

Exoesqueleto

Nº Patente: US 2006/0260620 A1

Unidade Curricular

Desenvolvimento de Produtos Médicos

Docentes

André Paulo Galvão de Castro

Daniel Alves Pinheiro

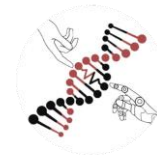
Autores

Luís Carlos da Silva Correia - 202200162

Ricardo Alexandre Macheta Ramos – 202100277

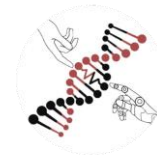
Rodrigo Pereira Mendes - 202200246

Setúbal, 22 de Dezembro de 2023



Índice

1. Introdução	3
1.1. O que é um exoesqueleto?	3
1.2. Tipos de exoesqueletos	4
1.3. Áreas de utilização de um exoesqueleto	4
1.4. Funções	5
1.5. Desafios	5
1.5.1. Desafios Éticos e Sociais	5
1.5.2. Desafios Técnicos e Científicos	5
1.6. Materiais	6
1.7. Princípios Tecnológicos	6
1.8. Inovação e o Futuro	6
2. Exoesqueletos	6
2.1. Exoesqueleto Original (5) - US20060260620A1	7
2.2. Exoesqueleto 1 - CN105943316	7
2.3. Exoesqueleto 2 - DE102016212863A1	8
2.4. Exoesqueleto 3 - US20220354729A1	8
2.5. Exoesqueleto 4 - WO2006113520A2	9
3. Necessidades	9
3.1. Necessidades Expressas	9
3.2. Necessidades Reais	10
3.3. Necessidades Latentes	10
3.4. Necessidades Culturais	10
3.5. Necessidades Atribuídas a Usos Inesperados	10
3.6. Necessidade relativas à satisfação do produto	10
3.7. Matriz necessidades	10
4. Casos de Sucesso	11
5. Análise do Exoesqueleto	11
5.1. Análise SWOT	11
5.1.1. Observações	12
5.2. Diagrama de Mudge	12
5.2.1. Observações	14
5.3. Matriz de Pugh	14
5.3.1. Observações	14
5.4. Casa da Qualidade	15
5.4.1. Observações	16
6. Viabilidade	18
7. Solução	18
8. Considerações Finais	18
9. Referências	19



Índice de Figuras

Figura 1 - Protótipo Iron Man.....	4
Figura 2 - Funções do exoesqueleto	5
Figura 3 - Exoesqueleto da patente US20060260620A1	7
Figura 4 - Exoesqueleto da patente CN105943316	7
Figura 5 - Exoesqueleto da patente DE102016212863A1.....	8
Figura 6 - Exoesqueleto da patente US20220354729A1	8
Figura 7 - Exoesqueleto da patente WO2006113520A2.....	9
Figura 8 - Análise Swot das patentes	12

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Matriz de necessidades	11
Tabela 2 - Diagrama de Mudge	13
Tabela 3 - Matriz de Pugh.....	15
Tabela 4 - Casa da Qualidade parte 1	16
Tabela 5 - Casa da qualidade parte 2	17

1. Introdução

O exoesqueleto despertou-nos um grande interesse, não apenas por ser um objeto futurista capaz de possibilitar o movimento de pessoas com paralisia, mas também pela sua evolução ao longo do tempo. Este passou de modelos muito simples feitos de madeira para os mais sofisticados produzidos de metal e outras ligas metálicas e até mesmo plástico. Representam emocionante na convergência da tecnologia e da medicina. Este relatório procura explorar os princípios, aplicações e desafios associados ao exoesqueleto, destacando a sua importância no desenvolvimento de produtos médicos.

1.1. O que é um exoesqueleto?

Os exoesqueletos são dispositivos mecânicos, que podem ser robóticos ou não, externos.

Representam o futuro tecnológico, com o objetivo de fornecer suporte, aumento de força e mobilidade, e fornecem proteção ao corpo do ser humano. Esta tecnologia é bastante respeitada pela sua aplicação na reabilitação médica, indústria e militar.

Pode ser dividido em exoesqueleto completo e de membros inferiores. O completo incorpora todo o corpo, possuindo sistemas avançados de controlo com o objetivo de possibilitar uma vasta gama de movimentos. O de membros inferiores é projetado especificamente para as pernas e pés, dando maior atenção à biomecânica das extremidades inferiores. É muito utilizado na reabilitação médica e em ambientes industriais. Este dispositivo tem como objetivo melhorar a mobilidade e a eficácia em tarefas muito específicas, reduzindo a fadiga e proporcionando benefícios para os seus utilizadores com limitações motoras nessas localizações do corpo. Estes dispositivos incorporam avançadas tecnologias de engenharia e controlo para melhorar as capacidades físicas do utilizador. Um bom exemplo de exoesqueleto completo é a armadura do personagem Iron Man, da MARVEL - [Figura 1.](#)



Os exoesqueletos passivos são projetados com a funcionalidade de fornecer suporte adicional aos movimentos do utilizador, ajudando em atividades físicas exigentes ou na reabilitação de lesões. Os exoesqueletos ativos são equipados com sensores, que detetam os movimentos do utilizador e fornecem assistência, amplificando a força e a resistência muscular.

