.

O investigador teve a oportunidade de conhecer as instalações da empresa e desenvolver a carcaça do robô i-RoCS trabalhando com a supervisão de uma equipa de profissionais.







## **03 DESENVOLVIMENTO**

**3.1** Análise de precedentes

**3.2** Metodologia Projetual

**3.3** Processo de desenvolvimento

**3.4** Material escolhido



## 3.1 Análise de precedentes

Projetar o design da carcaça do robô *i-RoCS* foi o desafio proposto e esta tarefa tornou-se ainda mais exigente devido à integração tardia na equipa. Havia uma estrutura mecânica interna fixa, praticamente desenvolvida na totalidade, que carecia de um revestimento. O projeto encontrava-se numa fase já bastante adiantada pelo que sugestões de alteração muito significativas seriam descartadas. Como tal, o aparelho sofreu apenas pequenas modificações de reorganização interna, fruto de um percurso de estudo e pesquisa acerca do processo de conceção do robô anterior à data de integração no projeto, colocação de questões, dúvidas e confronto com os parceiros no sentido de encontrar a solução ideal.

As restrições impostas para controlar a situação epidemiológica do país condicionaram também todo o processo que evoluiu ao ritmo das reuniões virtuais realizadas com uma periodicidade quinzenal que permitiram o acompanhamento do projeto, articulação com os parceiros envolvidos e aperfeiçoamento gradual do robô.



## 3.2 Metodologia Projetual

Tendo em conta os objetivos mencionados na introdução, a pesquisa já se encontrava finalizada e bastante aprofundada, o brief já se encontrava definido e o desenvolvimento interno do robô já se encontrava finalizado visto que o investigador entrou no projeto praticamente na última fase de desenvolvimento.

Ao desenvolver a carcaça, na fase divergente, começou-se por explorar várias formas recorrendo a ferramentas de design de projeto, nomeadamente: desenho manual, desenho digital, maquetes à escala 1:10 e 1:1 para validação de formas e dimensões, modelações CAD e renders.

O dimensionamento da carcaça esteve limitado pelo interior do robô já definido. Durante o desenvolvimento da carcaça foi tomado em conta a antropometria dos utilizadores e as dimensões do espaço em que o produto se inseriria.

Participou-se nas reuniões virtuais, acompanhando todo o processo de produção do robô e, em especial, da carcaça. Foram produzidos moldes de espuma para se proceder à fibragem dos vários painéis da carcaça. Foi este o método de produção da carcaça pois tinha de ir ao encontro das possibilidades e investimentos da empresa Atena.

O investigador ambicionava a finalização da produção da carcaça para tirar conclusões relativamente ao resultado final obtido, mas essa tarefa só era possível ser realizada pela Atena.



### 3.3 Processo de desenvolvimento

Um dos aspetos mais importantes para o desenvolvimento de um projeto é a comunicação entre a equipa de trabalho. Eram realizadas reuniões quinzenais, como referido na análise de precedentes, em que todos os grupos de trabalho partilhavam o respetivo ponto da situação sobre os progressos da sua atividade em desenvolvimento: profissionais da Atena (a nível de automação e mecânica), da Climex (limpeza e higiene), da Universidade de Aveiro (Química - reaproveitamento das águas; Eletrónica-mapeamento dos pisos; Design - desenvolvimento da carcaça para o robô e opinião sobre a reorganização interna). Trata-se de uma equipa multidisciplinar o que implica saber ouvir e saber expressar-se perante especialistas de outras áreas: “as equipas são mais eficazes quando os membros da equipa, e não os seus líderes, oferecem coaching aos seus colegas e quando o coaching se foca na conclusão das tarefas” [20]. Esta troca de ideias e conhecimentos foi extremamente benéfica e enriquecedora enquanto pessoa, designer e futuro profissional. A especificidade dos vários profissionais permitia somar saberes e encontrar soluções criativas para dar respostas efetivas e eficazes a um projeto comum.

Como a conclusão do projeto já havia sido adiada uma vez, havia uma pressão acrescida para o cumprimento de prazos e apresentação do resultado final com a maior brevidade possível. Foram tomadas muitas decisões sob pressão, com receio de inviabilizar a conclusão do futuro robô. A fase exploratória e criativa que caracteriza o trabalho de um designer esteve muito condicionada pelo fator tempo que impossibilitou a apresentação de várias possibilidades.

#### Dezembro 2020 - Integração na equipa do projeto



**Figura 18** - Exterior da Renault em Cacia, Aveiro.

A integração na equipa do projeto ocorreu em final de 2020. A primeira reunião ficou marcada pelo convite para visitar a Renault em Cacia (figura 18) e a Atena para conhecer o projeto e também parte da equipa.

A proposta inicial era que o robô tivesse um volante removível. Deveria operar autonomamente. Em caso de necessidade ou emergência, seria manuseado manualmente.

O desenvolvimento de uma aplicação para telemóvel com o objetivo de controlar o robô também estava em análise. Foi explicado que estavam quatro baterias no centro do robô. Avançou-se a possibilidade de o robô ser parcialmente transparente para ser possível ver a água suja a ficar limpa, processo sustentável e inovador desenvolvido maioritariamente pelos profissionais de Química da Universidade de Aveiro. Na Atena, trabalhavam com o programa Solidworks. Embora o investigador estivesse mais familiarizado com o Fusion 360 da Autodesk, essa questão não representou qualquer impedimento ao desenvolvimento do projeto.

### Dezembro 2020 - Visita à Renault

Na primeira visita à Renault, foi apresentado o robô presente na figura 19, Nilfish Br855 Ecoflex, e foi possível observar o modo como as operadoras interagem com o aparelho. Foi possível colocar algumas questões acerca do comportamento das operadoras com o robô e do desenvolvimento do projeto até à data.

Aconselharam a pesquisa dos dois modelos seguintes: Fybots Sweeper L, presente na figura 20, e Clean Fix Raggo Navi presente na figura 21.

### Dezembro 2020 - Visita à Atena

Na visita à empresa Atena, foi apresentado o T 500e, presente na figura 22, modelo que a Atena está a tomar como referência para peso, escovas, rodas, capacidade, testes iniciais, etc. Sugeriram vários aspetos a ter em conta: o acesso, visto que o modelo T 500e abria em duas metades e era fácil aceder ao seu interior; manter o rasgo fixo para os laser que devem estar a uma altura máxima de trinta centímetros do chão; ter um botão de fácil acesso para paragem de emergência por questões de segurança; ter indicações de sinalização como a entrada em funcionamento; a dockstation; aspetos elétricos; a possibilidade de ainda se poder alterar a disposição de alguns elementos internos. Foi disponibilizada uma lista com várias questões que o robô em



Figura 19 - Robô Nilfish Br855 Ecoflex.



Figura 20 - Robô Fybots Sweeper L.



Figura 21 - Robô Clean Fix Raggo Navi.



Figura 22 - Robô T 500e.



desenvolvimento já tinha resolvido, aspectos abordados sobre os quais seria facultada mais informação posteriormente.

### **Início de janeiro 2021 - Pesquisa**

O início de 2021 foi dedicado ao estudo e pesquisa acerca de robôs existentes no mercado, o seu modo de funcionamento e a sua interação com o ser humano, tanto o operador, como as pessoas que o rodeiam, para entender um pouco mais sobre a relação entre o ser humano e este tipo de tecnologia. Foi realizada pesquisa sobre materiais para a carcaça visto que esta questão estava ainda por definir. Refletiu-se acerca da possibilidade da carcaça ser transparente para permitir a visualização do processo de reaproveitamento da água no seu interior.

### **Meados de janeiro 2021 - Configuração interna**

Na reunião quinzenal com a equipa realizada em meados de janeiro, discutiu-se que o 1.º andar do robô estava pensado para ter as baterias que deveriam sair para o lado com o sistema de gaveta; o 2.º andar teria os filtros e tanques que deveriam ter um acesso exterior e, por fim, o 3.º andar poderia ser de acesso basculante. As escovas e baterias seriam da Tennant. As baterias seriam postas no meio do robô para assegurar a sua estabilidade. Os tanques seriam provavelmente feitos em fibra de vidro e poderiam ser personalizados, tanto os grandes como os pequenos. Foi colocado um suporte fixo na frente para poder segurar a escova. Os filtros, que devem ser capazes de sair e manusear, estão ligados aos dois tanques. A estrutura interna deveria ter apoios para suportar a carcaça, à semelhança dos chassis nos carros. No 3.º andar, haveria de constar uma pequena interface com a inclinação de 45° para permitir uma melhor visualização por parte do utilizador. Foi reforçado que a altura máxima dos sensores andava por volta dos vinte, trinta centímetros. As pegas amovíveis deveriam ter uma distância significativa por causa do utilizador não bater com os pés na escova traseira e deveriam também ser arrumadas no interior do robô. As linhas da carcaça, que deveria ser feita em fibra de vidro, deveriam fugir às linhas dos robôs da Tennant ou de eletrodomésticos.

Foi facultado o contacto de dois trabalhadores jovens da Atena, o Pedro Lima e o Paulo Matos, e com eles foram realizadas bastantes reuniões ao longo de todo o processo de desenvolvimento para haver uma melhor comunicação entre o que estava a ser desenvolvido em ambas as partes. Por fim, a Climex enviou o logótipo do i-RoCS para servir de inspiração.

### **Final de janeiro 2021 - Reconfiguração interna**

No final de janeiro, ficou decidido que as portas laterais poderiam ter o sistema de toque com pressão para abrir. Foi nesta altura que o investigador ficou responsável por dizer mais ou menos as dimensões gerais aproximadas da carcaça que ia desenvolver para a restante equipa saber se poderia avançar com a produção dos próximos andares do robô. Mais uma vez se tornou evidente que o Design não deveria ter integrado a equipa apenas nesta fase final, mas ter acompanhado todo o processo desde o início do projeto, evitando este tipo de situações. Foi analisada a estrutura interna do robô com o objetivo de o tentar comprimir, organizar ao máximo o seu interior e, conseqüentemente, perder a dimensão exagerada que tinha.

Na última reunião de janeiro, foram enviadas imagens dos robôs que serviram de inspiração para o desenvolvimento do desenho da carcaça. Foi realizada uma reflexão conjunta sobre os tanques do 1.º andar do robô pois tinham uma forma muito paralelepípedica e verificou-se que havia uma possibilidade de adquirirem outras formas com maior aproveitamento do espaço, nomeadamente o formato em "L". Esta opção permitia que a parte da frente pudesse recuar bastante o que se refletia na dimensão do robô.

Surgiram várias dúvidas sobre as câmaras, que vão fazer a leitura do chão, se seriam fixas ou ajustáveis, pois também poderia ser ganho espaço a partir daí visto que a câmara frontal se localizava num ponto limite. Falou-se na possibilidade da câmara recuar um pouco, no alinhamento do laser. Depois de esclarecidas algumas dúvidas com as pessoas responsáveis por essa questão, percebeu-se que era possível pois a câmara era só afinada esporadicamente, o que representava mais espaço disponível.

Por fim, ao efetuar uma montagem rápida para se ter a percepção da escala humana, percebeu-se que o robô estava

efetivamente muito grande, tendo cerca de 1 metro e 65 centímetros de altura.

Sugeriu-se que o 3.º andar passasse a ser um andar traseiro. Deste modo, o robô não seria tão alto e a parte da interface passaria para a parte de trás e para baixo, para as pessoas com variadas alturas poderem aceder mais facilmente. A Atena queria finalizar a 2.ª e 3.ª estruturas o mais rápido possível para poder entrar em produção pois não pretendiam adiar mais. Avançou, por isso, com a estrutura de acordo com as decisões que foram tomadas nessa reunião.

### **Fevereiro 2021 - Fase exploratória**

Fevereiro foi um mês de muito desenho de desenvolvimento (figuras 23 e 24) e exploração, tendo já em conta o estado final da estrutura interna. O investigador foi informado em reunião de que a carcaça, embora por partes, deveria ser possível de ser retirada na sua totalidade e permitir o acesso ao tanque de 5 litros numa das laterais. Tentou-se explorar exaustivamente a possibilidade de o robô poder ter fitas de LED que pudessem comunicar o seu estado de limpeza com o recurso a cores (verde, amarelo e vermelho) e o modo como essa questão poderia potenciar o desenvolvimento do desenho. Ficou responsável por enviar vários esboços da carcaça para a Atena para eles enviarem, por sua vez, à Climex para estes saberem o estado atual do trabalho.

