

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Rita Cunha Cruz

DESIGN E ENGENHARIA DE PRODUTO PARA O FABRICO ADITIVO DE ORTÓTESES

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia do Produto

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professor Doutor António José Vilela Pontes

**Professor Doutor Álvaro Miguel do Céu
Gramaxo Oliveira Sampaio**

junho de 2023

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-Compartilhagual
CC BY-SA

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Agradecimentos

Começo por agradecer aos meus orientadores, professor António Pontes e professor Álvaro Sampaio, por todo o auxílio prestado durante o desenvolvimento desta dissertação.

A todos os meus amigos, não só àqueles que fizeram este percurso comigo durante 6 anos, mas também àqueles que assistiram a esta jornada na primeira fila. Obrigada pelo vosso apoio, companheirismo e amizade, e por me terem dado uma palavra amiga nos momentos que precisei.

Agradeço ao meu namorado, que me acompanhou do início ao fim deste percurso, e que muitas vezes foi o meu porto seguro. Obrigada por me teres ajudado com o que estava ao teu alcance e por tantas vezes me mostrares que eu também era capaz.

Um grande obrigado à minha família, em especial aos meus pais e à avó Dida, que permitiram que tudo isto fosse possível, e que me incentivaram sempre a ir até ao fim.

Por fim, e não menos importante, um obrigado à minha família do coração, aos meus protetores, e àqueles que nunca me deixam sozinha, por me fazerem acreditar em mim e me darem forças todos os dias.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Assinado por: **Rita Cunha Cruz**
Num. de Identificação: 30073295
Data: 2023.09.26 22:21:05+01'00'

Rita Cunha Cruz

Resumo

A presente dissertação, com o tema “Design e engenharia de produto para o fabrico aditivo de ortóteses”, propõe o desenvolvimento de uma ortótese para produção em fabrico aditivo. Visa explorar as vantagens dessa tecnologia na indústria dos produtos ortopédicos, sendo que o tipo ortótese selecionada para desenvolvimento foi o colete para tratamento de escoliose, em adolescentes. Esta seleção dá-se após investigação sobre os tipos de ortóteses existentes, as suas finalidades, e que tipos de problemas existem nesta área.

A criação de um colete para o tratamento de escoliose em adolescentes surge com o objetivo de melhorar não só a qualidade de vida destes jovens, que utilizam esta ortótese diariamente, num tratamento a longo prazo, mas também para otimizar a produção deste tipo de ortótese que, em Portugal, se demonstra ser uma produção antiquada, com pouco fluxo de produção para a quantidade necessária, e que não permite inovação no tipo de peças que são produzidas.

Por esses motivos, é desenvolvido um novo colete para tratamento de escoliose em fabrico aditivo, que soluciona vários pontos a nível de produção e de utilização. O desenvolvimento inicia-se com a colaboração de uma clínica de fisioterapia especializada em tratamento de escoliose com colete ortopédico, da análise de um caso real de uma utente com escoliose, e da recolha de dados de vários utilizadores de colete para escoliose.

A ortótese é desenvolvida com base na informação recolhida com os profissionais de saúde e utilizadores, que ditam os requisitos gerais a que o produto deverá responder, enquanto que a sua estrutura é concebida de acordo com o caso específico da utente selecionada inicialmente. Após todo o desenvolvimento, é produzido um protótipo que será testado por essa mesma utente, de maneira a que haja um *feedback* por parte do utilizador.

Por fim, é realizada uma comparação, com vários pontos de avaliação, entre os dois coletes e também entre os dois métodos de produção, que dita os pontos positivos e negativos que ambos.

Palavras-chave: Conforto; Fabrico aditivo; Inovação; Ortótese

Abstract

This thesis, with the theme “Design and product engineering for the additive manufacture of orthoses”, proposes the development of an orthosis for additive manufacturing. It aims at exploring the advantages of this manufacturing method in the orthopaedic products industry. The selected orthosis type for development is a brace for treating scoliosis in teenagers. This selection follows extensive research into existing orthoses, their purposes, and the challenges within this field.

The development of a brace for treating scoliosis in adolescents aims at improving the quality of life for these individuals who require long-term treatment. Furthermore, it aims to optimize the production process of this type of orthosis, which currently lacks innovation and efficient production flow in Portugal.

To address these issues, a new vest was designed for the treatment of scoliosis using additive manufacturing. This innovative approach tackles various challenges associated with production and usage. The development process involves collaboration with a specialized physiotherapy clinic, analysis of a real scoliosis case, and data collection from multiple users of scoliosis braces.

The orthosis is designed based on input from health professionals and users, who provide general requirements for the product. The structure is tailored to the specific needs of the initially selected user. After the completion of the entire development process, a prototype is manufactured, which will undergo testing by the same user, in order to gather feedback from the user.

Finally, a comparison is carried out, considering several evaluation aspects between the two vests as well as between the two production methods. This evaluation helps identify the strengths and weaknesses of each approach.

Keywords: Comfort; Additive manufacturing; Innovation; Orthosis.

Índice

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	10
1.1 Introdução.....	10
1.2 Objetivos gerais.....	10
1.3 Metodologia	11
CAPÍTULO 2 - ORTÓTESES	12
2.1 Conceito de ortótese	12
2.2 Classificação de ortóteses.....	12
2.3 Estatísticas de lesões e indicações de ortótese	13
CAPÍTULO 3 – ORTÓTESES DE TRONCO	15
3.1 Utilidade das ortóteses de tronco.....	15
3.2 Lesões de tronco – Curvaturas vertebrais	15
3.2.1 Escoliose.....	17
3.4. Tratamento de AIS com ortótese	19
3.4.1 Processo de indicação de tratamento.....	19
3.4.2 Tipos de ortótese para AIS	20
3.4.3 Colete Boston.....	21
3.4.4 Colete Charleston.....	23
3.4.5 Colete Providence	25
3.4.6. Instruções de uso para coletes de escoliose	26
CAPÍTULO 4 – TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO	27
4.1 Fabrico Aditivo	27
4.1.2 Processos de Fabrico Aditivo	27
4.2 Fabrico aditivo em ortóteses	31
4.2.1 Coletes ortopédicos em Fabrico Aditivo	31
4.4.2 Polímeros adequados à produção de ortóteses em F.A.	35