The diagram illustrates the three primary areas of exoskeleton utilization. A central blue circle on the left, labeled "Áreas de Utilização", branches out to three grey circles on the right, each representing a specific application area with an accompanying image and description.

- Defesa**: Na defesa, estão a ser explorados no ramo militar, com o objetivo de aumentar a força e a resistência dos soldados em campo.
- Medicina**: Na área da reabilitação médica, os exoesqueletos podem ajudar na recuperação de lesões, permitindo aos pacientes realizar movimentos controlados e repetitivos para fortalecer os músculos afetados pela lesão.
- Indústria**: Na indústria, podem ajudar os trabalhadores a realizar tarefas físicas exigentes, reduzindo a fadiga e o risco de lesões.

1.4. Funções

Tal como todos os produtos médicos o exoesqueleto possui funções principais como suporte estrutural, proteção e algumas secundárias como o aumento de força, mobilidade, redução de fadiga, levantamento de materiais pesados. - [Figura 2](#)

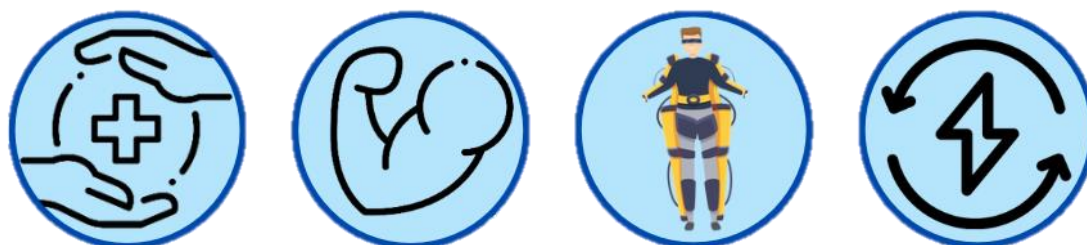


Figura 2 - Funções do exoesqueleto

1.5. Desafios

Mesmo com vários benefícios, ainda existem milhares de desafios prontos a serem superados. Questões como o peso, o custo e a autonomia de energia (no caso dos exoesqueletos com baterias) são áreas em que existe muito espaço para melhorias. Através de pesquisas e desenvolvimentos contínuos, que têm vindo a ser realizados, para aprimorar estes dispositivos, têm sido possível torná-los mais leves, acessíveis e eficazes.

Os exoesqueletos representam uma área da tecnologia que tem um potencial de melhoria da qualidade de vida das pessoas e pode até amplificar as capacidades físicas humanas. Com avanços contínuos, espera-se que os exoesqueletos se tornem cada vez mais sofisticados e leves.

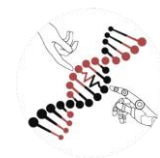
1.5.1. Desafios Éticos e Sociais

No âmbito ético e social, o desenvolvimento de exoesqueletos requer uma abordagem muito cuidadosa e transparente. Esta discussão abrange questões como, o consentimento informado do utilizador, igualdade no acesso e uso responsável destes. A privacidade e a segurança são aspetos que ressaltam a importância de proteger com rigor os dados sensíveis do utilizador e têm como função garantir a confiabilidade do produto. As propostas apresentadas têm o cuidado de abordar éticas na sua pesquisa, desenvolvimento e implementação, com o objetivo de mitigar preocupações sociais e éticas.

1.5.2. Desafios Técnicos e Científicos

Existem vários desafios técnicos e científicos a serem ultrapassados. Como desafios técnicos temos a integração eficaz com o sistema nervoso, como desafio científico a compreensão completa dos padrões biomecânicos que serão identificados e discutidos de maneira crítica. Uma avaliação crítica das limitações tecnológicas atuais destacará áreas que exigem desenvolvimentos adicionais para maximizar a eficácia dos exoesqueletos.

As propostas de abordagem inovadoras e colaborativas para superar os desafios identificados serão apresentadas, destacando a importância da pesquisa interdisciplinar.



1.6. Materiais

1.6.1. *Fibra de Carbono*

- Leve e resistente;
- Alta Durabilidade (resistente á corrosão);
- Resistência a Condições Climáticas.

1.6.2. *Titânio*

- Alta Durabilidade (resistente á corrosão);
- Hipoalergénico.

1.6.3. *Alumínio Naval*

- Resistência à Corrosão em ambientes marinhos;
- Leve e fácil de moldar.

1.6.4. *Aço Inoxidável Médico*

- Hipoalergénico;
- Resistência à Corrosão;
- Durabilidade.