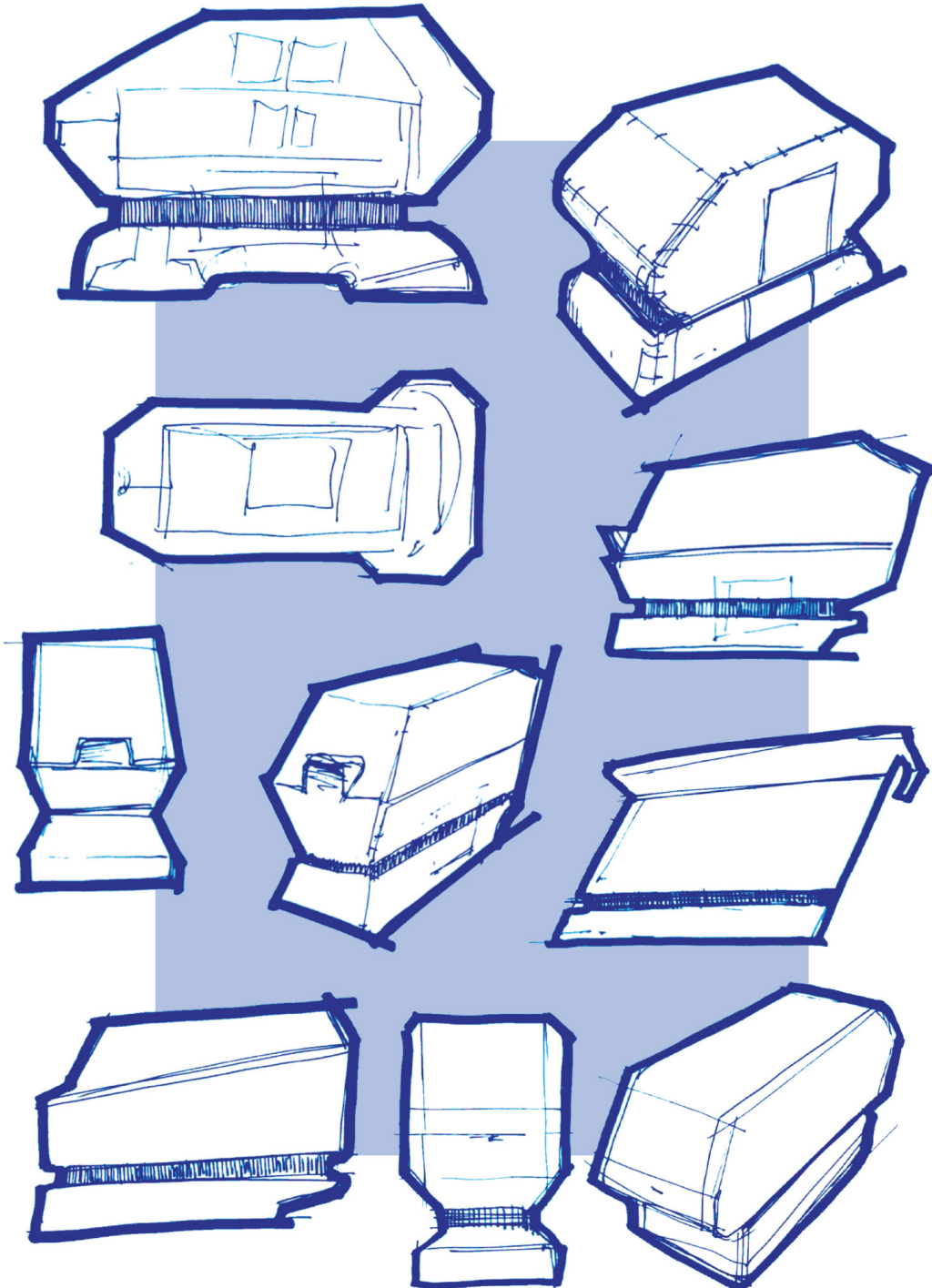


Figura 23 - Desenhos de desenvolvimento.

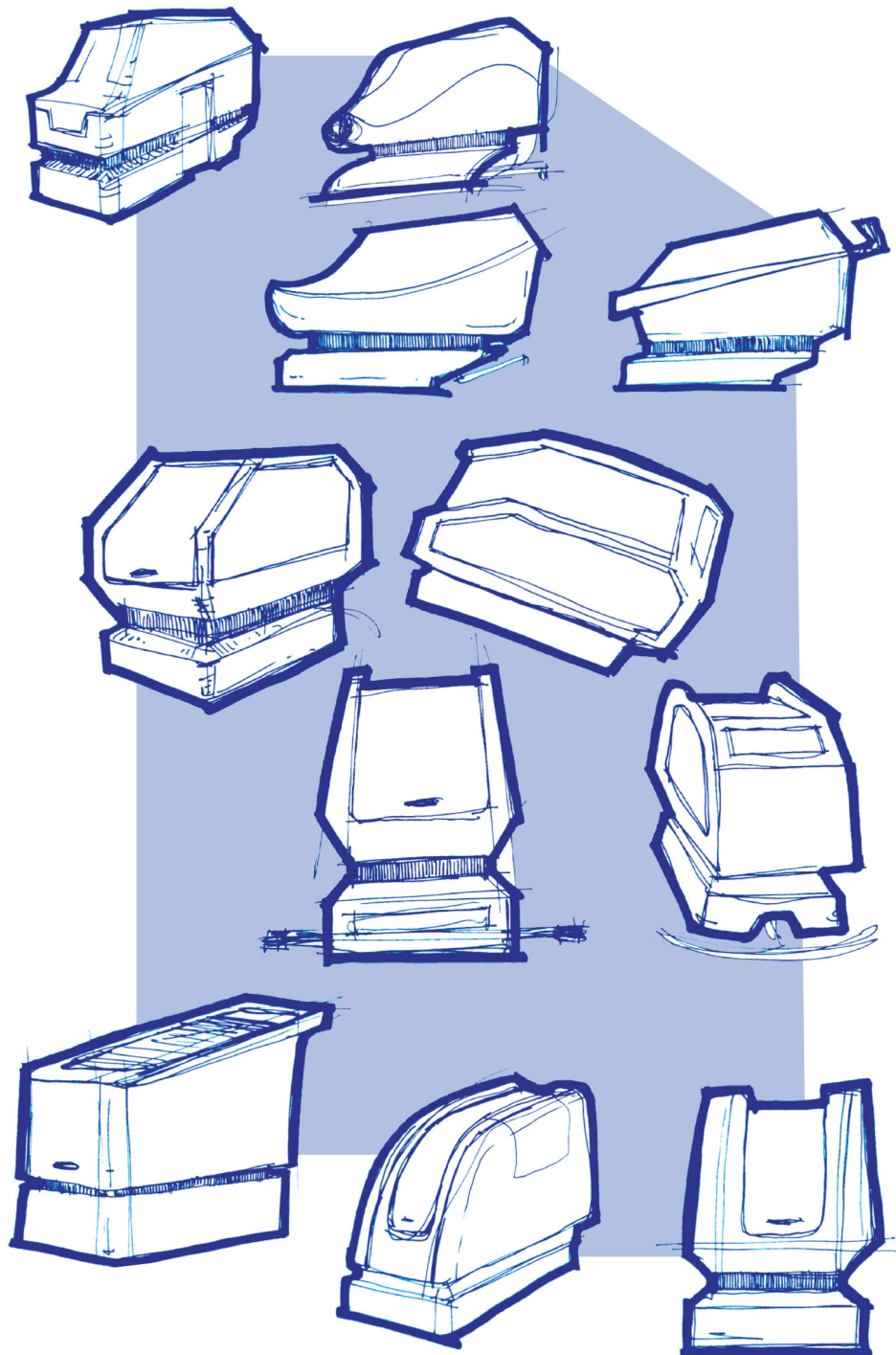


Figura 24 - Desenhos de desenvolvimento.

## Março 2021 - Desenvolvimento do desenho final

Em março, o investigador foi pressionado a finalizar o desenho final da carcaça do robô. Reforçaram a exigência relativamente à remoção de parte da carcaça para quando houvesse uma necessidade de maior manutenção no interior do robô dado que a manutenção diária iria ser feita acedendo ao interior através de portas que abrissem na vertical. A Atena pretendia ter em abril a estrutura e sistemas de limpeza prontos para colocar no terreno em experimentação. Como havia já pouco tempo, foi necessário pegar nos melhores desenhos e realizar, a partir destes, algumas propostas mais finalizadas, para poder avançar para a modelação 3D. Foram concedidos 5 dias para apresentar o que seria praticamente a versão final do robô, ainda que sem todos os pormenores finais para produção, uma vez que essa informação carecia da análise e aprovação por parte dos profissionais do projeto mecânico da Atena.

Foi elaborado o perfil do desenho do robô à escala 1:1 e foram tiradas fotos junto do investigador para se poder visualizar melhor a relação, tal como é possível ver na figura 25.

O programa utilizado para a modelação 3D foi o Autodesk Fusion 360. Com a modelação feita, foi criada uma maquete, como se pode ver nas figuras 26 e 27, à escala 1:10, e a cores, para permitir uma perceção mais volumétrica. Foram realizados renders no Autodesk Fusion 360 para apresentação do desenho da carcaça com a Atena.

A satisfação com o trabalho realizado motivou a troca de modelações para a equipa estar informada sobre o estado mais atual do robô.

O investigador ficou encarregue de dividir a carcaça, da forma mais otimizada, para depois ser concebida e refletida pela equipa responsável pelo projeto mecânico. Foi informado de que a escova frontal deveria ser de fácil acesso, de que a porta lateral deveria ser uma peça única e maior, as pegadas deveriam ser tomadas em conta e o protótipo da carcaça seria feito em fibra de vidro. A Atena, nesta altura, reunia condições para poder efetuar os primeiros ensaios de movimentação. Fidedignos e fiáveis, os aspetos internos e a estrutura encontravam-se cada vez mais perto de serem produzidos na totalidade.



Figura 25 - Desenho à escala 1:1.



Figura 26 - Desenvolvimento da maquete à escala 1:10.



Figura 27 - Maquete à escala 1:10 finalizada.

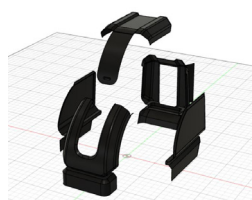
No final de março, os depósitos deveriam estar definidos para em junho serem também produzidos. A Atena pressionava a finalização da carcaça exterior, visto que a que tinha acabado de apresentar ainda estava sujeita a pequenas modificações, sendo um elemento ainda em fase de estudo.

Na reunião seguinte, foi proposta a subida de 2 centímetros ao robô na parte superior porque estava a haver uma colisão na parte interior. Denotaram também que deveria ter-se em linha de conta o sistema de assemblagem dos carros que acabava por ser muito semelhante ao sistema aplicado no robô. Têm ambos por base a ocultação de todos os sistemas de fixação entre partes, ou seja, seria necessário camuflar a maioria das dobradiças e parafusos.

A primeira proposta de carcaça do robô teve lugar na última reunião de março e, nesse dia, representou um acréscimo de motivação para todos os parceiros envolvidos. Foi questionado o material em que estava a ser produzida a estrutura, se ferro ou alumínio, visto que alumínio é mais leve e isso poderia refletir-se no peso geral do robô.

### **Abril 2021 - Projeto mecânico**

Em abril houve uma deslocação à Atena para reunir com a equipa do projeto mecânico para debater várias questões, sendo a principal os cortes da carcaça do robô, como se pode ver na figura 28. O que estava a dificultar o processo eram as fitas de LEDs que iam desde a parte da frente até à parte traseira da carcaça. Como iria ser preciso fazer um rebaixo na carcaça e estes estariam perto dos limites de ligação com outras partes do robô, iria criar fragilidade na peça, podendo acabar por partir. Uma das soluções seria reposicionar a posição das fitas de LED mais para o interior do aparelho. Uma outra alternativa era dividir a fita de LED em pequenas partes, mas isso iria condicionar o aspeto do robô, quebrando um pouco o seu conceito inicial. As fitas de LED seriam posteriormente cobertas com fitas de policarbonato para dar uma certa opacidade aos LEDs. Esta reunião foi bastante produtiva pois foi a primeira vez que ocorreu em regime presencial com o projeto mecânico e isso facilitava muito mais a comunicação. Concluiu-se que seria necessário levantar a parte de baixo da carcaça entre 4 e 5 centímetros por causa das calhas que existem no chão em



**Figura 28** - Sugestão de cortes da carcaça.



variados locais de atuação do robô e, como solução para ocultar a escova dianteira, seria necessário colocar uma espécie de cortina preta. A câmara estaria fixa por dentro e o acesso à porta da frente seria como os capôs dos carros. Nesse dia houve ainda a oportunidade de ver parte do 1.º andar já produzido, como mostra a figura 29, e a escova dianteira e traseira na figura 30.

### Final de abril 2021 - Maquete 1:1

No final do mês, começou-se a elaborar uma maquete à escala 1:1, como é possível ver nas figuras 31, 32, 33, 34 e 35, para ter uma percepção mais aproximada do seu tamanho real e qual seria a sua relação com as pessoas visto que um dos aspetos a desenvolver seria uma pega removível que só seria usada no caso do robô parar por algum motivo e/ou fosse preciso retirá-lo do local onde se encontrasse. Começou-se pela elaboração de uma estrutura interna com rodas para poder movimentá-lo e, assim, observar melhor como seria o robô em funcionamento. Não foi realizada uma maquete com acabamentos muito aperfeiçoados, mas sim uma maquete que possibilitasse um visão geral que permitisse tirar conclusões da relação do utilizador com a máquina. No início do projeto, aquando da realização da estrutura interna, o robô não parecia tão grande. Quando se começou a fazer a carcaça é que a equipa se apercebeu efetivamente de que ia ser um robô enorme.

### Início de maio 2021 - Alterações no desenho

No início de maio, reparou-se que a escova traseira colidia com a carcaça quando estava na sua abertura máxima, por isso foi necessário proceder à retificação deste problema e aproveitou-se também para rever mais alguns detalhes que mereciam atenção, nomeadamente a parte superior traseira da carcaça.

No dia 10 de maio, chegou a informação de que a câmara tinha sido substituída e, por esse motivo, a carcaça ia acabar por ter de sofrer algumas alterações para poder manter a câmara integrada. O desenho revisto foi motivo de preocupação, como se pode observar na figura 36, porque comprometia profundamente o desenho geral do robô. Sugeriu-se que a câmara fosse deslocada para um dos

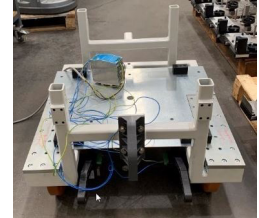


Figura 29 - Primeiro andar do robô produzido.



Figura 30 - Escova dianteira e esova traseira.

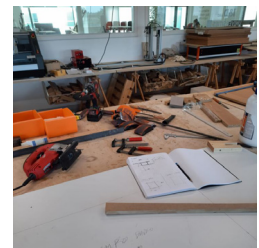


Figura 31 - Bancada de trabalho na oficina da Design Factory.



Figura 32 - Estrutura com rodas para segurar maquete da carcaça.





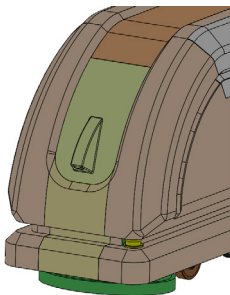
**Figura 33** - Painéis da carcaça antes de montados na estrutura.