CAPÍTULO 5 – DESENVOLVIMENTO	37
5.1 Recolha de dados.....	37
5.1.1 Estabelecimentos e Projetos.....	37
5.1.2 Contacto com clínica	39
5.2 Questionário e respetiva análise.....	39
5.3 Requisitos	43
5.4 Seleção de material e tecnologia	44
5.5 Desenvolvimento.....	45
5.5.1 Levantamento de informação sobre o utente	47
5.5.2 Estrutura base da ortótese.....	50
5.5.3 Ajustabilidade do colete.....	59
5.5.4 Respirabilidade da ortótese	67
5.5.5. Protótipo Final.....	74
5.6 Validação Final	75
5.7 Metodologia de criação da ortótese	78
5.8 Comparação com metodologia comum	81
5.8.1 Contextualização de processo de produção	81
5.8.2 Comparação entre metodologias.....	81
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES FINAIS	85
6.1 Conclusões relativas à metodologia.....	85
6.2 Conclusões relativas ao produto final	86
6.3 Conclusão final	87
BIBLIOGRAFIA	88
ANEXOS.....	93

Índice de figuras

Figura 1 - Double Diamond Model Expanded (Stubbs, 2018)	12
Figura 2 – Imagem explicativa das partes constituintes da coluna vertebral humana (Oliveira, 2021)	16
Figura 3 – Radiografia de coluna de um paciente com escoliose (Tsaknakis et al., 2020).....	17
Figura 4 - Manobra Adams (Oliveira, 2011)	18
Figura 5 - Gráfico de relação entre horas do dia e produção de hormonas de crescimento num ser humano.....	20
Figura 6 - Paciente com colete de Milwaukee (Myers et al, 1970)	21
Figura 7 - Colete Boston - (Allard Uk, 2013)	22
Figura 8 - Colete Charleston (Grivas et al., 2008)	24
Figura 9 - Colete Providence - Catálogo de Produtos Spinal Technology, Inc.....	25
Figura 10 - Exos Armor (Exos, 2020).....	32
Figura 11 - Bright Smart Scoliosis Brace	33
Figura 12 - Colete CreaMed (Orthopedic corset, 2021)	34
Figura 13 - Bespoke Brace (Hill, 2014)	34
Figura 14 - Colete pessoal da utente "Carolina"	50
Figura 15 - Cópia impressa em fabrico aditivo do colete da utente	51
Figura 16 – Esquema ilustrativo das zonas de desconforto do colete	52
Figura 17 – Montagem de imagens relativas aos esboços de todos os conceitos.....	53
Figura 18 - Radiografia da curvatura da utente com esquema de indicação de forças.....	55
Figura 19 - Refinamento do conceito para alteração da estrutura	56
Figura 20 - Vista lateral, frontal e traseira do scan 3D da utente	57
Figura 21 - Comando de construção do colete – Comando Loft	57
Figura 22 - Estruturação do colete à volta do scan do corpo	58
Figura 23 - Sobreposições virtuais da peça no tronco	58
Figura 24 - Recortes da estrutura através de Cut Extrude e Fillets	58
Figura 25 - Almofadas interiores do colete da utente	59
Figura 26 - Imagem ilustrativa relativa à possibilidade de choque do material	60
Figura 27 – Desenvolvimento do conceito para o problema 1	61
Figura 28 - Desenvolvimento do conceito para o problema 2	62
Figura 29 – Peça de encaixe e área de contacto entre peça e colete.....	63

Figura 30 – Modelação do encaixe snapfit.....	64
Figura 31 - Modelação da peça interior no colete.....	64
Figura 32 - Primeiro teste da peça de ajuste.....	66
Figura 33 - Segundo teste da peça de ajuste	66
Figura 34 - Indicação das curvas laterais do colete	67
Figura 35 - Modelação do padrão em rede	68
Figura 36 - Padrão amendoim em modelação	69
Figura 37 – Fivela com botão.....	69
Figura 38 – Esquema de funcionamento do sistema	69
Figura 39 - Estudos de padrões com triângulo equilátero	70
Figura 40 - Demonstração do comando Wrap -projeção do padrão na peça	71
Figura 41 - Colete com todas as aberturas para respirabilidade	71
Figura 42 - Encaixe triangular snapfit	72
Figura 43 - Teste de espessura com duas zonas do colete.....	72
Figura 44 - Peça flexionada quando é exercida força, à esquerda e peça voltando ao seu estado normal, sem flexão, à direita	73
Figura 45 - Assembly do colete com as peças de encaixe	74
Figura 46 - Protótipo final.....	75
Figura 47 - Sequência de fotos relativa à colocação do colete por parte da utente	76
Figura 48 - Utente a utilizar o colete em fabrico aditivo	78
Figura 49 - Processo de produção de colete tradicional	81

Índice de tabelas

Tabela 1 - Comparação entre metodologia de produção comum e metodologia de criação em fabrico aditivo	82
--	----

CAPÍTULO 1 – Introdução

1.1 Introdução

A presente dissertação consiste no desenvolvimento de conceitos de ortóteses para produção em fabrico aditivo e visa explorar as vantagens desse método de produção na indústria dos produtos médicos, nomeadamente produtos ortopédicos. Esta dissertação é desenvolvida no DONE Lab, laboratório de suporte ao desenvolvimento de novos produtos localizado na Universidade do Minho, campus de Azurém.