1.6.5. *Revestimentos Especiais*

- Resistência à Água e Cloro;
- Hipoalergénico

1.7. Princípios Tecnológicos

Dos princípios tecnológicos destacamos os princípios mecânicos, elétricos e de controlo, onde a biomecânica é cuidadosamente projetada, os sistemas elétricos eficientes, e os algoritmos de controlo adaptativos são essenciais para garantir a eficácia e segurança dos exoesqueletos.

Outro princípio é a tecnologia por trás do exoesqueleto, ou seja, incorporam motores elétricos, sensores, algoritmos de controlo avançado e estruturas leves para proporcionar suporte e mobilidade aprimorados.

1.8. Inovação e o Futuro

Revisões de inovações recentes destacam avanços tecnológicos, como sistemas de inteligência artificial têm o potencial de transformar ainda mais eficazes os exoesqueletos. A discussão sobre as tendências emergentes destaca áreas como a miniaturização de componentes e a personalização adaptativa. As projeções para o futuro, incluem avanços na medicina personalizada e uma integração ampla na prática clínica.

2. Exoesqueletos

Foi-nos fornecido pelo nosso professor André Castro uma patente de um exosqueleto inferior, que nós iremos dar o nome de 'Exoesqueleto Original'. Procurámos outros modelos, e encontrámos bastantes, no entanto desses escolhemos apenas quatro, os melhores (na nossa opinião) para comparação com a nossa proposta de solução, que iremos chamar de 'Exoesqueleto Solução'.

2.1. Exoesqueleto Original (5) - US20060260620A1

(Figura 3) “Um exoesqueleto de membros inferiores, configurável para ser acoplado a uma pessoa, compreende dois suportes de pernas, configurados para descansar no solo durante suas fases de apoio. Cada suporte de perna compreende uma ligação de coxa, uma ligação de perna e dois joelhos. Cada joelho é configurado para permitir a flexão e extensão(...). O exoesqueleto de membros inferiores também compreende um tronco de exoesqueleto configurável para ser acoplado à parte superior do corpo da pessoa. O tronco de exoesqueleto pode ser conectado de forma rotativa às ligações de coxa dos suportes de pernas, permitindo a flexão e extensão entre os suportes de pernas e o tronco de exoesqueleto. Neste exemplo, a energia necessária para o movimento de flexão e extensão (...) é fornecida pela pessoa.” (Estados Unidos da América (Califórnia) Patente N° US20060260620A1, 2006)

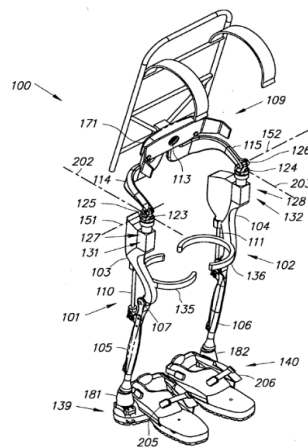


Figura 3 - Exoesqueleto da patente US20060260620A1

2.2. Exoesqueleto 1 - CN105943316

(Figura 4) “É fornecido um exoesqueleto humano para membros inferiores com estruturas de retorno de força, relacionado ao campo técnico do exoesqueleto biomimético humano. Ao melhorar a estrutura do eixo de rotação das articulações de um exoesqueleto humano para membros inferiores existente, são adicionadas estruturas de retorno de força à cintura, à articulação do quadril, às coxas, às pernas e às partes do tornozelo, de modo que um exoesqueleto humano passivo com estruturas de retorno de força possa atenuar a carga do utilizador e melhorar o conforto do utilizador. O exoesqueleto humano para membros inferiores com estruturas de retorno de força pode ser amplamente aplicado nos campos de assistência de potência, assistência a pessoas com deficiência e correção de saúde.” (China Patente N° CN105943316A, 2016)

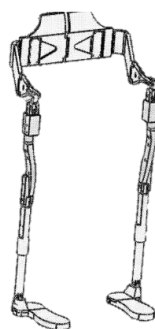


Figura 4 - Exoesqueleto da patente CN105943316

2.3. Exoesqueleto 2 - DE102016212863A1

(Figura 5) “Um sistema de controle de exoesqueleto baseado em resistência possui uma unidade de controle que gera uma resistência positiva ao formar uma admitância integral de um circuito de controle de um sistema acoplado homem-exoesqueleto, sendo que a magnitude da resposta em frequência da admitância integral é mais baixa do que a de uma articulação humana natural para as frequências desejadas a serem consideradas, e gera uma relação de suporte de aproximadamente 0 para as frequências desejadas a serem consideradas.” (Alemanha Patente N^o DE102016212863A1, 2015)