**Figura 34** - Vista da frente da carcaça, ainda que inacabada, já colocada na estrutura.



**Figura 35** - Vista traseira da carcaça, ainda que inacabada, já colocada na estrutura.



**Figura 36** - Câmara na parte frontal do i-RoCS.

lados para não haver essa alteração drástica no desenho.

Depois de um período de análise por parte dos profissionais das câmaras, a sugestão foi aceite: era possível colocar a câmara de lado e acompanhar o ângulo da câmara para que a leitura do piso fosse realizada eficazmente. Apesar de o robô só precisar de uma câmara frontal e esta estar agora de um dos lados da carcaça, equacionou-se a colocação de uma câmara, embora desnecessária, para não criar uma visão assimétrica, e manter os conceitos base assumidos no início do desenho: simetria e harmonia. Foram então criados uma espécie de “olhos falsos”, tanto na frente como na traseira do robô. Com as câmaras de lado, o desenho das fitas de LED teve de ser revisto porque as câmaras ficavam no mesmo alinhamento. Foi decidido que o posicionamento das câmaras definiriam o início e o fim da fita de LED o que, por um lado, veio dar ainda mais estabilidade à carcaça em geral na medida em que haveria menos rasgos.

### **Meados de maio 2021 - Anulação da porta traseira**

A Climex sugeriu que os tanques fossem reduzidos de 80 litros para 40 litros, numa segunda iteração, para reduzir peso e tamanho ao robô, mas a equipa de química refutou dizendo que quanto mais volume, mais lavagens, mais recuperação da água. Com menos litros não iria ser possível fazer o processo químico de recuperação da água e iria perder-se essa inovação no robô. Propôs-se que não houvesse fácil acesso à parte traseira, ou seja, não haver porta de trás, porque para mexer em componentes eletrónicos teria de ser um técnico especializado, caso houvesse uma avaria, e como isso não acontecerá com grande regularidade, mas só em grandes manutenções do robô, o melhor seria fazer com que só fosse possível estar em contacto com o seu interior ao remover o painel traseiro. Alertou-se que do lado de dentro poderia haver alguma informação para garantir uma segurança extra a quem estiver a mexer nos componentes, mas o projeto mecânico informou que nenhum componente pode ferir ou cortar porque estão todos selados.

### **Meados de junho 2021 - Atrasos**

Em junho estava tudo um pouco atrasado, tanto a construção das partes finais da estrutura, como os tanques. O objetivo era finalizá-los nas duas primeiras semanas do mês. Enquanto isso, a carcaça do robô continuava a ser refinada em alguns detalhes, nomeadamente portas laterais e frontal, definição de rasgos para o bom funcionamento dos lasers e reflexão sobre o possível acrescento de uma fita LED frontal. Substituiu-se também o botão de emergência. A Climex adquiriu novos robôs autónomos (figura 37), mais pequenos do que os que estávamos a desenvolver, e começou a fazer testes para perceber um pouco o seu potencial e reparar eventualmente nalgum aspeto inovador que estivesse em falta no robô em questão.



**Figura 37** - Robô Scrubber 50 adquirido pela Climex.

### **Meados de julho 2021 - Oportunidade de apresentação**

A Atena, em julho, teve de alterar um pouco a estrutura e os tanques para poderem continuar com a sua montagem. O objetivo era o robô estar montado, sem a carcaça, até ao final desse mês. A Climex propôs a possibilidade de se apresentar o robô ao público numa feira em Madrid nos dias 9, 10 e 11 de novembro. No entanto, para isso, era preciso certificar-se de que até ao final de setembro tudo estaria finalizado da parte do robô para se poder avançar com o desenvolvimento do site, stand, imagem, entre outros, etapas fundamentais de preparação da exposição. No caso de não se conseguir ter tudo pronto até essa data, o robô só seria apresentado ao público em 2022. Houve um compromisso de se tentar finalizar tudo até final de setembro. A melhor solução para a produção da carcaça estava a ser estudada com muito rigor. Havia duas possibilidades: fibra e resinas (por planos) ou impressão 3D.

Quando o robô estivesse finalizado, iria ser preciso realizar um vídeo promocional para passar no stand, desafio acedido pelo investigador que possui formação na área adquirida no âmbito da licenciatura em Design.

### **Agosto 2021 - Ensaios**

No final do mês, estava a ser finalizada a fita LED frontal, cuja forma se assemelhava a um sorriso, como se o robô tivesse vida, visto ser autónomo. Surgiu ao mesmo tempo a ideia da fita LED transmitir o nível de bateria do robô para se poder observar a autonomia do aparelho: acaso tivesse 100% de bateria, estaria a sorrir na totalidade; com 0%, estaria sem sorriso.

A Atena continuava com a parte da montagem, nomeadamente a parte elétrica do robô. Já estava finalizada a parte da estrutura, mas ainda não estavam montadas as partes dos reservatórios. Na reunião geral, foi partilhado um pequeno vídeo onde era possível visualizar o robô a movimentar-se para a frente e para trás, controlado pelo telemóvel. Tratavam-se dos primeiros testes de movimentação.

O DETI estava a analisar a parte das câmaras e sistema de visão do piso para, posteriormente, conseguir-se proceder à movimentação autónoma. A equipa de Química estava disponível para realizar novos testes ao nível da qualidade da água quando o robô estivesse 100% operacional.

Relativamente ao modelo 3D, houve alguns atrasos motivados pelo isolamento profilático de um profissional da Atena responsável por essa parte. Este constrangimento dificultou um pouco a forma de se comunicarem internamente.

### **Meados de setembro 2021 - Montagem de componentes**

Em meados de setembro, os tanques estavam instalados no robô, mas estavam ainda a ser aplicados elementos de fixação nos tanques e acessórios de ligação hidráulica. Encontrava-se em curso a instalação dos scanners, PC industrial no robô e ensaios de controlo remoto. A estrutura de interface e suporte da carcaça encontrava-se em fabrico.

### **Final de setembro 2021 - Decisão de produção**

No final do mês, os tanques já se encontravam montados com sistema de bomba, faltando fazer a ligação das tubagens entre os diversos tanques. Os scanners e as câmaras estavam também montados como podemos ver na figura 38.

Houve uma reunião com o DETI sobre a automação e a parte elétrica do robô em que surgiram algumas dúvidas pelo que foi proposto que os profissionais envolvidos se deslocassem à Atena para tentarem trabalhar em conjunto num contacto mais direto.

Após um período de grande reflexão sobre a melhor opção para a produção da carcaça do robô, decidiu-se avançar para a maquinação do molde em espuma e depois para a execução da carcaça em fibra de vidro. A opção de impressão 3D foi descartada porque, depois de se pedirem alguns orçamentos, constatou-se que ficaria à volta de 8.000 euros cada lateral do robô o que daria um custo final de 30.000 euros só para a carcaça e isso era uma despesa que a Atena não estava disposta a suportar.

A opção pessoal de acompanhar o processo de fabrico da carcaça com a Atena motivou a espera atenta pela data de início. A Climex reforçou que a carcaça a ser produzida deveria ser o mais fiel possível ao design da carcaça desenvolvida, mantendo a forma, as cores, os LEDs,... Ainda sem ter começado a produção da carcaça, a Atena já se encontrava com alguma dificuldade na criação dos moldes para a carcaça, pelo que a produção estava atrasada, ou seja, o robô só seria apresentado em 2022, inviabilizando, lamentavelmente, a participação na feira de Madrid.

### **Outubro 2021 - Preparação para prototipagem**

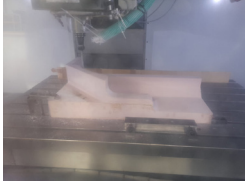
A Atena estava a fazer ensaios através da consola para conseguir experimentar todos os componentes a nível individual e o próximo passo era programar para o modo automático.

O robô estava pronto para a equipa de eletrónica da parte da universidade de Aveiro começar a intervir e contribuir na parte de visão do piso. A Atena mostrou-se disponível para aceitar a equipa de trabalho nas suas instalações.

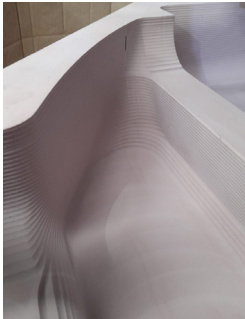
A Climex quis saber o valor a que ficava a produção de um robô, mas o valor calculado não iria corresponder à realidade pois



Figura 38 - Interior do robô i-RoCS.



**Figura 39** - Lateral em espuma do robô a ser maquinada.



**Figura 40** - Pormenor do interior da espuma.



**Figura 41** - Lateral em espuma do robô maquinada.

tratava-se apenas de um protótipo: esta carcaça não estava a ser produzida da mesma maneira que será quando for produzida em massa. Ao passarmos para a produção em massa a carcaça será injetada e o preço passará a ser muito mais acessível.

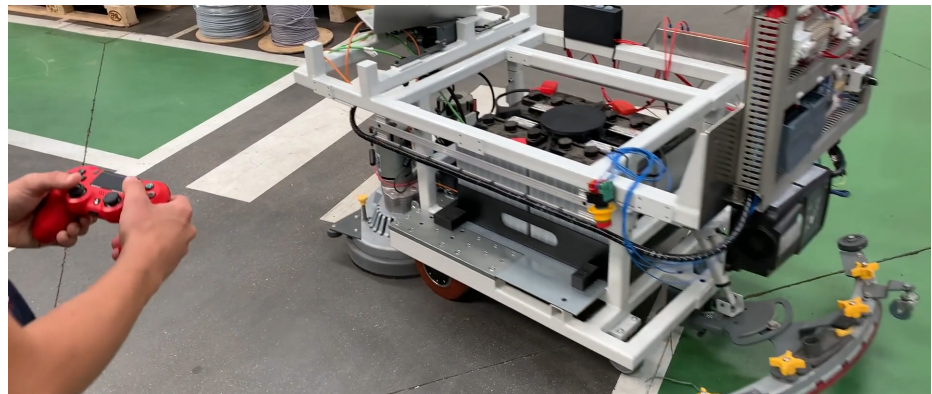
A Atena experimentou o motor de vácuo, atuadores e bombas peristálticas. Aplicou coagulante e detergente para fazer testes com tudo automatizado. Recebeu a espuma e começou a maquinação da mesma com o objetivo de ter a carcaça produzida no final de outubro. Decidiu-se começar por uma parte lateral da carcaça para servir como primeiro teste. O processo de maquinação da espuma e fibragem da carcaça seria feito na Atena.

### **Finais de outubro 2021 - Protótipo**

Obteve-se resultados da maquinação das espumas como podemos ver nas figuras 39, 40 e 41. A lateral do robô foi dividida em vários módulos para se conseguir ter a peça final. O objetivo era durante duas semanas fazer todos os módulos e ir fibrando à medida que estes fossem sendo finalizados.

A Atena mostrou a toda a equipa um vídeo onde o robô estava a ser controlado por um comando (figura 42). A intenção era colocar o robô em funcionamento com o processo de água.

Faltava, por parte da equipa de eletrónica, implementar comandos no Linux para o comando industrial do robô. Foram instaladas diversas bibliotecas no robô para facilitar a sua programação. A comunicação do computador para os motores era algo que ainda estava em desenvolvimento. A deteção de sujidade do chão nas duas câmaras do robô ainda estava em progresso.



**Figura 42** - Trabalhador da Atena a controlar o robô a partir de um comando.



Na figura 43 conseguimos ver o interior e exterior da parte inferior de um dos painéis do robô, nomeadamente o painel lateral esquerdo. A peça tinha sido apenas desmoldada, faltando ainda os acabamentos: lixamento e aplicação de cor.



Figura 43 - Parte inferior do painel lateral esquerdo do robô.

Como já referido anteriormente, a produção do protótipo em fibra de vidro foi decisão da Atena e este primeiro resultado cumpriu os requisitos a nível estético e estrutural. Na figura 44, conseguimos ver a parte do painel junto da estrutura interior do robô.

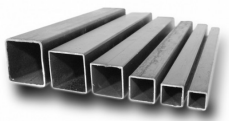


Figura 44 - Parte inferior do painel lateral esquerdo junto ao robô.

A Renault Cacia mostrava-se disponível para ceder as suas instalações para apresentar o robô i-RoCS finalizado.

### 3.4 Material escolhido

A Atena foi responsável por decidir quais os materiais a usar na estrutura principal, estrutura de suporte e na carcaça do robô, pois iriam produzi-las internamente.



**Figura 45** - Tubo quadrado de aço ST52.



**Figura 46** - Chapa de inox.



**Figura 47** - Manta de fibra de vidro.

A estrutura principal do robô foi feita em construção soldada com tubo quadrado de aço ST52 (figura 45) por uma questão de facilidade de execução e custo. É um aço de construção bastante usado para a construção de estruturas soldadas.

A estrutura de suporte da carcaça foi feita em construção soldada em chapa de inox (figura 46). Foi feita em chapa para não aumentar desnecessariamente o peso do robô. O facto de ser inox permite executar alterações, se necessário, com alguma rapidez.

A escolha do material e método de produção para a carcaça do robô foi feita para o desenvolvimento de um protótipo e não do produto final. Foram analisadas duas opções: impressão 3D e fibra de vidro. Não se avançou com a opção de impressão 3D pois, como referido no desenvolvimento, no final de setembro, constatou-se que cada painel da carcaça ficaria por volta de 8.000 euros, o que daria um custo final de 30.000 euros e a Atena não estava disposta a assegurar essa despesa. Decidiu-se avançar para a maquinação do molde em espuma para se fazer a carcaça em fibra de vidro (figura 47). Um processo demorado, mas menos dispendioso.





## **04 RESULTADOS**

**4.1** Solução encontrada

**4.2** Descrição técnica

**4.3** Justificação das decisões projetuais



## 4.1 Solução encontrada



Figura 48 - Renderização do robô i-RoCS.