Numa primeira fase, compreende-se que é importante investigar o mercado de ortóteses, de forma a entender qual a finalidade desse tipo de produto, a sua diversidade, assim como quais os problemas que existem ou que possam surgir na utilização dos mesmos. Essa pesquisa parte, então, da investigação de tipos de ortóteses comercializados, prescrições médicas recorrentes, processos de tratamento, análise e recolha de dados de utilizadores e ainda processos de produção.

Dessa forma, entender-se-á em que aspetos o fabrico aditivo poderá revelar-se vantajoso, não só a nível de concessão de produto, mas também na resolução de problemas a nível estrutural e funcional de uma ortótese.

1.2 Objetivos gerais

O principal objetivo desta dissertação é comprovar que a implementação do fabrico aditivo na criação de ortóteses é algo benéfico e necessário, para que cada vez mais esse processo de fabrico seja utilizado.

Dentro desse ponto principal, pode considerar-se que existem outros objetivos a nível de projeto, que passam pela criação de um produto inovador, que se diferencie dos restantes existentes no mercado, e, principalmente, um produto que passe a ser considerado indispensável por ser a melhor solução para um determinado problema.

Por fim, como objetivo final, esta dissertação também visa a exploração de novas técnicas, materiais, conceitos, etc., que possam ser utilizadas e/ou adaptadas noutros ramos da saúde, como por exemplo no mercado de próteses ou implantes.

1.3 Metodologia

A metodologia utilizada na execução deste projeto será a “Double Diamond”. Denominado com o respetivo nome pela organização *Design Council* (2003), a metodologia do Diamante duplo consiste na organização do processo criativo em quatro fases distintas, que se baseiam na divergência de ideias e, posteriormente, na reunião das mesmas (figura 1).

Sendo assim, na primeira fase do processo é necessário existir uma divergência de ideias que, neste caso, se concentra na pesquisa e recolha de informações sobre o tema desta dissertação. Nesta fase é importante recolher informação sobre o que é uma ortótese, o que existe no mercado, que problemas estão associados a este tipo de produtos, quais os especialistas que são colaboradores nesta área, públicos-alvo predominantes, dados científicos e estudos realizados, de forma a reter o máximo de informação e conhecimento possível relativamente ao tema.

Posto isto, após toda a busca de informação, inicia-se uma fase de reunião de ideias, que é a segunda fase do processo. É necessário obter uma conclusão ou, mais precisamente, encontrar o principal problema a ser resolvido. Nesta fase, o principal objetivo será definir um foco que, neste caso, poderá ser um grupo de ortóteses a ser melhorado, a própria técnica de produção de ortótese que deverá ser alterada, ou até mesmo um determinado público-alvo que necessite de um novo produto ortóptico. Existem variadíssimas opções, mas apenas uma dela será o ponto principal do projeto, o problema que terá de ser solucionado e que apenas poderá ser determinado após uma boa execução da primeira fase.

Estando o principal ponto do projeto definido é possível, então, partir para a terceira fase da metodologia. Desta vez, é retomada a divergência de ideias, mas, agora, em relação ao problema que foi definido na segunda fase. Nesta fase é necessário explorar vários conceitos e possibilidades que possam resolver o problema, através de pesquisa, esboços de conceitos, exploração de formas, e realização de testes (produção de protótipos).

Por último, na quarta e última fase, volta a existir uma convergência da fase anterior, que irá dar origem à escolha do produto final. Deverá existir uma seleção entre todos os conceitos explorados na terceira fase, para que haja uma solução final. Esta deverá responder às questões do problema que é selecionado na segunda fase, para que o projeto será coerente e bem executado.

Finalmente, com a solução final selecionada, todo o trabalho final deverá ser focado na otimização do produto final, existindo ainda a realização de um protótipo (British Design Council, 2005).

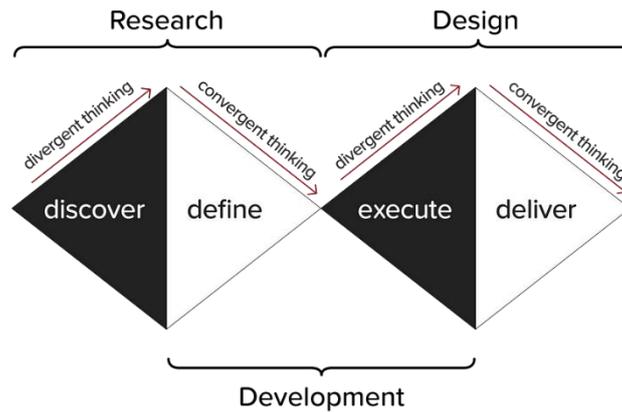


Figura 1 - Double Diamond Model Expanded (Stubbs, 2018)

CAPÍTULO 2 - Ortóteses

2.1 Conceito de ortótese

Num primeiro enquadramento é necessário conhecer o conceito de ortótese. Este poderá ser, por vezes, confundido com a prótese, mas as ortóteses têm como principal objetivo compensar, não substituindo, a estrutura biológica de uma determinada parte do corpo humano, ao contrário das próteses (Jin et al, 2015). Podem ter como funções principais o suporte, o alinhamento, a imobilização, a estabilização, a prevenção e a proteção. A ortótese suporta e/ou modifica características estruturais ou funcionais do corpo (Veríssimo, 2019). Por exemplo, uma ortótese poderá manter ou corrigir o alinhamento de um segmento corporal (e.g., como um osso fraturado), minimizar riscos de deformidades, auxiliar os movimentos de articulação de marcha ou até mesmo amenizar as dores de um pós-operatório (Clement, 2021). Estes são apenas alguns exemplos de como uma ortótese pode atuar no corpo humano.

2.2 Classificação de ortóteses

O mercado de ortóteses é um mercado bastante vasto e diversificado, pelo simples facto de existirem várias funções de desempenho possíveis, conforme o tipo de problema que surge, mas também pela grande quantidade de partes do corpo humano que podem perfeitamente necessitar de algum tipo de ortótese para um determinado tratamento. Nesse sentido, este mercado pode ser dividido em três grandes grupos principais - ortóteses de membros superiores, ortóteses de membros inferiores, ortóteses

de tronco/espinha – sendo que cada um destes grupos incluem qualquer segmento (e.g., músculo, osso, tendão) que se encontre nessa região do corpo (Plott et al, 2015).