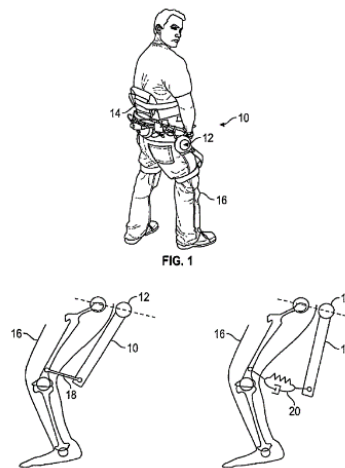


Figura 5 - Exoesqueleto da patente DE102016212863A1

2.4. Exoesqueleto 3 - US20220354729A1

(Figura 6) “É fornecido um exoesqueleto portátil para membros inferiores para regenerar a funcionalidade de movimento do corpo inferior de pacientes paraplégicos. O exoesqueleto portátil para membros inferiores possui quatro graus de liberdade ativos, sendo que cada grau de liberdade é fornecido por um atuador disposto ao redor da altura dos quadris e nas costas e/ou na frente do utilizador, sendo também fornecido por articulações.” (Estados Unidos da América Patente N^o US20220354729A1, 2019)

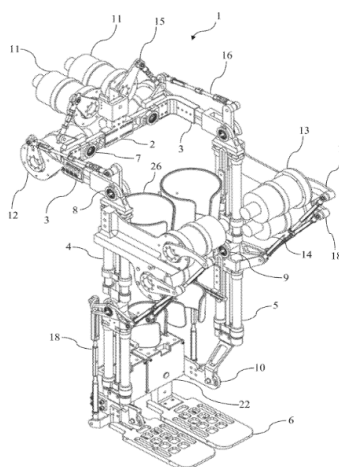


Figura 6 - Exoesqueleto da patente US20220354729A1

2.5. Exoesqueleto 4 - WO2006113520A2

(Figura 7) “O exoesqueleto para membros inferiores compreende dois suportes de pernas conectáveis aos membros inferiores da pessoa e configurados para descansar no chão durante a sua fase de apoio. Cada suporte de perna compreende uma ligação de coxa e uma ligação de perna; uma junta do joelho configurada para permitir a flexão e extensão entre a ligação de perna e a ligação de coxa. O exoesqueleto para membros inferiores também compreende um tronco de exoesqueleto conectável à parte superior do corpo da pessoa. (...) Dois geradores de torque estão acoplados a cada uma das juntas do joelho. Uma unidade de potência, capaz de fornecer energia, está acoplada aos geradores de torque. Em funcionamento, quando um suporte de perna está na fase de apoio e a subir uma inclinação ou escadas, a unidade de potência injeta energia no gerador de torque respetivo, estendendo assim o ângulo do joelho correspondente. (...)” (OMPI (PCT) Patente N° WO2006113520A2, 2006)

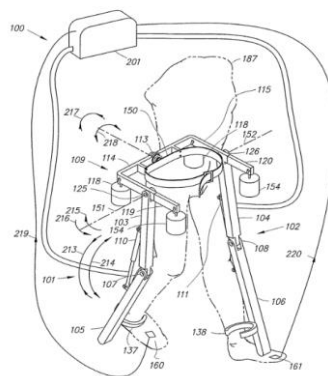


Figura 7 - Exoesqueleto da patente WO2006113520A2

3. Necessidades

As necessidades de um produto possuem várias vertentes. As necessidades que as pessoas comunicam de forma direta e clara e onde os consumidores podem expressar as suas necessidades através de feedbacks, são denominadas por **necessidades expressas**. As necessidades que os consumidores não conseguem expressar corretamente, são denominadas **necessidades reais**. As necessidades que os consumidores não têm consciência que existem, requerem muita pesquisa, e que seja o mais aprofundada possível, são denominadas **necessidades latentes**. As necessidades influenciadas pela cultura, valores e tradições de um determinado grupo, são denominadas **necessidades culturais**. As necessidades que os fabricantes não previram, por outras palavras, a capacidade de um certo produto ser adaptado ou utilizado de maneiras inesperadas, muitas vezes resulta em novas oportunidades de mercado, são denominadas **necessidades atribuíveis a usos inesperados**. As necessidades que se acham após a compra e uso de um certo produto, inclui suporte ao cliente, garantias, atualizações ou outros serviços que afetam a satisfação do cliente, são denominadas **necessidades relativas à satisfação do produto**.

3.1. Necessidades Expressas

- exoesqueleto fácil de utilizar, com instruções claras;
- material leve, que não aqueça ao entrar em contato com a pele;
- mecanismo de colocação e remoção fácil e rápido;
- resistência a condições climáticas específicas (chuva, frio ou calor extremo).

3.2. Necessidades Reais

- suporte físico;
- prevenção lesões e desgaste físico;
- aumento da força e resistência física;
- durável e capaz de suportar uso contínuo ao longo do tempo;
- componentes que possam ser facilmente mantidos, reparados ou substituídos;
- ajustável;
- recursos de segurança incorporados;
- longevidade do produto.

3.3. Necessidades Latentes

- Adaptação automática às preferências de movimento do utilizador;
- Ajustável ao vestuário regular;
- conectividade que permitam a integração do exoesqueleto com dispositivos pessoais.

3.4. Necessidades Culturais

- resistência a cloro e água salgada se o exoesqueleto for usado em ambientes aquáticos;
- respeitar crenças religiosas específicas;
- diferentes grupos têm diferentes preferências em relação à utilização e à aparência do produto.