A proposta final (figura 48) surgiu na sequência do desenho proposto em março, com uns pequenos ajustes por parte do projeto mecânico. O robô foi pensado com o objetivo de obter uma estética moderna e atual fugindo à linha industrial presente na secção soluções disponíveis no mercado. Os três conceitos que perduraram durante toda a sua conceção foram: simetria, harmonia e diferenciação. A cor predominante é o preto para transmitir um desenho mais sóbrio. O grande sorriso na frente do robô e os pormenores a verde foram usados de forma a transmitir a ideia de sustentabilidade e a imagem de um robô amigo do ambiente. Na frente do robô foi reservada uma área para a inserção de logótipos das empresas, sendo que neste caso aplicou-se o logótipo do projeto i-RoCS.

*"Reduction in every respect. Back to simplicity. Allot products their proper place in our lives. Become more moderate. Do without illusions, show, enticement. Concentrate entirely on quality - quality particularly in design." — Dieter Rams [21]*



Figura 49 - Renderização do robô i-RoCS em contexto de uso.



Figura 50 - Renderizações de várias vistas do robô i-RoCS.

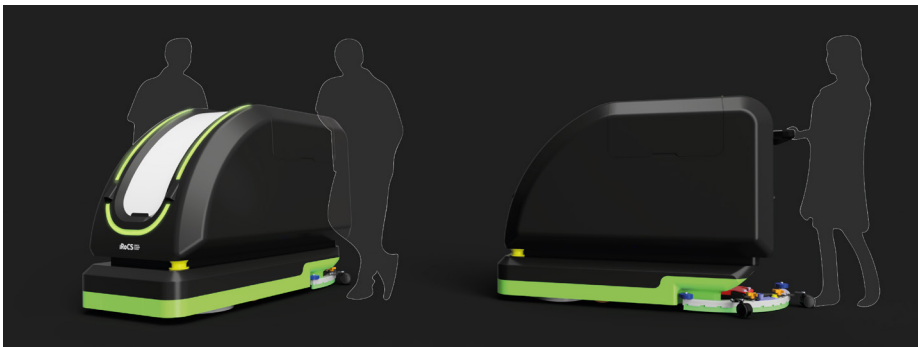
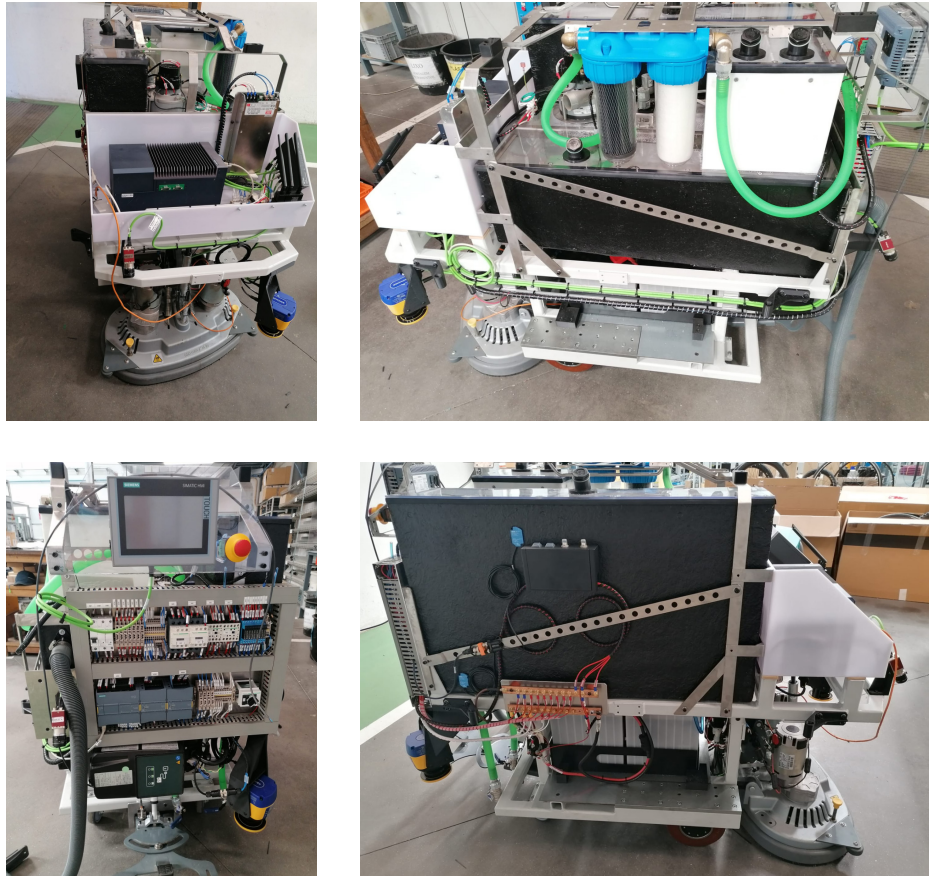


Figura 51 - Relação do robô i-RoCS com a escala humana.

Nas figuras 49, 50 e 51 apresentadas nesta página, observa-se a proposta final inserida em contexto de uso, diferentes vistas do robô e a sua relação com a escala humana.

A partir da figura 52 é possível observar o interior do robô todo produzido e montado com todos os componentes referidos na descrição técnica: componentes, estrutura interna e estrutura de suporte da carcaça.



**Figura 52** - Interior do robô *i-RoCS* produzido e montado na Atena.

Ter a carcaça produzida era, sem dúvida, uma ambição de toda a equipa de trabalho, em especial do investigador pois concebeu-a. Visto que o projeto sofreu prolongação do fecho para o dia 30 de abril de 2022, como referido na linha temporal, no presente documento não constarão registos da carcaça produzida, pois esta só será produzida no início do próximo ano.



## 4.2 Descrição técnica

Nesta secção, pretende-se mostrar, de uma forma geral, as dimensões e funções das partes do robô. Na figura 53, estão identificados os componentes que serão analisados.

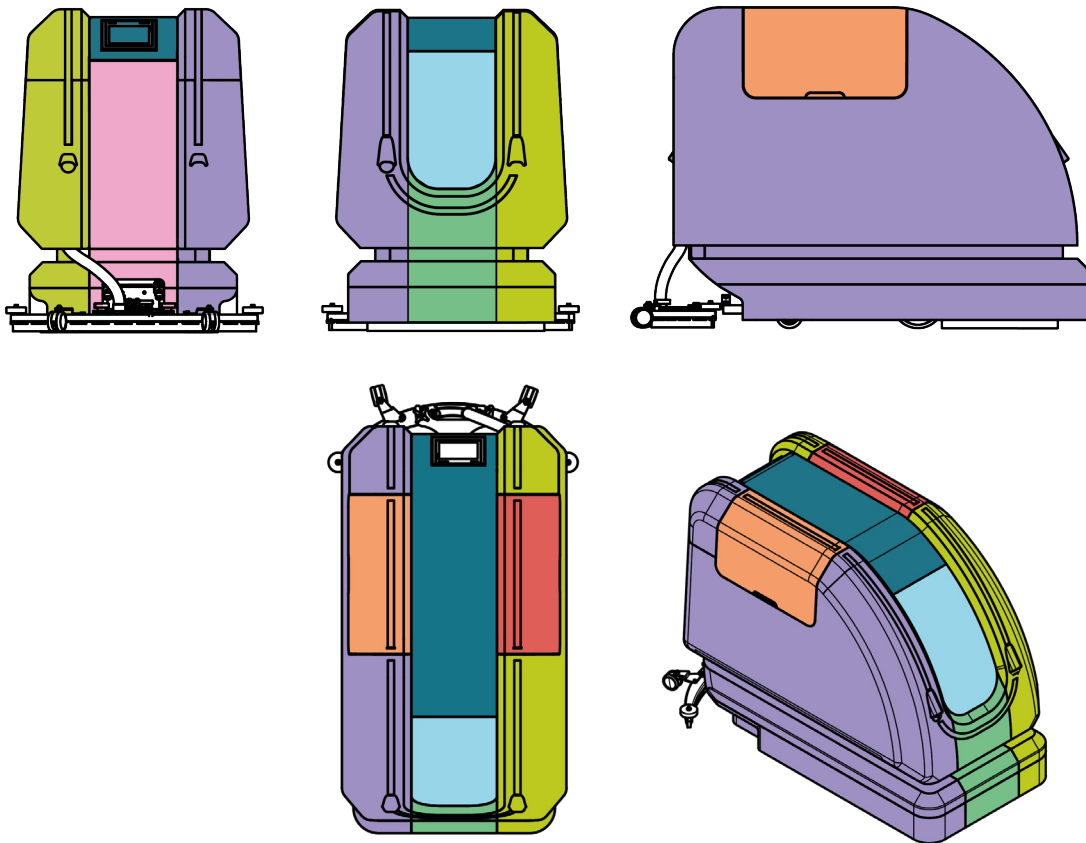








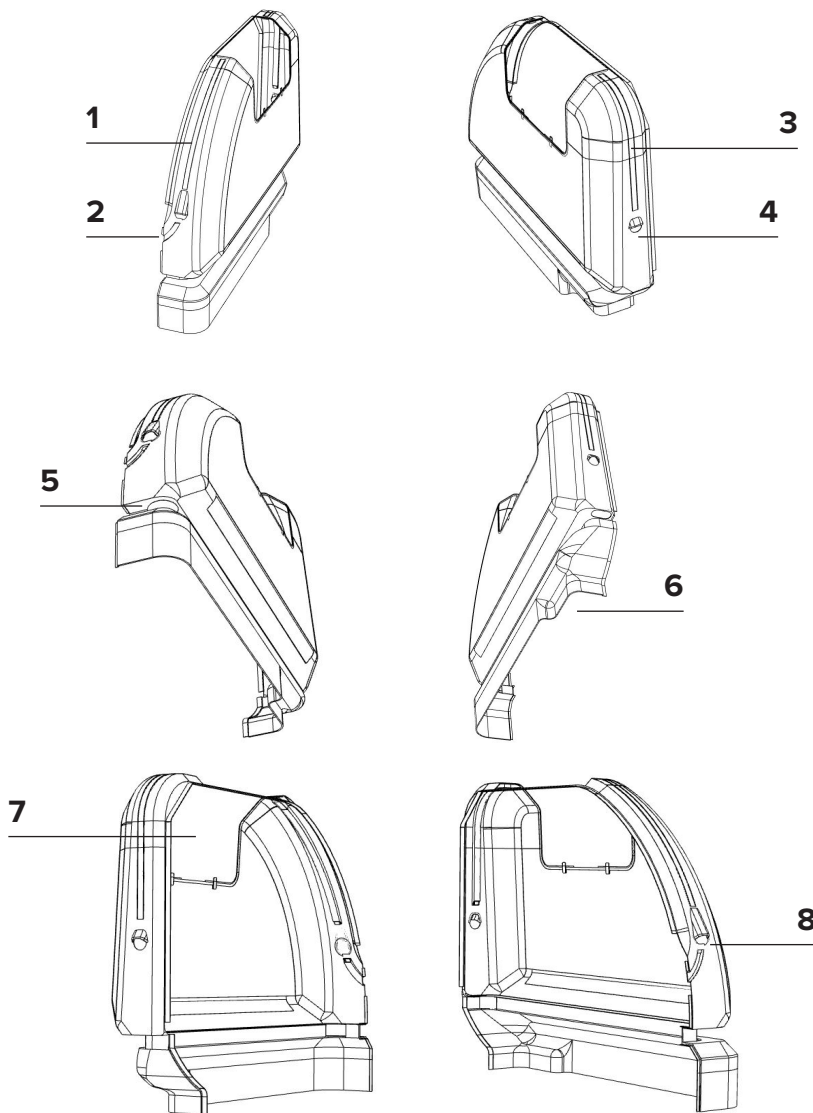


Figura 53 - Vistas do robô i-RoCS.

 Painel esquerdo.	 Painel topo.
 Painel direito.	 Porta frente.
 Porta lateral esquerda.	 Painel frente.
 Porta lateral direita.	 Painel traseiro.

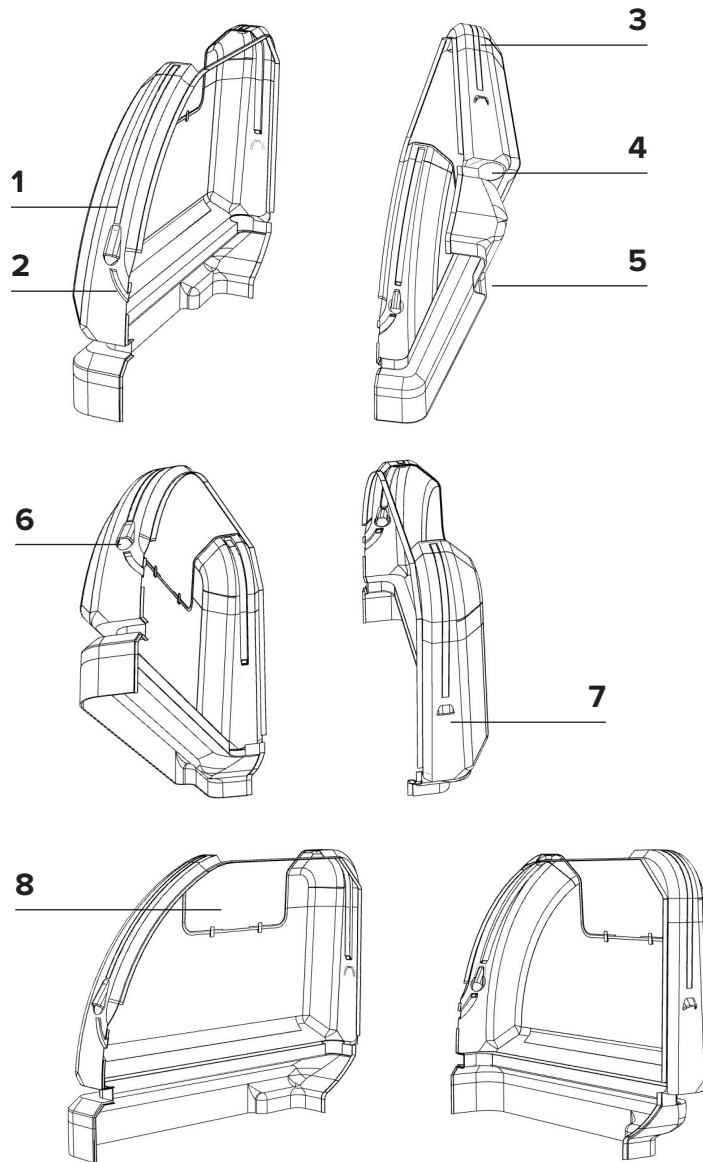
**Painel esquerdo.**

**Figura 54** - Vistas do painel esquerdo.

- 1, 2 e 3 - Rasgos para as fitas LED.
- 4 - Rasgo para a câmara traseira.
- 5 - Rasgo para o laser da frente.
- 6 - Pormenor da carcaça para a escova traseira poder atingir a máxima rotação.
- 7 - Abertura para a porta lateral esquerda.
- 8 - Pormenor para simular uma câmara frontal esquerda.