Existem ainda outros tipos de classificação de ortóteses. Como por exemplo, segundo Schwartz (2020), pode haver divisão entre duas categorias: ortóteses para imobilização, que exercem uma força estática numa determinada zona do corpo, e ortóteses para mobilização, que são constituídas por peças móveis que permitem ajustar a ortótese de acordo com o tipo de tratamento e finalidade. Outra classificação possível, segundo Wilkinson (2019), é a classificação como ortóteses articulares e não articulares. As primeiras, ortóteses articulares, são mais comuns que as segundas, pois são o tipo de ortótese que abrange uma ou mais articulações. Pelo contrário, as ortóteses não articulares, tal como o nome indica, não cruzam nenhuma articulação.

Por fim, pode haver a distinção de ortóteses personalizadas e ortóteses padrão, sendo que a principal diferença entre ambos os tipos é que as ortóteses personalizadas são fabricadas de forma ajustada ao corpo do paciente, acabando por demonstrar um melhor desempenho do que as ortóteses padrão, que são fabricadas já prontas para o uso de qualquer paciente (Gonçalves & Pereira, 2019).

2.3 Estatísticas de lesões e indicações de ortótese

Segundo um estudo da *American Academy of orthotics and prosthetics* (2015), o número de receitas de ortóteses, de 1995 a 2020, aumentaram aproximadamente de 5,6 milhões para 7,3 milhões, concluindo que cada vez mais existe a necessidade da utilização de ortóteses devido a alguns aspetos da sociedade que se vão alterando como o aumento do uso de aparelhos eletrónicos, principalmente em idades mais jovens, o envelhecimento gradual da população e também os acidentes automobilísticos.

No entanto, existem tipos de ortóteses mais receitados do que outros, devido a lesões que acontecem de forma mais regular. De acordo com uma revisão de Jin, Plott, et al. (2015), foi realizada uma análise com a University of Michigan Orthotics and Prosthetics Center (UMOPC) relativa à quantidade média de fabricação de ortóteses e próteses durante um ano letivo. Entre O&P fabricadas na UMOPC, 63% são ortóteses de pé, 25% ortóteses de tornozelo-pé, 3.6% ortóteses lombares e 8.4% outras. Considera-se, então, o grupo das ortóteses de membros inferiores, neste caso de pé (FO) e tornozelo-pé (AFO), o grupo de utilização mais comum.

Relativamente às lesões musculoesqueléticas, verificou-se que, segundo Neves e Serranheira (2014), num artigo da *Revista portuguesa de saúde pública*, uma das maiores causas de absentismo profissional são as lesões musculoesqueléticas da coluna lombar, que constituem 0,8 milhões de DALY's¹ (Disability Adjusted Life Years). Nesse sentido, os problemas lombares e de coluna são lesões frequentes e que têm impacto na vida de um indivíduo, principalmente a nível profissional. Estas lesões derivam não só de má postura, proveniente das profissões e dispositivos modernos, em que a posição sentada e a projeção da cabeça pela necessidade de foco visual acontecem constantemente, mas também podem ter origem em lesões que surgem na idade infantil e da adolescência que não são tratados ou mesmo diagnosticados nessa mesma altura (Souchart, 2016).

¹ Um DALY significa um ano de vida saudável perdido, e incorpora conceitos de falecimento prematuro e anos vividos com incapacidade ((World Health Organization, 2020).

CAPÍTULO 3 – Ortóteses de tronco

3.1 Utilidade das ortóteses de tronco

Após a verificação dos dados anteriormente vistos, relativamente ao facto das lesões na coluna constituírem uma das maiores causas de absentismo profissional, foram analisadas, de forma mais aprofundada, as ortóteses de tronco.

Também conhecidas como coletes ortopédicos, as ortóteses de tronco podem ser utilizadas para vários tratamentos. Estes tratamentos surgem em casos de lesões neurológicas, por exemplo Acidentes Vasculares Cerebrais, em que o colete é utilizado como estabilizador do tronco, ou em pós-operatórios, de forma a minimizar os movimentos (Marcon, 2021). Relativamente ao tratamento de fraturas no tronco, segundo Lusa (2021), não é certo que os coletes ortopédicos tenham vantagens no tratamento de recuperação da fratura, no entanto estes ainda poderão ser utilizados para tal pois também não acarretam desvantagens no seu uso.

O tratamento conservador também requer, várias vezes, o uso de ortótese. São tratamentos fisioterapêuticos para estabilizar a coluna em caso de deformações da mesma, sendo que existem doenças concretas associadas a esses diagnósticos que são a escoliose, hiperlordose e hipercifose. Este é o tipo de tratamento, comparativamente com os anteriormente vistos, em que mais se verifica o uso de colete (Gotfryd, 2021).

3.2 Lesões de tronco – Curvaturas vertebrais

A coluna vertebral de uma pessoa adulta deve apresentar, normalmente, quatro curvaturas, que são elas as cifoses (curvas primárias) que se formam primeiro e as lordoses (curvas secundárias) que são quebras angulares das cifoses, pois formam-se conforme os movimentos que o ser humano vai exercendo ao longo do seu crescimento (Meirelles, 2008).

Segundo Marks (2021), numa coluna vertebral saudável, estas curvas apresentam ângulos de curvatura suaves, quando vistas pela lateral. Já quando a coluna é vista num plano frontal, esta deve apresentar um alinhamento reto, alinhado ao centro das costas. Quando existem anormalidades na coluna, as suas curvas apresentam desalinhamentos ou exageros nos ângulos de curvatura, e é quando ocorrem casos de hipercifose, hiperlordose ou escoliose (Tomonori, 2021).