3.5. Necessidades Atribuídas a Usos Inesperados

- suporte para transportar objetos pesados;
- suporte durante tarefas domésticas, como limpeza ou jardinagem;
- possível utilização em atividades de aventura, como escalada ou trilhas;
- possível utilização como parte de performances artísticas.

3.6. Necessidade relativas à satisfação do produto

- conforto, durabilidade, e um sistema de manutenção eficaz;
- design estético e atraente, que seja visualmente agradável;
- atualizações regulares de software ou hardware para melhorias contínuas.

3.7. Matriz necessidades

De acordo com esta matriz ([Tabela 1 - Matriz de necessidades](#)) podemos concluir que as melhores são: a solução, com 164 pts, o exoesqueleto 1, com 126 pts, e a original, com 117 pts. A discrepância deve-se maioritariamente às novas melhorias de resistência ao cloro e água salgada e o material hipoalergénico.

Tabela 1 - Matriz de necessidades

Requisitos	Peso	1		2		3		4		5		6	
		Nota	Parcial	Nota	Parcial	Nota	Parcial	Nota	Parcial	Nota	Parcial	Nota	Parcial
A	5	4	20	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25
B	4	3	12	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16
C	4	2	8	2	8	2	8	3	12	3	12	4	16
D	4	4	16	2	8	2	8	4	16	4	16	4	16
E	4	4	16	2	8	2	8	3	12	3	12	4	16
F	3	3	9	4	12	2	6	2	6	2	6	3	9
G	5	2	10	2	10	2	10	2	10	4	20	5	25
H	3	2	6	1	3	1	3	1	3	1	3	4	12
I	4	2	8	1	4	1	4	1	4	1	4	5	20
J	3	4	12	3	9	3	9	1	3	4	12	3	9
TOTAL		117		103		97		107		126		164	

4. Casos de Sucesso

A análise de casos de sucesso na implementação destes dispositivos em contextos clínicos destaca resultados positivos e ressalta a importância de uma adaptação contínua.

Os feedbacks dos utilizadores e os ajustes no design, são extraídos rigorosamente para informar futuros desenvolvimentos

5. Análise do Exoesqueleto

5.1. Análise SWOT

Vamos analisar os exoesqueletos em ‘geral’, utilizando uma ferramenta denominada ‘*Análise SWOT*’. Iremos estudar e analisar os pontos fortes do produto, as fraquezas que ele possui, o que constitui uma ameaça e as oportunidades de melhorar o produto, com o objetivo de tornar o exoesqueleto adequado ao mercado.

5.1.1. Observações

A análise SWOT (Figura 8) revela-nos que o exoesqueleto em geral possui pontos fortes, como suporte físico aprimorado e inovação tecnológica. Esses pontos positivos são contrabalançados por desvantagens, como custos elevados e aceitação social limitada. O ambiente externo representa uma oportunidade, tal como o mercado de reabilitação, mas também possui ameaças, como a concorrência crescente e riscos regulatórios. Em suma, o exoesqueleto, precisa de ser abordado em relação às suas fraquezas enquanto melhora ou mantém as suas forças e aumenta as suas oportunidades, para se manter a competitividade num alto nível e ser cada vez mais inovador no mercado dos exoesqueletos.