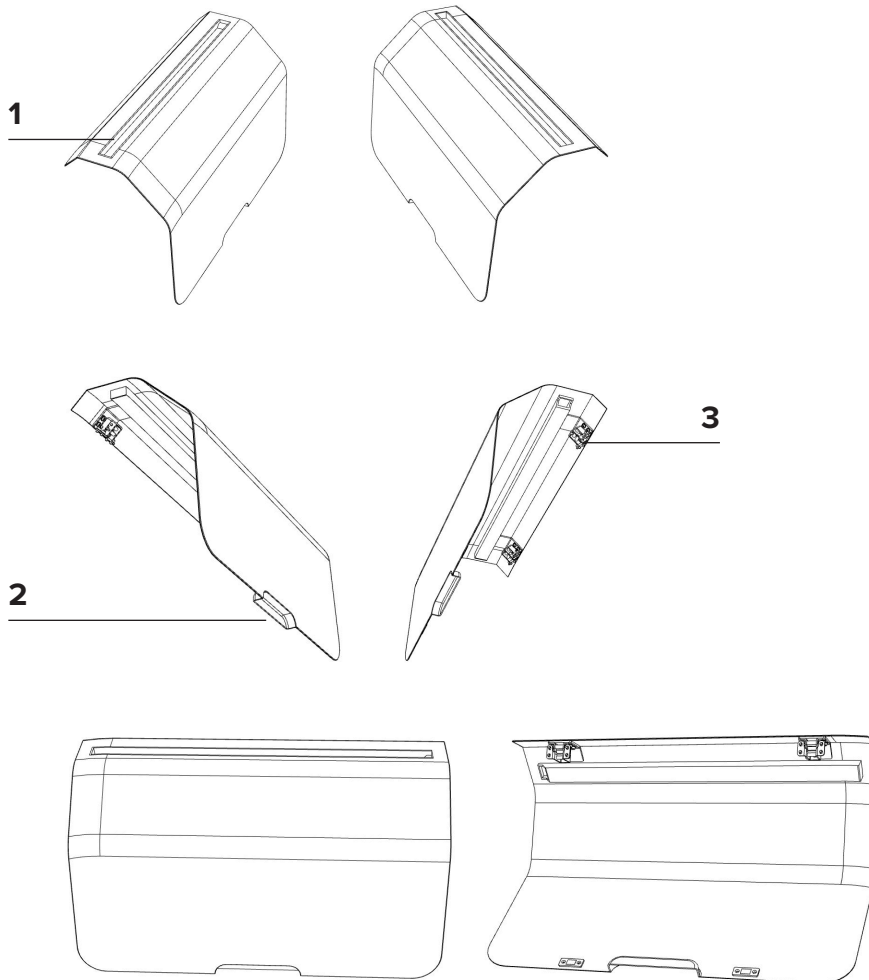


## Painel direito.



**Figura 55** - Vistas do painel direito.

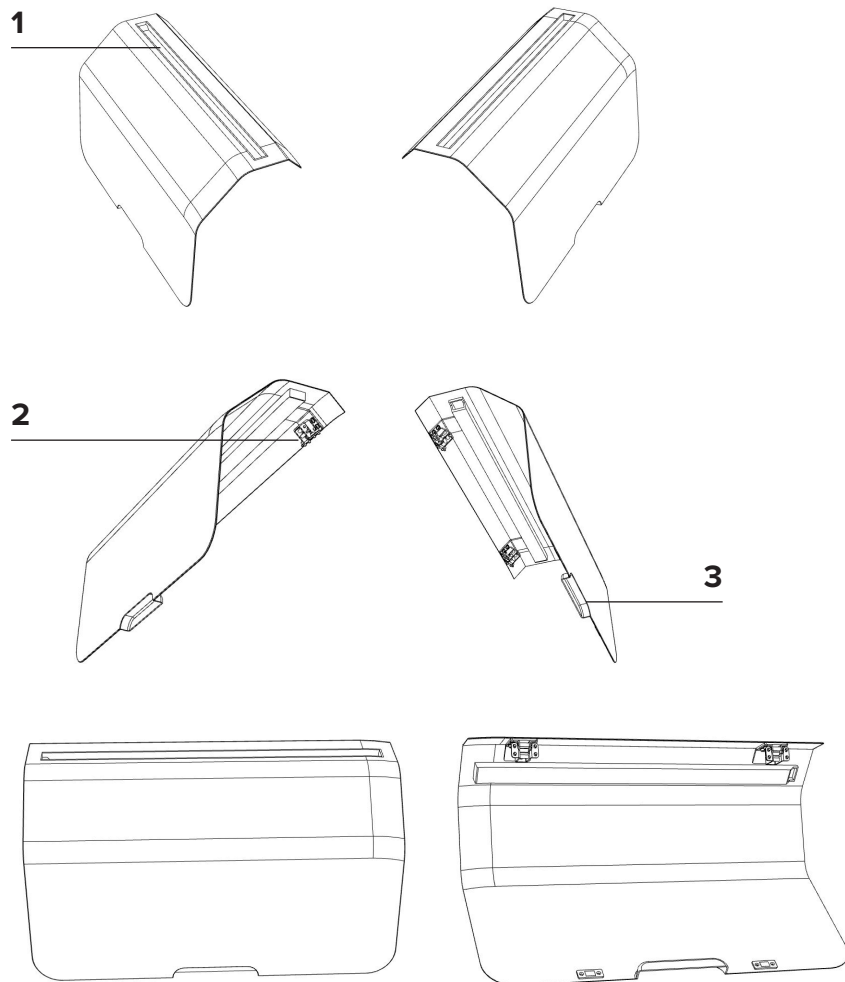
- 1, 2 e 3 - Rasgos para as fitas LED.
- 4 - Rasgo para laser traseiro.
- 5 - Pormenor da carcaça para a escova traseira poder atingir a máxima rotação.
- 6 - Rasgo para câmara frontal.
- 7 - Pormenor para simular uma câmara traseira.
- 8 - Abertura para a porta lateral direita.

**Porta lateral esquerda.**

**Figura 56** - Vistas da porta lateral esquerda.

- 1 - Rasgo para a fita LED.
- 2 - Pormenor de saliência para auxiliar na abertura da porta.
- 3 - Dobradiça para união com o painel esquerdo.

## Porta lateral direita.

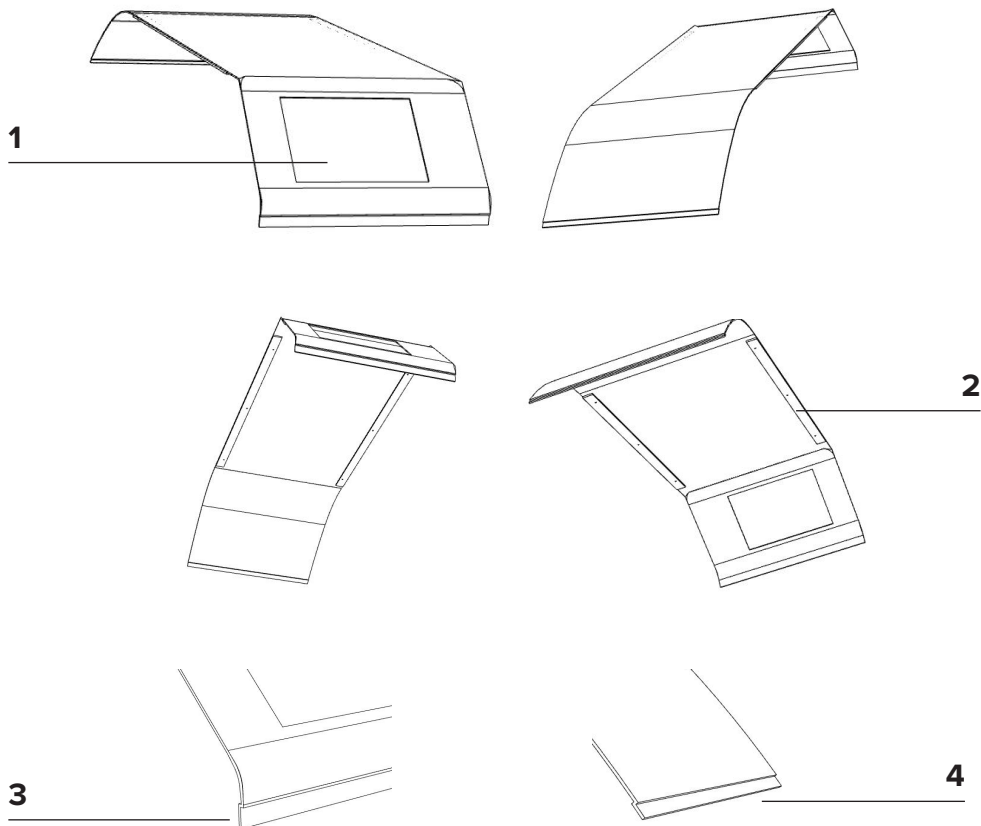


**Figura 57** - Vistas da porta lateral direita.

1 - Rasgo para a fita LED.

2 - Dobradiça para união com o painel direito.

3 - Pormenor de saliência para auxiliar na abertura da porta.

**Painel topo.**

**Figura 58** - Vista da estrutura do robô.

- 1 - Rasgo para LCD.
- 2 - Ponto de contacto com a estrutura interna.
- 3 - Pormenor de reentrância para o painel traseiro.
- 4 - Pormenor de reentrância para a porta da frente.

### Porta frente.

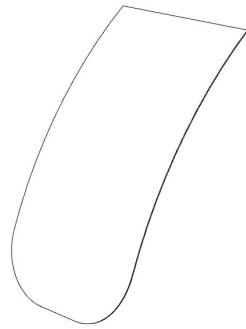


Figura 59 - Vista da porta da frente.

### Painel frente.

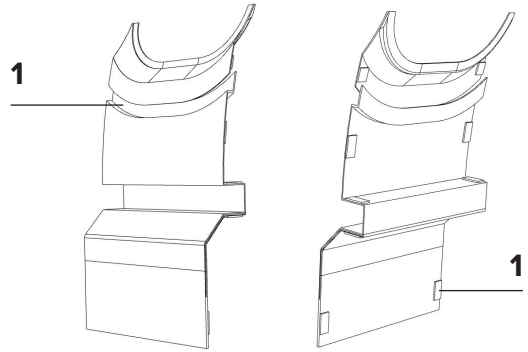


Figura 60 - Vista do painel da frente.

1 - Rasgo para fita LED.

### Painel traseiro.

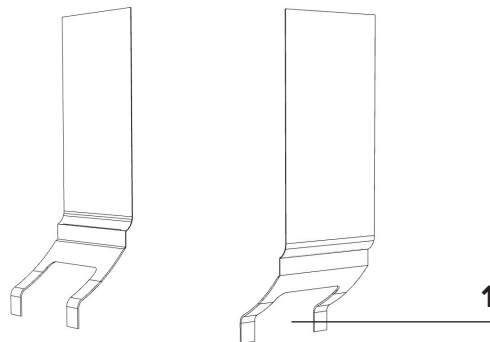


Figura 61 - Vista da porta da frente.

1 - Rasgo para a escova traseira.

**Robô sem carcaça.**

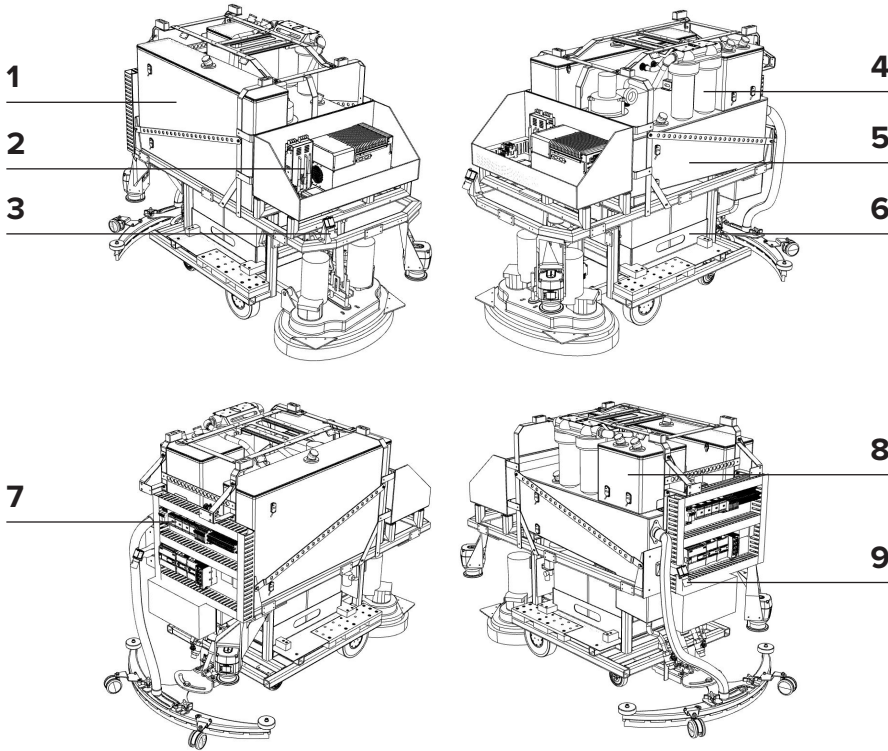


Figura 62 - Vistas do robô sem carcaça.