A hipercifose trata-se de uma anormalidade na parte superior da coluna vertebral (cifose torácica – figura 2), que apresenta uma curvatura muito acentuada para fora, normalmente com um ângulo de Cobb - medição de magnitude utilizada para curvaturas da coluna (Wang et al., 2018) - superior a 50 graus. Pode ser causada por questões de má postura, por vértebras anormais ou também por osteoporose, que se demonstra ser a causa mais comum, pelo facto de as vértebras serem mais suscetíveis à deterioração (Hudson, 2017).



Figura 2 – Imagem explicativa das partes constituintes da coluna vertebral humana (Oliveira, 2021)

Já no caso da hiperlordose, ao contrário da hipercifose, a anomalia da curva encontra-se normalmente na zona inferior (lordose lombar – figura 2), apresentando uma curvatura acentuada para dentro, aparentando que o indivíduo está numa posição inclinada para trás (Erickson, 2019).

Por fim, a escoliose, é uma deformidade que se trata de uma inclinação lateral da espinha dorsal (figura 3). Segundo a American Association of Neurological Surgeons (2013), 80% dos casos de escoliose não apresentam uma causa identificável. É uma deformidade frequentemente diagnosticada durante os primeiros 7 anos de vida e, as poucas vezes em que pode ser identificada a sua origem, esta pode variar entre defeitos de nascença, anormalidades neurológicas e também condições genéticas (Woggon & Woggon, 2015).

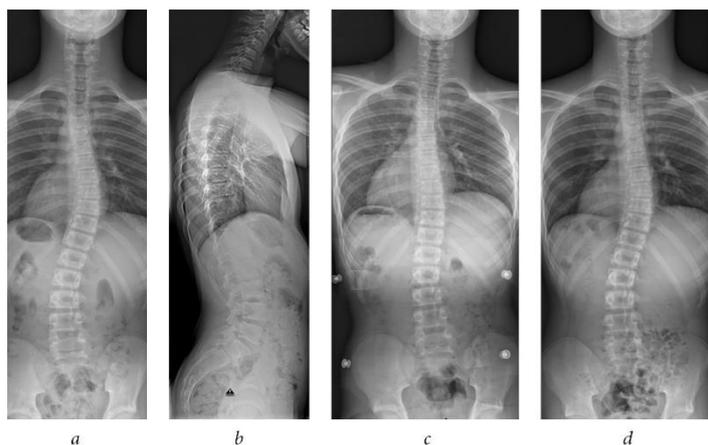


Figura 3 – Radiografia de coluna de um paciente com escoliose (Tsaknakis et al, 2020)

3.2.1 Escoliose

Perante as três deformidades relatadas anteriormente, a escoliose é a que apresenta ser mais complexa, e cujo seu tratamento requer mais vezes a utilização de ortótese e, em casos mais graves, correção cirúrgica. Não só afeta a coluna vertebral como também cria alterações no tronco e noutras partes do corpo (Oliveira, 2011).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, cerca de 2 a 4% da população mundial é afetada por esta doença, sendo que em Portugal afeta aproximadamente 2 em cada 100 pessoas (Mineiro, 2020).

Existem vários tipos de escoliose: escoliose congénita, escoliose de início precoce, escoliose degenerativa, escoliose neuromuscular e escoliose idiopática do adolescente (AIS). Esta última, a AIS, é a forma mais comum da condição de escoliose e afeta cerca de 4 em cada 100 crianças e adolescentes entre os 10 e os 18 anos (Stitzel, 2021).

Escoliose Idiopática do adolescente

O nome idiopático significa que a origem/causa é desconhecida. Ainda não existe uma teoria comprovada que indique verdadeiramente qual a causa deste tipo de escoliose, e devido à idade em que surge foi classificada como Escoliose Idiopática do Adolescente, sendo a condição de escoliose mais comum (Stitzel, 2021).

No entanto, a escoliose idiopática pode ser classificada de acordo com a idade do momento em que é diagnosticada, sendo denominada como: infantil – quando o diagnóstico é feito até aos 3 anos; juvenil – sendo entre os 4 e os 9 anos; e adolescente – entre as idades dos 10 aos 18 anos, que é a altura em que são visíveis mais sintomas, devido à sua progressão (Mineiro, 2020). O grande momento dessa progressão ocorre na altura do início da puberdade, e está associado ao crescimento repentino que acontece nessa fase da vida. Existem alguns aspetos que influenciam o avanço no tratamento da curvatura, como a presença de uma dupla curva, um diagnóstico precoce, um diagnóstico antes da primeira menstruação, e também o facto de o utente ser do sexo feminino, sendo que este é o género mais afetado (Döhnert & Tomasi, 2008).

O diagnóstico que é realizado clinicamente passa pela observação do adolescente em pé e em flexão anterior do tronco, posição denominada como manobra/teste *Adams*, como se pode verificar na figura 4, retirada de um artigo da revista do hospital de crianças Maria Pia - “Nascer e Crescer” (Oliveira, 2011).

Quando não tratada durante o crescimento, esta deformidade demonstra efeitos negativos a longo prazo, pois a progressão da curvatura promove na idade adulta lesões como, por exemplo, dores de costas, comprometimento pulmonar e ainda efeitos psicossociais, associados à deformidade estética significativa e, conseqüentemente, ao sofrimento psicológico. Dessa forma, o tratamento da AIS durante a adolescência tem como principal objetivo prevenir problemas durante a vida adulta (Schiller et al., 2010; Dolan & Weinstein, 2007).



Figura 4 - Manobra Adams (Oliveira, 2011)

3.4. Tratamento de AIS com ortótese

As ortóteses da coluna vertebral são normalmente aplicadas ao redor do corpo com a intenção de alterar o movimento da coluna (Bryce et al., 2008).