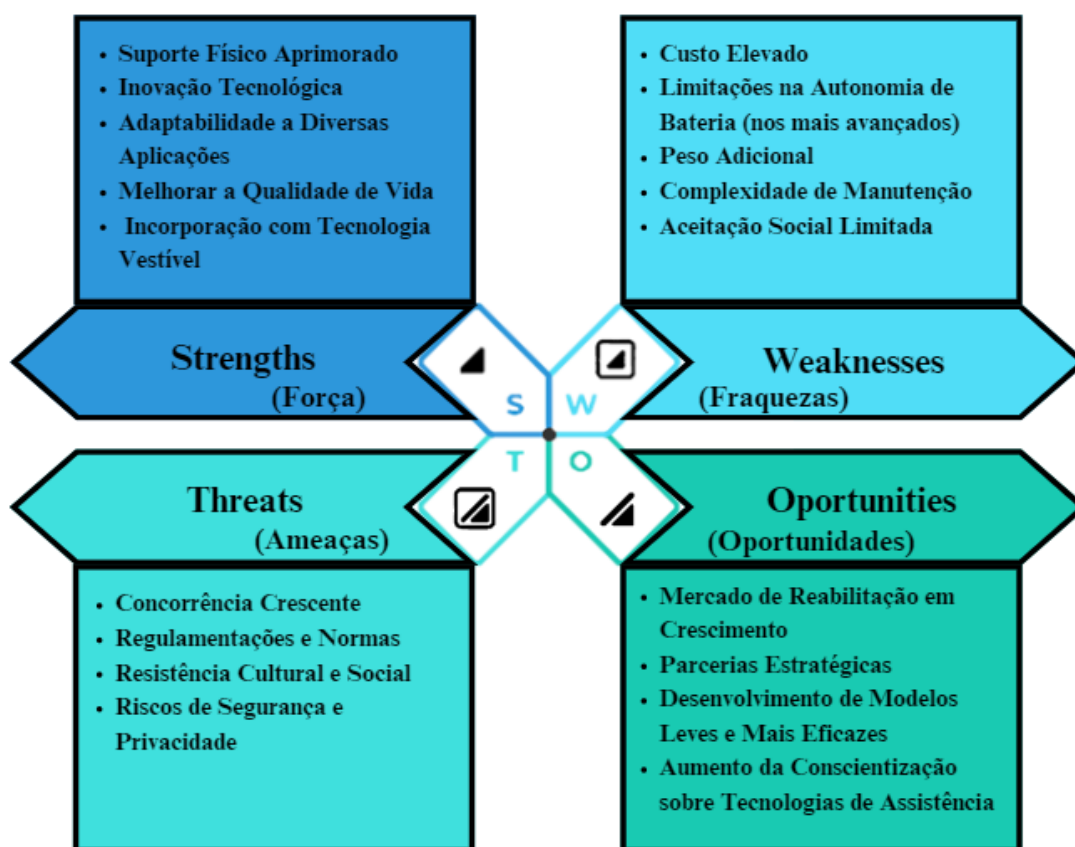


Figura 8 - Análise Swot das patentes

5.2. Diagrama de Mudge

No diagrama de Mudge iremos comparar, os requisitos dos clientes, entre si. Usámos dois métodos para a seleção dos melhores requisitos. O primeiro foi através da nossa avaliação crítica, o segundo método foi através de um questionário a um utilizador, embora este não utilize um exoesqueleto inferior, mas sim uma ortótese (o utilizador possui uma lesão na coluna do L2 ao L5 em que o nervo se encontra afetado). Mesmo não utilizando um exoesqueleto e sim uma ortótese de um membro inferior questionámos quais seriam alguns dos pontos que utilizador gostaria de ver implementado na ortótese, pois poderia ser melhorado no nosso produto.

As necessidades clientes que consideramos mais importante foi:

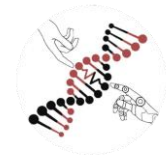
- **A** - Permitir ao utilizador caminhar, correr;
- **B** - Facilitar a execução de atividades diárias;
- **C** - Ajuste confortável;
- **D** - Fácil colocar e remover;
- **E** - Leve;
- **F** - Fácil transporte quando não está a ser utilizado;
- **G** - Sistema de segurança para evitar acidentes ou quedas;
- **H** - Resistência ao cloro e água do mar;
- **I** - Evitar reações alérgicas;
- **J** - Custos.

O nível de importância está demonstrado através de um código de cores

- Muito Importante [5]
- Importante [4]
- Média Importância [3]
- Pouco Importante [2]
- Muito Pouco Importante [1]

Tabela 2 - Diagrama de Mudge

RC	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	A 5	A 5	A 5	A 5	A 5	A 4	A 5	A 5	A 4
B		B 4	B 4	B 3	B 5	B 3	B 5	B 4	B 4
C			C 4	C 2	C 4	C 1	C 3	C 4	C 4
D				D 1	D 4	D 2	D 3	D 2	D 3
E					E 5	E 3	E 3	E 3	E 3
F						F 1	F 2	F 1	F 1
G							G 5	G 4	G 4
H								H 4	H 3
I									I 4
J									



5.2.1. Observações

Através do diagrama de Mudge colocaremos por ordem de importância, os requisitos dos clientes. Somando os números de um a cinco que foram classificados anteriormente na [Tabela 2 - Diagrama de Mudge](#) Tabela 2.

$A (43) > G (35) > B (33) > E (30) > I (25) > C (25) > J (24) > H (23) > D (20)$

Concluimos assim que **A** (permitir ao utilizador caminhar e correr), **B** (facilitar a execução de atividades diárias) e **G** (sistema de segurança para evitar acidentes ou quedas), são as necessidades mais importantes destas dez que já tinham sido filtradas anteriormente.

5.3. Matriz de Pugh

As necessidades dos clientes serão as mesmas utilizadas no capítulo ‘**Diagrama de Mudge**’. Os exoesqueletos estarão classificados como no capítulo ‘**Exoesqueletos**’. O objetivo desta matriz é compararmos as patentes entre si, de acordo com as necessidades do cliente. No final iremos obter as somas de cada produto e ver qual a melhor opção.

As necessidades clientes que consideramos mais importante foi:

- **A** - Permitir ao utilizador caminhar, correr;
- **B** - Facilitar a execução de atividades diárias;
- **C** - Ajuste confortável;
- **D** - Fácil colocar e remover;
- **E** - Leve;
- **F** - Fácil transporte quando não está a ser utilizado;
- **G** - Sistema de segurança para evitar acidentes ou quedas;
- **H** - Resistência ao cloro e água do mar;
- **I** - Evitar reações alérgicas;
- **J** - Custos.