- |                        |                                     |                      |
|------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| 1 - Tanque água limpa. | 5 - Tanque água suja.               | 9 - Câmara traseira. |
| 2 - Router.            | 6 - Baterias.                       |                      |
| 3 - Câmara frontal.    | 7 - Platine traseira.               |                      |
| 4 - Filtros.           | 8 - Tanque detergente e coagulante. |                      |

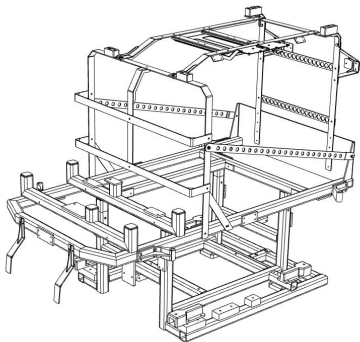
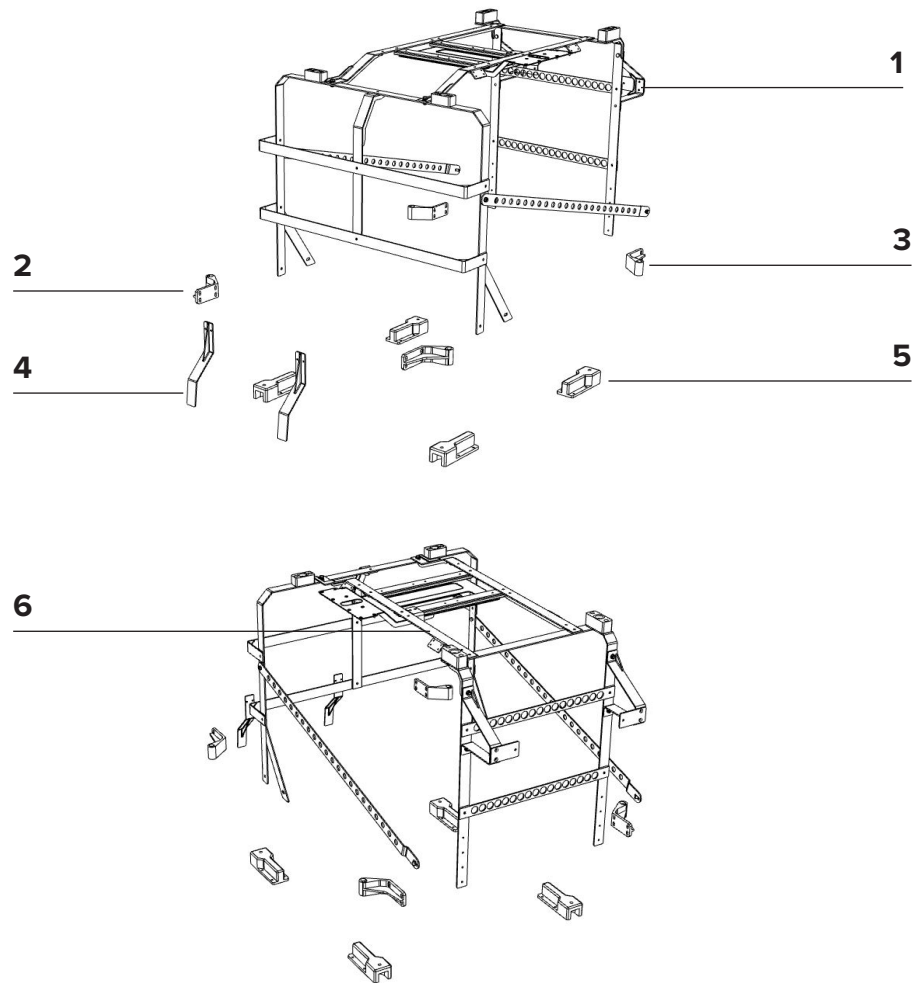


Figura 63 - Vista da estrutura do robô.

Na figura 62 mostra a disposição interna final. Estão destacados os componentes de maior importância.

Na figura 63 é possível ver a estrutura do robô sem qualquer tipo de componente.

### Suportes da carcaça.



**Figura 64** - Vistas dos suportes da carcaça.

- 1 - Apoio painel traseiro.
- 2 - Suporte intermédio para painel lateral direito.
- 3 - Suporte intermédio para painel lateral esquerdo.
- 4 - Suporte para painel da frente.
- 5 - Apoio inferior para painel lateral esquerdo.
- 6 - Suporte superior para painel de topo.

Foi necessária a criação de apoios extra para suportar a carcaça do robô.

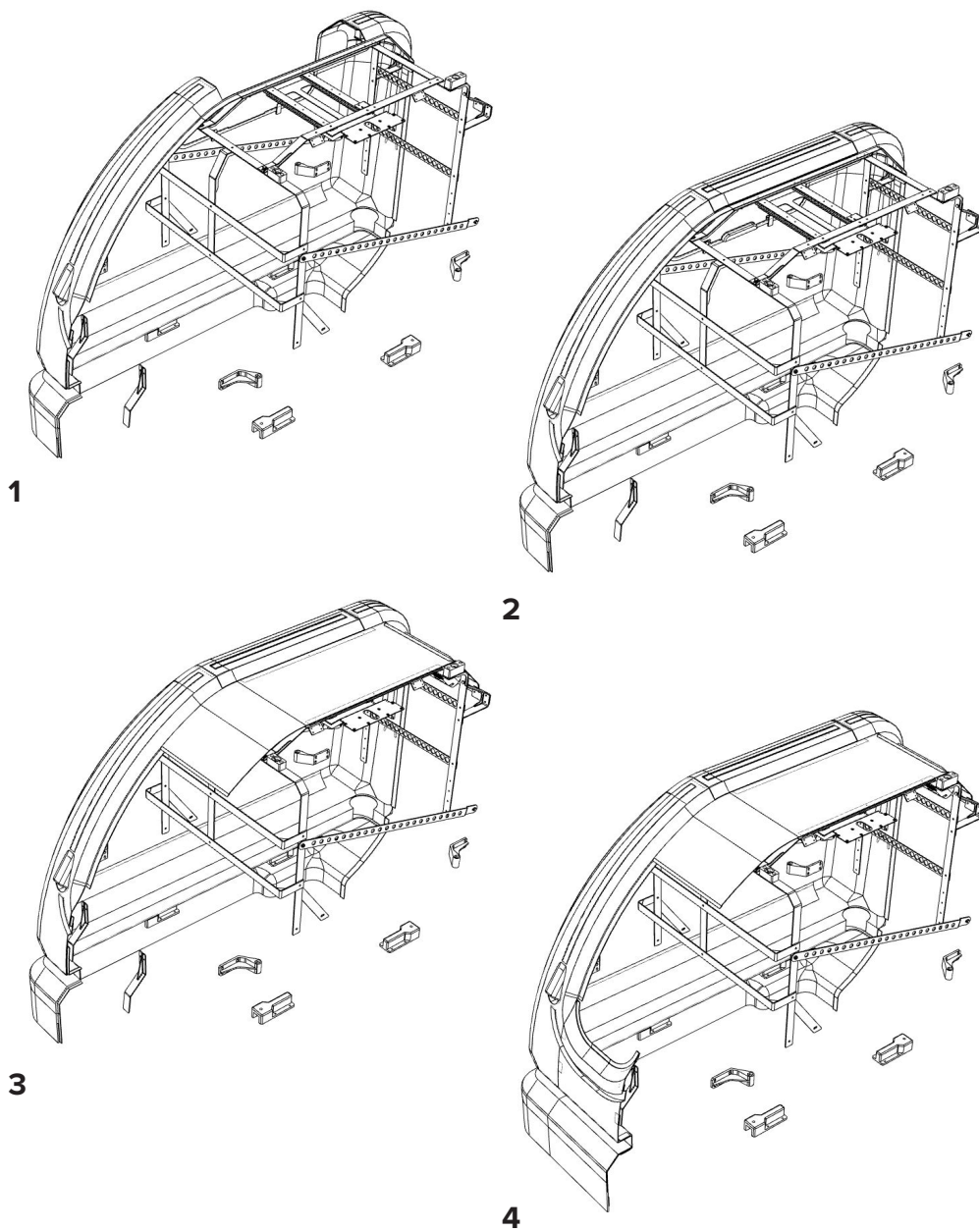
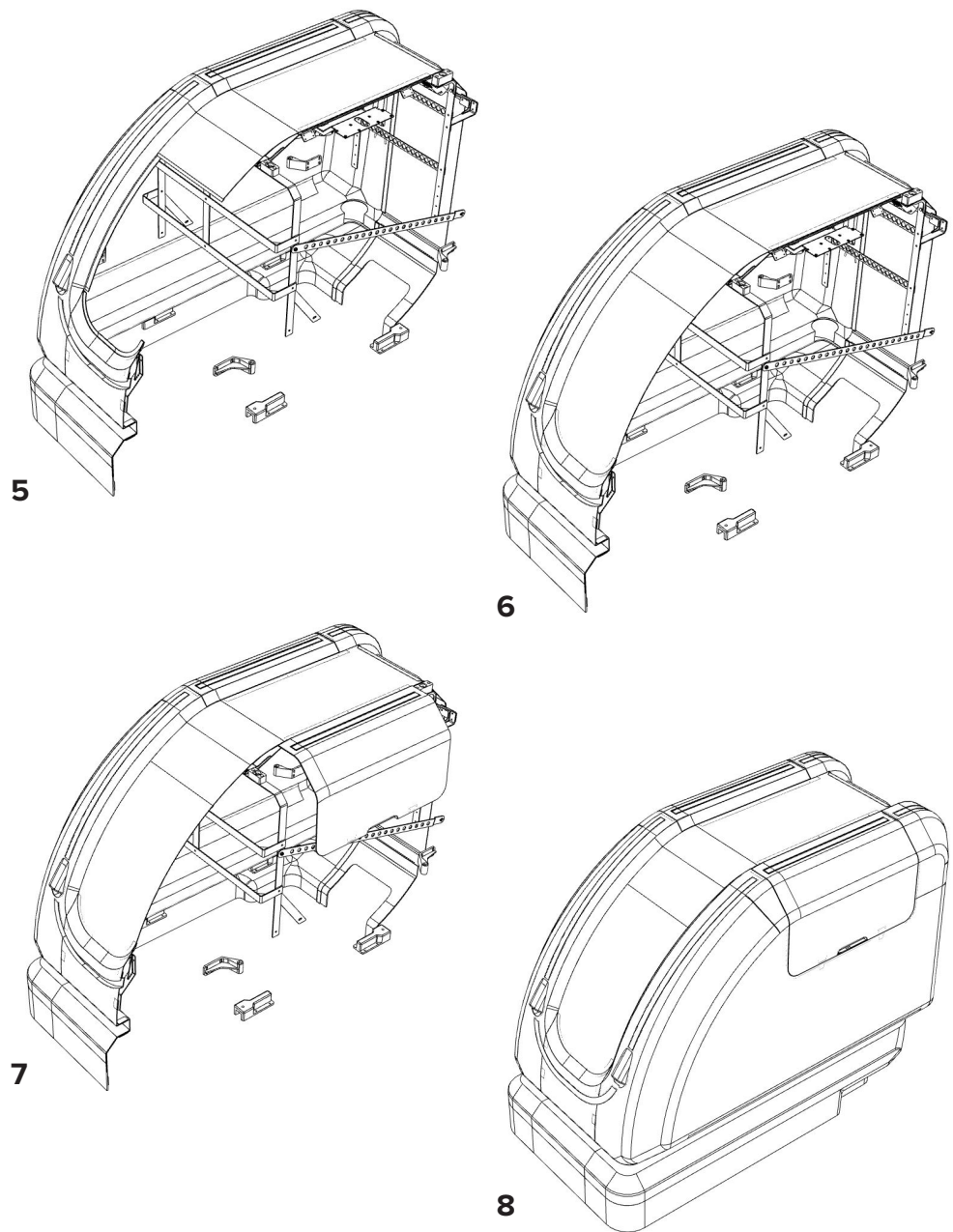


Figura 65 - Vistas da estrutura de apoio do robô com vários painéis.

- 1 - Estrutura de apoio com o painel lateral direito.
- 2 - Estrutura de apoio com o painel lateral direito e porta lateral direita.
- 3 - Estrutura de apoio com o painel lateral direito, porta lateral direita e painel do topo.
- 4 - Estrutura de apoio com o painel lateral direito, porta lateral direita, painel do topo e painel da frente.