Segundo Oliveira (2011), na medicina baseada na evidência, o uso de ortótese para o tratamento da AIS é o único método conservador efetivo. É utilizado não só para corrigir a curva da coluna como também para evitar a sua progressão, evitando assim o tratamento cirúrgico, em escolioses com um ângulo de *Cobb* superior a 25 graus. Oliveira (2011) refere, ainda, que este tratamento acaba por causar efeitos físicos e psicológicos indesejáveis.

3.4.1 Processo de indicação de tratamento

Todo o processo de diagnóstico da escoliose idiopática deve passar por três tipos de profissionais – médico, fisioterapeuta e técnico de fabrico de ortóteses.

A escoliose trata-se de um tipo de deformidade que não causa dor (pelo menos numa fase inicial) mas que cria deformações no tronco visíveis a olho nu e, portanto, na maioria dos casos é uma anormalidade notada pelos pais/encarregados de educação ou pelo pediatra da criança ou jovem.

Sendo assim, o diagnóstico inicial acontece quando é procurada ajuda médica. No caso de a deformidade ser notada por um pediatra, o caso deve ser encaminhado para um especialista - um médico ortopedista, por exemplo. Este profissional deve confirmar a existência de uma escoliose e avaliar o nível de curvatura do utente, de forma a indicar qual o tratamento que deve ser feito. Existem, ainda, os exames complementares de diagnóstico como a manobra/teste *Adams*, vista anteriormente, e os raio-x, que é o tipo de exame em que é possível haver a medição dos ângulos das curvaturas. Quando estas apresentam ângulos de *Cobb* entre 25 e 30 graus (aproximadamente), é indicado pelo profissional de saúde o uso de ortótese. A partir desse ponto, sendo o tratamento com colete ortopédico um tratamento fisioterapêutico, o caso é também encaminhado para um especialista nessa área - fisioterapeutas.

É essencial que haja diálogo entre o médico que indica o tratamento, o fisioterapeuta (ou equipa de fisioterapeutas, por vezes) e ainda o técnico que irá produzir o colete. Deve existir participação dos três profissionais para que a ortótese possa ser o mais eficaz possível em cada caso específico.

Sendo assim, todo o processo desde o diagnóstico até ao final do tratamento deve ser acompanhado pelas três partes, embora seja normal que em determinadas fases possa haver mais acompanhamento de uma das partes.

3.4.2 Tipos de ortótese para AIS

Existem vários tipos de coletes, sendo que uns são utilizados em tempo integral, no caso do colete Boston, ou em tempo parcial (ou noturno), no caso dos coletes Charleston e Providence, por exemplo, sendo que a adesão inicial ao colete, em ambos os casos, apresenta algumas dificuldades (Schiller et al., 2010).

No caso dos aparelhos diurnos, ou em tempo integral, estes normalmente exigem um tempo mínimo de utilização de 16 horas por dia com um valor corretivo mínimo de 50%, enquanto os noturnos requerem um período de 12 horas sendo que, normalmente, os pacientes começam a utilizá-lo poucas horas antes de ir dormir e só o retiraram de manhã, depois do sono (Dovorany, 2021). Apesar de os coletes possuírem tempos de utilização distintos, é muito importante o uso de qualquer ortótese para escoliose durante o período da noite. Isso deve-se à maior quantidade de hormonas de crescimento produzidas durante as horas noturnas. Na figura 5, retirada de uma edição da revista *O&P Almanac*, apresenta-se um gráfico relativo a essa produção de hormonas, onde se pode confirmar uma maior produção hormonal entre as 20 horas e as 6 horas, com especial ênfase no horário entre a meia-noite e as 2 horas.

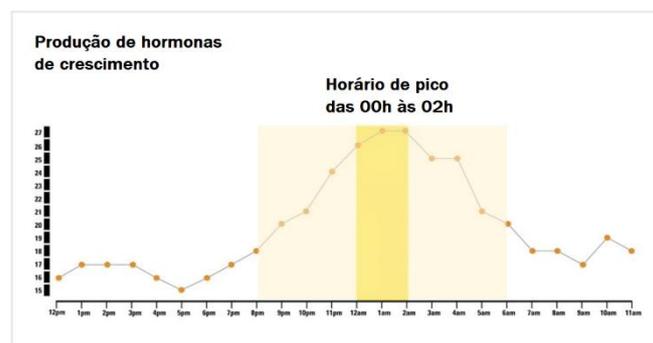


Figura 5 - Gráfico de relação entre horas do dia e produção de hormonas de crescimento num ser humano

Existem alguns fatores que estão relacionados com essa adesão à ortótese de tratamento da AIS. Segundo Rahimi et al. (2020), o sucesso da adesão deste tipo de ortótese provém do tipo de colete que

é receitado, do regime de utilização do colete (diurno/noturno e integral/parcial), da condição psicológica do utente, da sua idade, entre outros aspetos. No entanto, Rahimi et al. (2020) indica que através de estudos realizados com clínicas e utentes que sofrem de AIS é possível constatar que a estrutura da ortótese é o fator mais determinante na adesão da mesma. Os restantes aspetos afetam a conformidade na utilização do colete, e esta pode ser aumentada e moldada se o projeto da ortótese for reanalisado. Sendo assim, à partida a aparência e o conforto dos coletes para tratamento de AIS são uns dos pontos mais importantes no que toca à melhoria na aceitação psicológica.

3.4.3 Colete Boston

O colete Boston é o tipo de modelo de ortótese para escoliose mais utilizado. De acordo com a empresa Allard Support UK Ltd (2013), a anterior *Boston Brace Europe Ltd* (onde são produzidos os originais coletes Boston hoje em dia), este modelo apareceu e tem vindo a evoluir desde 1972. Já nessa altura existiam outros modelos de ortótese para tratamento de escoliose, como por exemplo a ortótese de Milwaukee, sendo que o modelo Boston surge a partir de um caso de um utente, do Hospital Infantil de Boston, que se recusou a usar esse colete já existente, devido à sua superestrutura. A superestrutura era considerada a peça essencial do sistema da ortótese, que abrangia a zona do pescoço, peito e por vezes o maxilar inferior e era fabricada em metal e couro (figura 6).