Os exoesqueletos estão classificados de 1 a 6:

1. Patente **CN105943316**
2. Patente **DE102016212863A1**
3. Patente **US20220354729A1**
4. Patente **WO2006113520A2**
5. Patente **US20060260620A1**
6. Solução

5.3.1. Observações

Através da matriz de Pugh ([Tabela 3 - Matriz de Pugh](#)) podemos comparar vários produtos a uma referência, em relação aos requisitos do cliente, que neste caso é a nossa solução. O que podemos observar foi que não houve nenhum capaz de superar a nossa solução.

Tabela 3 - Matriz de Pugh

Requisitos	1	2	3	4	5	6 (benchmark)
A	-	=	=	=	=	=
B	-	=	=	=	=	=
C	--	--	--	-	-	=
D	=	--	--	=	=	=
E	=	--	--	-	-	=
F	=	+	-	-	-	=
G	--	--	--	--	-	=
H	--	--	--	--	--	=
I	--	--	--	--	--	=
J	+	=	=	-	+	=

5.4. Casa da Qualidade

Este método possui vários objetivos. Comparar requisitos do cliente com os requisitos do produto, comparar requisitos dos clientes e do produto com os seis exoesqueletos escolhidos, e fazer uma correlação entre requisitos do produto. As necessidades serão as mesmas utilizadas no capítulo ‘**Diagrama de Mudge**’. Os exoesqueletos estarão classificados como no capítulo ‘**Exoesqueletos**’.

As necessidades clientes que consideramos mais importante foi:

- **A** - Permitir ao utilizador caminhar, correr;
- **B** - Facilitar a execução de atividades diárias;
- **C** - Ajuste confortável;
- **D** - Fácil colocar e remover;
- **E** - Leve;
- **F** - Fácil transporte quando não está a ser utilizado;
- **G** - Sistema de segurança para evitar acidentes ou quedas;
- **H** - Resistência ao cloro e água do mar;
- **I** - Evitar reações alérgicas;
- **J** - Custos.

Já os requisitos do produto irão ser:

- **A1** - Suporte físico eficaz;
- **B1** - Resistente a condições adversas;
- **C1** - Materiais de alta qualidade e durabilidade;
- **D1** - Materiais hipoalergénicos;
- **E1** - Design;
- **F1** - Compatibilidade com o Vestuário;
- **G1** - Menos Peso;
- **H1** - Ângulos de flexão e extensão ajustáveis;
- **I1** - Fácil reparação ou substituição.

Os exoesqueletos estão classificados de 1 a 6:

1. Patente **CN105943316**
2. Patente **DE102016212863A1**
3. Patente **US20220354729A1**
4. Patente **WO2006113520A2**
5. Patente **US20060260620A1**
6. Solução

5.4.1. Observações

Na [Tabela 5 - Casa da qualidade parte 2](#) Erro! A origem da referência não foi encontrada. podemos ver a comparação entre requisitos do cliente e do produto, e entre os requisitos e os vários exoesqueletos.

Na [Tabela 4 - Casa da Qualidade parte 1](#) podemos ver uma matriz de correlação (compara coeficientes de conexão entre elementos) entre requisitos do produto, em que o ‘-,X,Y’ mostram a força da relação entre eles.