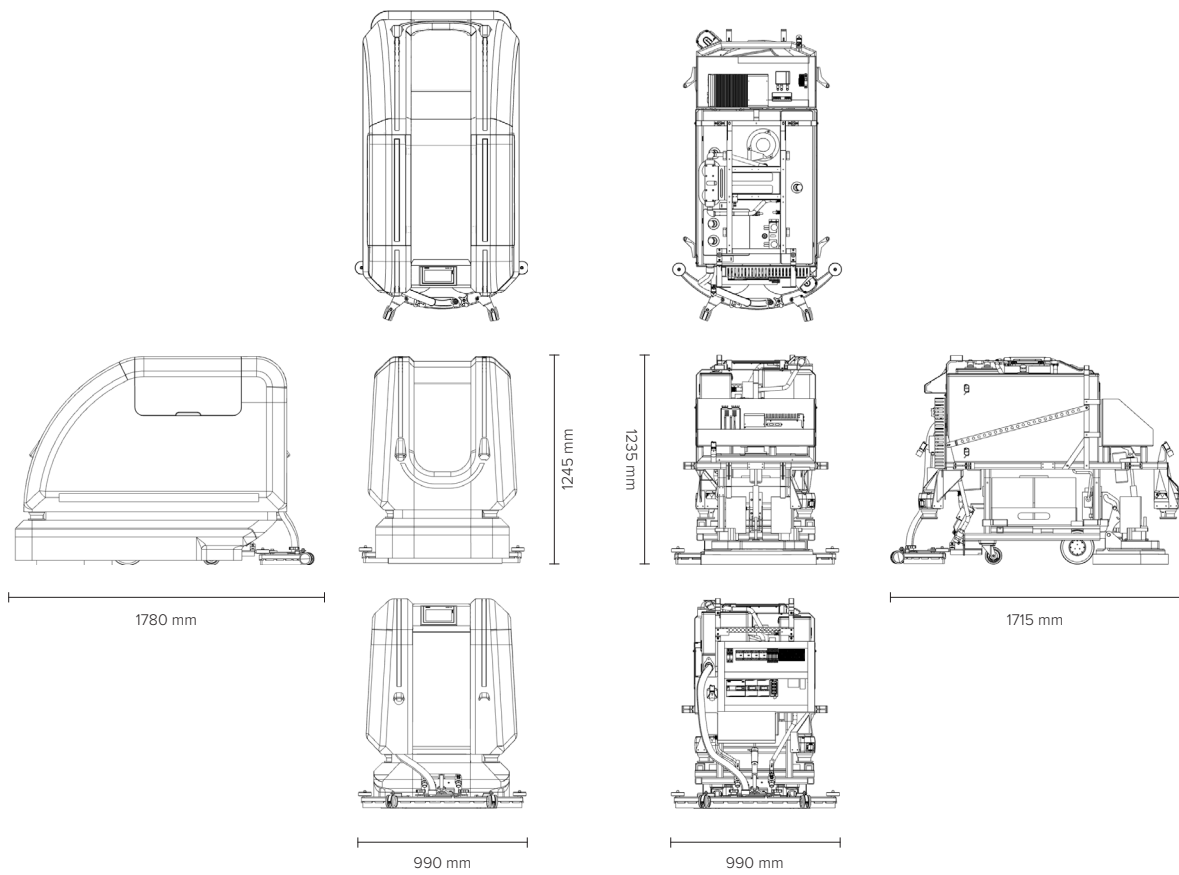
**Figura 66** - Vistas da estrutura de apoio do robô com vários painéis.

5 - Estrutura de apoio com o painel lateral direito, porta lateral direita, painel do topo, painel da frente e painel traseiro.

6 - Estrutura de apoio com o painel lateral direito, porta lateral direita, painel do topo, painel da frente, painel traseiro e porta da frente.

7 - Estrutura de apoio com o painel lateral direito, porta lateral direita, painel do topo, painel da frente, painel traseiro, porta da frente e porta lateral esquerda.

8 - Estrutura de apoio com os 8 painéis instalados.



**Figura 67** - Vistas ortográficas do robô com e sem carcaça.

Como é possível verificar na figura 67, a carcaça não veio oferecer muito mais volume ao robô o que é um fator muito positivo para o projeto.

## 4.3 Justificação das decisões projetuais



Figura 68 - Aparência geral do robô.



Figura 69 - Cor preta e verde.

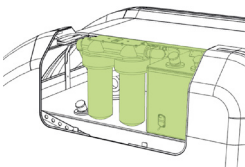


Figura 70 - Interior da porta lateral esquerda.

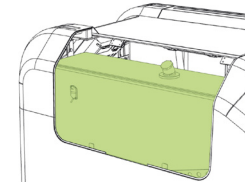


Figura 71 - Interior da porta lateral direita.

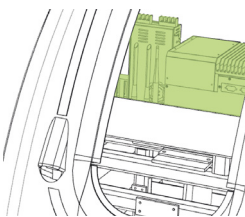


Figura 72 - Interior da porta da frente.



Figura 73 - Descensão da carcaça.

**Organização interna** - Inicialmente, o robô era composto por três andares internos, alcançando aproximadamente 1550mm de altura. Observando os vários espaços vazios entre os componentes internos, foi proposta uma melhor organização para otimização do espaço. Na fase final, depois de reestruturada a sua disposição, foi possível a redução da altura do robô para 1235mm.

**Aparência geral** (figura 68) - De forma a fugir à linha industrial tipicamente presente nos restantes robôs disponíveis no mercado, o desenho da carcaça foi repensado com o objetivo de obter uma estética moderna e atual. A simetria, harmonia e diferenciação foram os conceitos que permaneceram presentes durante toda a sua conceção.

**Cor** (figura 69) - A predominância da cor preta foi usada para transmitir um desenho mais sóbrio. Os pormenores a verde foram usados de forma a transmitir a ideia de sustentabilidade e a imagem de um robô amigo do ambiente.

**Porta lateral esquerda** (figura 70) - Para facilitar a limpeza dos filtros e o abastecimento dos tanques de detergente e coagulante, criou-se uma porta na lateral esquerda.

**Porta lateral direita** (figura 71) - De forma a facilitar o abastecimento do tanque de água limpa, criou-se uma porta na lateral direita.

**Porta da frente** (figura 72) - Tendo em conta a eventual necessidade de reparação do computador, router e outros componentes foi criada uma porta frontal, facilitando o acesso ao técnico de manutenção.

**Descensão da carcaça** (figura 73) - Desde os primeiros esboços, a carcaça foi desenhada com o objetivo de ocultar a escova dianteira, as rodas e a estrutura inferior. As lombas que o robô poderá encontrar no caminho enquanto opera foi um fator significativo a ter em conta.

**Ponto limite traseiro** (figura 74) - Revelou-se necessária a retificação da parte inferior da carcaça, tendo em conta o ponto limite da escova traseira.

**Câmara frontal e traseira** (figura 75) - Foram criadas saliências para designar o lugar das câmaras frontal e traseira.

**Câmara fictícia frontal e traseira** (figura 76) - Por razões estéticas, foram criadas saliências para câmaras fictícias, simétricas às reais, remetendo para a ideia de olhos no robô.

**Incorporação de LEDS** (figura 77) - De forma a obter um ar mais interativo e futurista, foram incorporados LEDS desde a dianteira até à traseira do robô. Através do uso da cor, o piscar, ligar ou desligar são aspetos que facilitam a comunicação do estado do robô.

**Orientação do ecrã LCD** (figura 78) - Inicialmente posicionado a 90°, o ecrã LCD foi retificado para um posicionamento de 45° para uma melhor leitura e usabilidade.

**Botão de emergência** (figura 78) - No caso de emergência é crucial a visibilidade e o fácil acesso ao botão de emergência. Desta forma, este foi posicionado à beira do ecrã LCD pois é onde o utilizador mais interage com o robô.

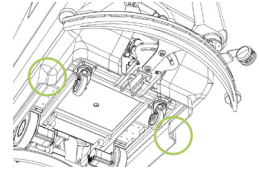


Figura 74 - Ponto limite traseiro.

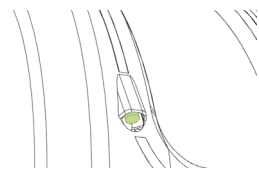


Figura 75 - Câmara frontal.

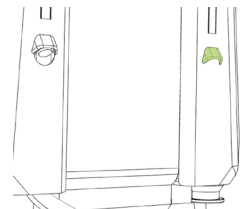


Figura 76 - Câmara fictícia traseira.

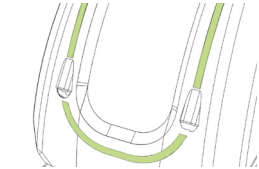


Figura 77 - Fitas LED.



Figura 78 - Ecrã LCD a 45° e botão de emergência.





## **05 CONCLUSÕES**

**5.1** Avaliação do trabalho e da solução proposta

**5.2** Limitações e aspetos negativos

**5.3** Desenvolvimentos futuros





## **5.1 Avaliação do trabalho e da solução proposta**

A integração na equipa que estava a conceber o robô i-RoCS consistiu num desafio extremamente aliciante. O grupo era constituído por profissionais de diversas áreas como engenharia mecânica, automação, química, limpeza e eletrónica. O contributo de um profissional de Design só poderia enriquecer a equipa e trazer benefícios para a concretização do produto final. O sentido estético e prático que caracteriza os profissionais desta área de saber teve um impacto enorme no desenvolvimento do projeto que, aquando da entrada na equipa multidisciplinar, falhava ao nível da disposição de componentes, organização e aproveitamento no interior do robô o que se traduzia numa aparelho com maiores dimensões do que aquele que viria a ser a solução final encontrada. A proposta inicial existente, quando comparada com o resultado final conseguido, torna evidente essa evolução qualitativa. Além de ter ficado esteticamente mais apelativo, conseguiu-se a redução da altura do aparelho.

O empenho, a capacidade de pesquisa e o ritmo de trabalho intenso contribuíram para a celeridade de todo o processo de execução e conseqüente cumprimento de prazos. Concorreram ainda para o sucesso deste projeto o bom ambiente da Design Factory Aveiro e a equipa multidisciplinar que acolheu a especialidade de design como uma valorização do projeto.

Apesar de grande parte do processo ter acontecido forçosamente em regime online e, por isso, mais focada no desenho digital, assim que possível procedeu-se à prototipagem física do produto nas instalações da Design Factory.

A postura de designer mediador adotada ao longo de todo o processo pautou-se pela disponibilidade e participação ativa em todas as reuniões de trabalho, a escuta atenta para identificação de problemas, a comunicação, a partilha de sugestões, a apresentação de propostas, a abertura à mudança e o esforço de superação das dificuldades correspondendo às expectativas de todos os intervenientes.



## 5.2 Limitações e aspetos negativos

O projeto de conceber o robô i-RoCS teve início em 2017 com o compromisso de ficar concluído em 2019. Constrangimentos externos como a pandemia ou atrasos vários por parte dos diferentes técnicos envolvidos ditaram que em 2020 o interior do robô estivesse numa fase de produção. Foi neste contexto que a equipa decidiu integrar um profissional de Design que ficasse responsável pela conceção da carcaça do robô. A integração na equipa nesta fase final do projeto constituiu o entrave maior dado que havia um completo desconhecimento do processo evolutivo do robô até à data.

O isolamento social obrigatório agravou esta limitação em termos de comunicação com a equipa multidisciplinar que havia levado a cabo o projeto até então. Foi necessário realizar uma investigação exaustiva acerca da problemática a partir do documento de 2017 que serviu de candidatura ao projeto e que justifica a pertinência do aparelho. Foi realizada também pesquisa acerca de equipamentos existentes no mercado: modo de funcionamento, potencialidades e limitações.

Todos os desenvolvimentos, propostas e alterações ocorridos até ao momento haviam sido motivados pelas problemáticas e dificuldades identificadas por profissionais de outras áreas de saber. Nesta fase do projeto, existia pouca margem para serem sugeridas alterações significativas. A maquetização, experimentação e passagem do desenho digital para a prototipagem física foi também dificultada pela situação de confinamento. As limitações espaciais de uma habitação familiar ou os materiais disponíveis em casa impediram a criação de uma estrutura com os materiais adequados ou as dimensões pretendidas. Havia que aguardar o momento em que fosse possível recorrer às oficinas onde é disponibilizado cartão grosso, painéis grandes e máquinas para a concretização fiel do protótipo e, conseqüente, identificação de oportunidades de melhoria.

O trabalho de equipa ficou igualmente comprometido pois acontecia em reuniões quinzenais em regime de videoconferência. Muito embora fosse uma equipa assídua, atenta e empenhada, há trocas difíceis de partilhar, nomeadamente ao nível do desenho.



## 5.3 Desenvolvimentos futuros

Este trabalho de investigação resultou numa carcaça para o protótipo do robô *i-RoCS*. No entanto, essa carcaça precisa de ser otimizada para efeitos de produção em massa. O investimento na otimização passa pela afinação técnica, de modo a ser possível retirar o molde. Passa ainda pelo aumento da quantidade, reduzindo os custos e aumentando a rapidez de produção.

Foi desenvolvido o conceito de pegas para o robô, mas estas não estão para produção. Trata-se de um aspeto que carece ainda de um período de reflexão acerca dos materiais, forma de encaixe e resistência.



## Bibliografia

- [1] Huang, Ming-Hui, and Roland T. Rust. "Artificial Intelligence in Service." *Journal of Service Research*, vol. 21, no. 2, May 2018, pp. 155–72.
- [2] Prassler, Erwin, *et al.* "A Short History of Cleaning Robots." *Autonomous Robots*, vol. 9, no. 3, 2000, pp. 211–26.
- [3] Sumartojo, Shanti, *et al.* "Imagining Public Space Robots of the Near-Future." *Geoforum*, vol. 124, Aug. 2021, pp. 99–109.
- [4] Sumartojo, Shanti, and Daniele Lugli. "Lively Robots: Robotic Technologies in COVID-19." *Social & Cultural Geography*, May 2021, pp. 1–18.
- [5] Cebollada, Sergio, *et al.* "A State-of-the-Art Review on Mobile Robotics Tasks Using Artificial Intelligence and Visual Data." *Expert Systems with Applications*, vol. 167, Apr. 2021, p. 114195.
- [6] Schofield, M., and H. Grünke, *Cleaning robots from concept to product - the users point of view*, Proc. 25th ISIR, Hannover, 1994, pp. 233–243.
- [7] Schraft, R. D., *et al.* "Service Robots: The Appropriate Level of Automation and the Role of Users/Operators in the Task Execution." *Proceedings of IEEE Systems Man and Cybernetics Conference - SMC*, IEEE, 1993, pp. 163–69 vol.4.
- [8] Steels, Luc. "When Are Robots Intelligent Autonomous Agents?" *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 15, no. 1–2, July 1995, pp. 3–9.
- [9] Norman, Donald A., "Emotional Design: People and Things." *Jnd.Org*, Nov. 2008.
- [10] Karl, Katherine A., *et al.* "Virtual Work Meetings During the COVID-19 Pandemic: The Good, Bad, and Ugly." *Small Group Research*, May 2021.
- [11] Evans, Bob. *The Zoom Revolution: 10 Eye-Popping Stats from Tech's New Superstar*. June 2020.
- [12] Peters, Jay. "Google's Meet Teleconferencing Service Now Adding about 3 Million Users per Day." *The Verge*, Apr. 2020.