Figura 6 - Paciente com colete de Milwaukee (Myers et al, 1970)

Após o utente ter recusado a ortótese, a superestrutura foi retirada e a base plástica do modelo sofreu alterações: houve uma leve extensão para que fosse colocada uma almofada abaixo da curvatura, e do lado oposto o modelo foi também estendido até à zona axilar, sendo que dessa forma a utente aceitou o uso do colete.

Posto isso, foi analisado ao longo do tratamento através de radiografias, que essas alterações demonstraram melhores resultados do que o modelo com superestrutura, surgindo então um novo sistema de ortótese para escoliose – Sistema Boston (figura 7).



Figura 7 - Colete Boston - (Allard Uk, 2013)

Segundo o Manual de referência do colete Boston para Escoliose (2013), deve-se considerar que existem várias ortóteses denominadas de colete Boston, mas que essa denominação nem sempre é correta. Embora tenham a mesma forma e propósito, a maioria dessas ortóteses não são “originais de Boston”. Dessa forma, considera-se que exista um “Boston Bracing System” – Sistema de cinta de Boston – sendo que este pode ser utilizado para a produção de ortóteses para escoliose, com diferentes aplicações possíveis.

Assim sendo, foram definidos e descritos no manual de referência os princípios básicos do Sistema de cinta Boston que cada colete baseado no sistema deve seguir para que a ortótese tenha um bom desempenho:

1. **Módulo Simétrico Padronizado:** Este tipo de módulo pré-fabricado é original do Sistema de Cinta Boston, e apresenta vantagens como a economia de tempo, espaço e fabricação para os ortopedistas, e, mais importante ainda, no tratamento de escoliose, sendo um módulo simétrico tende a corrigir a coluna assimétrica naturalmente.
2. **Projeto da cinta:** Permite que o ortopedista ou técnico altere o módulo simétrico padrão para uma ortótese individual personalizada, ou seja, a partir das curvaturas que o paciente apresenta, é desenhada a planta e o colete é ajustado especificamente ao tratamento dessas curvas.

3. **Flexão lombar e pélvica:** Este é um dos principais princípios desde a criação do sistema de cinta Boston, sendo uma parte fundamental do design do colete. A ortótese deve flexionar a coluna lombar e a zona da pelve. A lombar demonstra ser a zona da coluna mais acessível à pressão lateral e de rotação, e quando flexionada causa uma melhora na curvatura lateral e da coluna lombar. Já a zona pélvica em flexão disponibiliza uma base mais estável para a restante estrutura da ortótese.
4. **Correção passiva e ativa:** O colete apresenta maioritariamente uma correção passiva, relativamente às forças que são exercidas pelo mesmo no tronco do utente. No entanto, exercícios de fisioterapia relacionados com o uso do colete já remetem para uma correção ativa. Um exemplo disso são os exercícios de cinta, em que o paciente é ensinado a afastar-se das almofadas e a aproximar o tronco às áreas de alívio enquanto utiliza a ortótese, para que a correção seja mais eficaz e para aliviar possíveis atritos com a pele. É dessa forma que o próprio design da ortótese também remete para a correção ativa.
5. **Pressão da almofada no ápice da curva e abaixo:** A pressão das almofadas deve estar no ápice da curva e abaixo da mesma. Quando a almofada é colocada acima da curva ou centralizada, a pressão acaba por ser transmitida para a vértebra que já está inclinada para o lado oposto.
6. **Alívio oposto a todas as áreas de força:** Em todos os lados opostos a zonas de pressão deve haver uma área de alívio, ou seja, uma abertura, para que o tronco se possa deslocar.

O Sistema de cinta Boston foi evoluindo ao longo do tempo, apesar destes princípios manterem-se praticamente estáveis, sendo esta uma lista de princípios que, aos olhos dos fundadores, pode ser aplicada a praticamente todas as deformidades idiopáticas da escoliose.

3.4.4 Colete Charleston

O colete Charleston é baseado na teoria de flexão lateral. Esse tipo de ortótese surge a partir da premissa de que a causa da escoliose provém do desequilíbrio muscular, acentuado por forças assimétricas. Ralph Hooper e Frederick Reed, em Charleston, Carolina do Sul, foram colaboradores no desenvolvimento inicial de uma ortótese noturna de flexão lateral. É a partir daí que em 1978 surge então o colete Charleston para tratamento da escoliose idiopática do adolescente. Como se verifica na figura 8, esta é uma ortótese rígida, produzida à medida do paciente, e o tratamento passa pelo alongamento

do lado côncavo da curva escoliótica durante o período da noite, daí a sua inclinação propositadamente exagerada para um dos lados (Grivas et al., 2008).

Para além do principal objetivo de tratamento da escoliose do paciente durante a fase de crescimento até atingir a maturidade esquelética, um dos pontos importante do colete Charleston é promover o uso de uma ortótese noturna. Esse regime de utilização acaba por solucionar alguns problemas de autoestima que surgem, muitas vezes, na utilização de ortóteses em tempo integral/diurna na fase da adolescência.