Tabela 4 - Casa da Qualidade parte 1

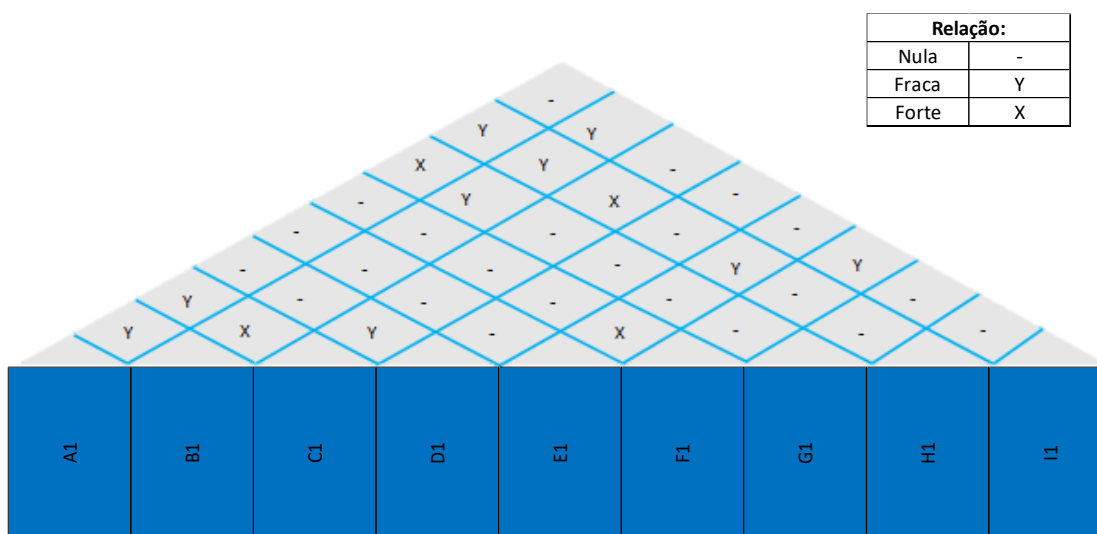


Tabela 5 - Casa da qualidade parte 2

Requisitos Produto / cliente	Importância	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	Benchmark Competitivo	1	2	3	4	5	6
A	5	3	1	2	3	1	-	2	3	-		2	3	3	3	3	3
B	4	3	-	2	3	-	-	2	2	-		1	2	2	2	2	2
C	4	-	-	-	1	-	2	2	-	-		-	1	-	1	1	2
D	4	-	-	-	-	2	-	3	-	2		2	1	-	2	2	2
E	4	-	-	2	-	-	-	3	-	-		2	1	-	1	1	2
F	3	-	-	1	-	2	-	3	-	-		1	2	-	-	-	1
G	5	-	-	-	-	2	-	2	3	-		-	1	3	1	1	3
H	3	-	3	3	2	1	-	2	1	-		-	-	-	-	-	2
I	4	-	-	2	3	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	3
J	3	2	2	3	2	1	1	2	1	2		3	2	2	1	3	2
	Importância	5	4	4	4	3	3	4	4	3							
	Quantificação dos requisitos do produto																
	1	2	1	1	-	1	2	2	-	-							
	2	2	-	2	-	1	2	2	1	-							
	3	3	1	3	2	1	-	-	3	-							
	4	2	1	1	-	1	-	1	-	-							
	5	3	1	3	1	2	2	2	1	-							
	6	3	1	3	3	2	2	2	3	2							



6. Viabilidade

A viabilidade é uma análise que engloba diversos aspetos desde os avanços tecnológicos, até a aceitação social e questões económicas. Os fatores chave que influenciam a viabilidade são a eficácia clínica, segurança e confiança, adaptação e aceitação do utilizador, custo de benefício, aprovações regulatórias, sustentabilidade financeira, integração na prática clínica, impacto social e psicológico e desenvolvimento tecnológico contínuo.

A nossa solução de exoesqueleto não só permite que o utilizador desfrute melhor o seu dia a dia, com a maior confortabilidade possível. Usando também os materiais de alta qualidade, durabilidade e mais leves, anti alergénicos e resistentes ao cloro e água salgada.

Consideramos que seja um produto excelente que poderá vir a ter um bom preço e que será útil, no dia a dia de pessoas debilitadas e nos hospitais.

7. Solução

Ao fim de algum tempo de reflexão e de muitas ideias. Decidimos que iríamos fazer algumas alterações a nível estrutural com o auxílio do programa *'FUSION 360'*. Algumas das nossas ideias passaram por alterar o design, a zona da articulação do joelho para uma articulação angular ajustável, modificar a zona da anca e a parte superior com vista a ficar mais confortável.

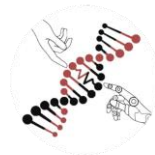
Não temos a certeza se iremos conseguir fazer todas estas ideias, mas este é o nosso objetivo.

8. Considerações Finais

A análise pormenorizada dos exoesqueletos revela um horizonte promissor para o campo da saúde e tecnologia. Ao analisarmos os fundamentos tecnológicos, desafios éticos e sociais, bem como as aplicações médicas destes dispositivos, torna-se evidente que os exoesqueletos representam não apenas uma inovação técnica notável, mas também uma resposta eficaz a diversas necessidades clínicas. A capacidade destes sistemas biomecânicos de ampliar a força humana, auxiliar na reabilitação e oferecer suporte a pessoas com deficiência promete transformar significativamente a abordagem tradicional da medicina.

Contudo, diante dessas promissoras perspectivas, a análise também destaca a importância de abordagens éticas sólidas, garantindo o consentimento informado, a privacidade do utilizador e uma distribuição uniforme dessas tecnologias inovadoras.

Como a pesquisa e o desenvolvimento continuam, é imperativo um compromisso com a evolução constante tanto nas capacidades técnicas quanto nas considerações éticas, assegurando que os exoesqueletos não apenas alcancem seu potencial máximo, mas o façam de maneira ética, inclusiva e benéfica para a sociedade como um todo.



9. Referências

- <https://www.iberdrola.com/inovacao/o-que-sao-exoesqueletos>
- <https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/exoesqueletos-roboticos-que-ayudan-al-cerebro-caminar>
- <https://www.cyberhs.eu/>
- <https://www.festool.es/campanas/paginas-informativa/exoesqueleto>
- <https://www.orliman.com/exoesqueletos-robots-llega-la-tecnologia-del-futuro/>
- <https://www.idr.pt/exoesqueletos/>