- [13] “Microsoft Teams Hits 75 Million Daily Active Users.” Windows Central, Apr. 2020.
- [14] Standaert, Willem, *et al.* “How Shall We Meet? Understanding the Importance of Meeting Mode Capabilities for Different Meeting Objectives.” *Information & Management*, vol. 58, no. 1, Jan. 2021.
- [15] Fosslien, Liz, and Mollie West Duffy. “How to Combat Zoom Fatigue.” *Harvard Business Review*, Apr. 2020.
- [16] Strassman, Mark. “Try This Strategy to Eliminate Video Conference Fatigue and Help Teams Collaborate.” *Fast Company*, Aug. 2020.
- [17] Bailenson, Jeremy. “Opinion | Why Zoom Meetings Can Exhaust Us.” *Wall Street Journal*, Apr. 2020.
- [18] Standaert, Willem, *et al.* “How Shall We Meet? Understanding the Importance of Meeting Mode Capabilities for Different Meeting Objectives.” *Information & Management*, vol. 58, no. 1, Jan. 2021.
- [19] Kuzminykh, Anastasia, and Sean Rintel. “Classification of Functional Attention in Video Meetings.” *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, 2020, pp. 1–13.
- [20] Marques, Inês Rodrigues. “Eficácia, emoções e conflitos grupais: a influência do coaching do líder e dos pares.” *Dissertação de Mestrado*, Universidade de Coimbra, 2012.
- [21] Rams, Dieter. “Industrial Design in a Time of Change.” *Materials & Design*, vol. 4, no. 2, Apr. 1983, pp. 706–09.







## Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	Setor da Higiene e Limpeza no contexto Europeu.	17
<b>Figura 2</b>	Perspetivas de crescimento Facility Management Market	17
<b>Figura 3</b>	Double Diamond.	23
<b>Figura 4</b>	Aspiradores de pó robóticos comerciais.	30
<b>Figura 5</b>	Robôs de limpeza de piscina.	30
<b>Figura 6</b>	Robôs de limpeza industrial.	30
<b>Figura 7</b>	Aspiradores de pó industriais e robôs de limpeza de carpetes.	31
<b>Figura 8</b>	Lavadoras e varredores robóticos de piso.	31
<b>Figura 9</b>	Robôs de limpeza de dutos.	32
<b>Figura 10</b>	Protótipos industriais de lavadoras e varredores robóticos de piso.	32
<b>Figura 11</b>	Protótipo de um varredor robótico de estrada.	32
<b>Figura 12</b>	Variiedade de robôs existentes no mercado atual.	36
<b>Figura 13</b>	Tabela de comparação entre vários robôs do mercado atual.	37
<b>Figura 14</b>	Despertador de Jacob Jensen.	40
<b>Figura 15</b>	Reunião i-RoCS via Microsoft Teams.	41
<b>Figura 16</b>	Robô de desinfecção UVC da Climex.	43
<b>Figura 17</b>	Robô Scrubber 50 da Climex.	43
<b>Figura 18</b>	Exterior da Renault em Cacia, Aveiro.	57
<b>Figura 19</b>	Robô Nilfish Br855 Ecoflex.	58
<b>Figura 20</b>	Robô Fybots Sweeper L.	58
<b>Figura 21</b>	Robô Clean Fix Raggo Navi.	58
<b>Figura 22</b>	Robô T 500e.	58
<b>Figura 23</b>	Desenhos de desenvolvimento.	62
<b>Figura 24</b>	Desenhos de desenvolvimento.	63
<b>Figura 25</b>	Desenho à escala 1:1.	64

<b>Figura 26</b>	Desenvolvimento da maquete à escala 1:10.	64
<b>Figura 27</b>	Maquete à escala 1:10 finalizada.	64
<b>Figura 28</b>	Sugestão de cortes da carcaça.	65
<b>Figura 29</b>	Primeiro andar do robô produzido.	66
<b>Figura 30</b>	Escova dianteira e esova traseira.	66
<b>Figura 31</b>	Bancada de trabalho na oficina da Design Factory.	66
<b>Figura 32</b>	Estrutura com rodas para segurar maquete da carcaça.	66
<b>Figura 33</b>	Painéis da carcaça antes de montados na estrutura.	67
<b>Figura 34</b>	Vista da frente da carcaça, ainda que inacabada, já colocada na estrutura.	67
<b>Figura 35</b>	Vista traseira da carcaça, ainda que inacabada, já colocada na estrutura.	67
<b>Figura 36</b>	Câmara na parte frontal do i-RoCS.	67
<b>Figura 37</b>	Robô Scrubber 50 adquirido pela Climex.	68
<b>Figura 38</b>	Interior do robô i-RoCS.	70
<b>Figura 39</b>	Lateral em espuma do robô a ser maquinada.	71
<b>Figura 40</b>	Pormenor do interior da espuma.	71
<b>Figura 41</b>	Lateral em espuma do robô maquinada.	71
<b>Figura 42</b>	Trabalhador da Atena a controlar o robô a partir de um comando.	71
<b>Figura 43</b>	Parte inferior do painel lateral esquerdo do robô.	72
<b>Figura 44</b>	Parte inferior do painel lateral esquerdo junto ao robô.	72
<b>Figura 45</b>	Tubo quadrado de aço ST52.	73
<b>Figura 46</b>	Chapa de inox.	73
<b>Figura 47</b>	Manta de fibra de vidro.	73
<b>Figura 48</b>	Renderização do robô i-RoCS.	77
<b>Figura 49</b>	Renderização do robô i-RoCS em contexto de uso.	78
<b>Figura 50</b>	Renderizações de várias vistas do robô i-RoCS.	78
<b>Figura 51</b>	Relação do robô i-RoCS com a escala humana.	78
<b>Figura 52</b>	Interior do robô i-RoCS produzido e montado na Atena.	79

<b>Figura 53</b>	Vistas do robô i-RoCS.	81
<b>Figura 54</b>	Vistas do painel esquerdo.	82
<b>Figura 55</b>	Vistas do painel direito.	83
<b>Figura 56</b>	Vistas da porta lateral esquerda	84
<b>Figura 57</b>	Vistas da porta lateral direita.	85
<b>Figura 58</b>	Vista da estrutura do robô.	86
<b>Figura 59</b>	Vista da porta da frente.	87
<b>Figura 60</b>	Vista do painel da frente.	87
<b>Figura 61</b>	Vista da porta da frente.	87
<b>Figura 62</b>	Vistas do robô sem carcaça.	88
<b>Figura 63</b>	Vista da estrutura do robô.	88
<b>Figura 64</b>	Vistas dos suportes da carcaça.	89
<b>Figura 65</b>	Vistas da estrutura de apoio do robô com vários painéis.	90
<b>Figura 66</b>	Vistas da estrutura de apoio do robô com vários painéis.	91
<b>Figura 67</b>	Vistas ortográficas do robô com e sem carcaça.	92
<b>Figura 68</b>	Aparência geral do robô.	93
<b>Figura 69</b>	Cor preta e verde.	93
<b>Figura 70</b>	Interior da porta lateral esquerda.	93
<b>Figura 71</b>	Interior da porta lateral direita.	93
<b>Figura 72</b>	Interior da porta da frente.	93
<b>Figura 73</b>	Descensão da carcaça.	93
<b>Figura 74</b>	Ponto limite traseiro.	94
<b>Figura 75</b>	Câmara frontal.	94
<b>Figura 76</b>	Câmara fictícia traseira.	94
<b>Figura 77</b>	Fitas LED.	94
<b>Figura 78</b>	Ecrã LCD a 45° e botão de emergência.	94



# Anexo 1

## Neo

<sup>1</sup> Informação consultada em <https://company.intercleanshow.com/Avidbots-Corp-?Language=EN&eventid=23956&account=00559047-0>.

Baseado na descrição<sup>1</sup> do robô da empresa Avidbots, o Neo é um robô delimpeza de pisos comerciais (como aeroportos, armazéns, fábricas, centros comerciais, universidades, etc.) que automatiza o processo de limpeza recorrendo ao uso de um mapeamento inteligente e dinâmico. A tecnologia usada permite a deteção e contorno de obstáculos.

## Neo 2™

<sup>2</sup> Informação consultada em <https://www.avidbots.com/avidbots-solutions/the-neo-platform/>.

Baseado na descrição<sup>2</sup> do robô da empresa Avidbots, o robô Neo 2™ é um robô autónomo otimizado para limpeza e higienização. Não tem volante e assento, pois foi criado para automatizar todo o processo de limpeza o que melhora a eficiência da equipa e leva a um retorno geral do investimento. O Neo 2™ está associado à tecnologia Avidbots AI Platform para automatizar totalmente o processo de limpeza do piso. Sendo assim, com este robô, a equipa de limpeza pode-se concentrar em tarefas de maior valor.

## Nilfisk Liberty SC50a

<sup>3</sup> Informação consultada em <https://pikesystems.com/robotics>.

Baseado na descrição<sup>3</sup> do robô da empresa Nilfisk, o Nilfisk Liberty SC50a é um robô autónomo que executa tarefas repetitivas com um desempenho consistente seguindo um programa de limpeza focado e eficiente. Direcionado para limpar pisos de escolas, hospitais e pavilhões, SC50a recorre aos programas automatizados da Pike Systems para lidar com uma ampla variedade de tarefas. Ajuda na seleção, configuração e implementação, simplificando a limpeza das instalações.

## TASKI SWINGOBOT 2000

<sup>4</sup> Informação consultada em <https://taski.com/taski-products/swingobot-2000/>.

Baseado na descrição<sup>4</sup> do robô da empresa TASKI, o TASKI SWINGOBOT 2000 é um robô de limpeza automática do piso capaz de operar 24 horas por dia, 7 dias por semana, usando uma combinação sofisticada de lasers para garantir a sua navegação e operação. Ajudou a definir a segurança robótica e foi pioneiro na busca pela segurança pública.

## **CLEANFIX RA 660 NAVI**

Baseado na descrição<sup>5</sup> do robô da empresa Cleanfix, o CLEANFIX RA660 NAVI é um robô de limpeza autônomo patenteado com um sistema de navegação de última geração eficaz para locais onde a manutenção diária é mais necessária. Tem instalado quatro sensores que o permite adaptar de forma inteligente a qualquer tipo de ambiente interno, detetando e evitando obstruções permanentes e temporárias. Pode operar entre 5 a 6 horas e usa um sistema que permite manter uma proporção constante de diluição de produto químico para água, permitindo assim que haja menos desperdício e menores custos operacionais.

<sup>5</sup> Informação consultada em <https://jeffsupplies.com/featured/cleanfix-ra-660-navi/>.

## **KIRA B50**

Baseado na descrição<sup>6</sup> do robô da empresa Kärcher, o KIRA B50 é um robô de limpeza autônomo que pode ser usado de forma económica, mesmo em espaços pequenos, capaz de regressar sozinho à sua docking station para recarregar baterias, esvaziar o tanque de recuperação e adicionar nova água. O mapeamento inicial da área de trabalho é fácil de realizar e, dependendo da aplicação, o usuário pode especificar zonas de higiene que requerem uma limpeza mais profunda, como é o caso das áreas de entrada que acabam por acumular mais sujidade. KIRA B50 usa o programa Floor Coverage Path Planning (FCCP) para calcular, de forma independente, a rota de limpeza mais eficiente mesmo para plantas mais complexas. O consumo adapta-se à velocidade da máquina, preservando recursos como água e detergente.

<sup>6</sup> Informação consultada em <https://www.karcher.com/us/inside-karcher/newsroom/media-information/media-information/1280-efficient-autonomous-floor-cleaning-with-kira-b-50.html>.

## **DUOBOT 1850**

Baseado na descrição<sup>7</sup> do robô da empresa TASKI, o DUOBOT 1850 é um robô inteligente capaz de economizar até 70% de custos operacionais graças ao seu modo autônomo. Tem um sistema de reciclagem da água que permite um maior nível de produtividade e, em caso de locais mais sensíveis, usa o sistema de luz ultravioleta para reduzir a quantidade de bactérias no tanque.

<sup>7</sup> Informação consultada em <http://taskibydiversey.co.uk/taski-duobot-1850>.



## **Adlatus CR 700**

Baseado na descrição<sup>8</sup> do robô da empresa Adlatus, o Adlatus CR 700 é um robô de limpeza autônomo com a possibilidade de selecionar o modo de operação manual. Usa sensores e processamento inteligente de dados para capturar objetos e pessoas que se encontrem à sua volta. Recorre à dockingstation para se reabastecer, tanto a nível de baterias, como a nível de água. O Adlatus CR 700 pode ser solicitado pelo usuário via tablet ou smartphone para limpar um ponto específico sem que seja preciso ir ao seu encontro no local onde esteja a operar.

<sup>8</sup> Informação consultada em <https://www.adlatus.eu/en/adlatus/>.

## **Scrubber 50**

Baseado na descrição<sup>9</sup> do robô da empresa Gaussian Robotics, o Scrubber50 é um robô que não necessita de intervenção humana pois limpa tendo em conta um cronograma e recorre à docking station para carregar baterias, esvaziar o tanque de água suja e encher o tanque de água limpa. Requer apenas 2 horas mensais para manutenção geral e conservação.

<sup>9</sup> Informação consultada em <https://www.gaussianrobotics.com/ecobotsscrubber50>.