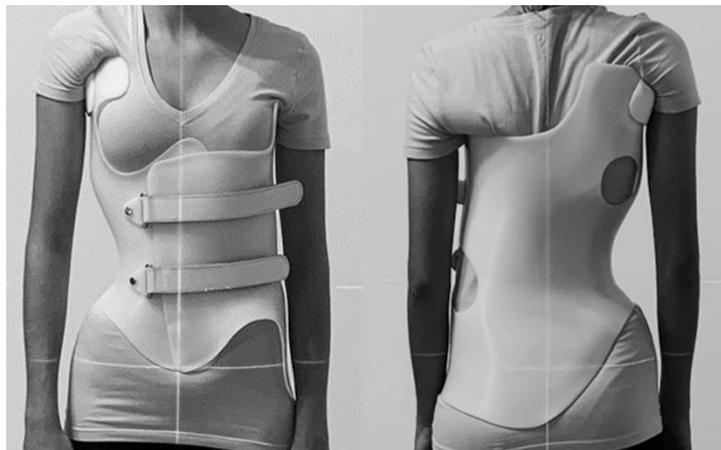


Figura 8 - Colete Charleston (Grivas et al., 2008)

Este sistema de ortótese é denominado como Programa CBB – Charleston Bending Brace, que apresenta algumas vantagens de uso, segundo Hooper et al. (2003):

1. Permite e não restringe o desenvolvimento do músculo-esquelético do paciente durante a fase de crescimento;
2. Permite a prática atlética;
3. Gera menos complicações e menos graves, a nível de ferimentos de pele ou complexos psicológicos, por exemplo;
4. As complicações a longo prazo são menos significantes, visto que o paciente passa mais tempo sem o colete do que com ele;
5. Os resultados podem ser avaliados sem o acompanhamento habitual a longo prazo;
6. A tomada de decisão, relativamente ao sucesso ou fracasso deste programa de tratamento, poderá ser feita mais cedo comparativamente a outros sistemas existentes.

3.4.5 Colete Providence

Tal como descrito anteriormente, outro dos exemplos de ortótese noturna para tratamento de escoliose idiopática do adolescente é o colete Providence. Esta é uma ortótese mais recente comparada às anteriormente apresentadas, desenvolvida em 1992 por Charles d'Amato e Barry McCoy.

Foi então no Hospital Infantil de Rhode Island, na cidade de Providence, que os dois colegas de trabalho criaram uma placa de posicionamento de acrílico que demonstrou resultados consideráveis na correção da curva escoliótica. Ao contrário do sistema Charleston, este sistema não dependia da existência de flexão lateral. A correção da curva era conseguida através da aplicação de forças diretas laterais e de rotação, encaminhando os ápices da curva em direção à linha média da coluna. Surge então o colete Providence (figura 9), uma ortótese fabricada em polipropileno, feita à medida do paciente.



Figura 9 - Colete Providence - Catálogo de Produtos Spinal Technology, Inc.

Inicialmente, a produção do colete partia de modelos em gesso do tronco do paciente que, posteriormente, funcionavam como molde fêmea na produção do colete em polímero (Fayssoux et al., 2010).

Atualmente, os moldes fundidos foram digitalizados para sistemas CAD/CAM, permitindo que, em 95% dos casos, a produção do colete fosse feita apenas com medições (*The Providence Scoliosis System Manual*, 2003).

A aplicação de força no sistema Providence, segundo o original Manual do Sistema Providence para escoliose (2003), requer um uso de sistemas de pressão de três pontos distintos e também a existência de áreas vazias localizadas em frente a essas zonas de pressões, que se podem caracterizar como zonas de alívio. Durante a evolução deste sistema, foi concluído através de testes de pressão que é importante manter a concha da órtese contínua, ou seja, sem aberturas, pois quando são feitos furos na concha de uma órtese a quantidade de pressão exercida pela órtese acaba por cair significativamente.

3.4.6. Instruções de uso para coletes de escoliose

Ainda no The Providence Scoliosis System Manual, McCoy e d'Amato (2003) relatam um conjunto de instruções de uso para as cintas de tratamento para escoliose.

Sendo assim, os autores consideram essenciais para o uso de uma cinta de escoliose os seguintes pontos:

1. Utilização de uma camisola interior sob a ortótese. Esta deve ser comprida o suficiente para alongar abaixo da zona inferior do colete, justa e sem folgas/dobras, para que não aleije a pele, e, preferencialmente, camisolas não tingidas.
2. Lavagem da ortótese, tanto exterior como interiormente, com água e sabão, especialmente em climas quentes.
3. Manter as tiras da ortótese apertadas até à linha que é marcada pelo ortopedista.
4. Utilizar álcool nas zonas da pele em que é aplicada pressão da ortótese, para prevenção de doenças de pele
5. Realizar testes periódicos de pressão com o ortopedista que acompanha o tratamento, de forma a garantir que a ortótese continua a fazer o devido efeito no tratamento da escoliose. Devem ser consultas agendadas em intervalos regulares.

CAPÍTULO 4 – Tecnologia de produção

4.1 Fabrico Aditivo

O fabrico aditivo trata-se de um tipo de manufatura, cujo objetivo inicial seria a produção e desenvolvimento rápido de protótipos.

Atualmente, após aproximadamente quatro décadas de constante estudo e desenvolvimento, esta manufatura tem vindo a revelar-se vantajosa em vários aspetos relacionados com a indústria e a criação de novos conceitos. O fabrico aditivo é uma tecnologia que permite uma exploração ao nível da engenharia e do design que pouco se verifica em outros métodos de fabrico de produtos, existindo uma menor restrição de projeto. Ou seja, geometrias complexas, variedade de materiais, personalização de produto ou fabrico de peças inteiras, são, efetivamente, aspetos que se mostraram acessíveis com o fabrico aditivo e que revolucionam a indústria no que toca a novos conceitos, novos métodos de produção e ao desempenho dos próprios produtos. É dessa forma que o fabrico aditivo se relaciona cada vez mais à indústria 4.0, que consiste na alteração da lógica nos processos industriais (Peng et al., 2020).

A adoção desta manufatura tem demonstrado um crescimento exponencial em vários países, sendo que em 2019 o mercado do fabrico aditivo representava um valor de dez mil milhões de dólares, a nível mundial, segundo a Smart Tech Analysis (2021).

Algumas indústrias cuja importância do fabrico aditivo se sobressai são, por exemplo, a indústria automóvel, a indústria energética, a arquitetura, a produção de moldes e a saúde. Considera-se que as principais vantagens rondam essencialmente a redução de resíduos e a eficiência de custos.

Esta é uma manufatura que explora várias tecnologias. Todas elas se baseiam num princípio de produção – a produção aditiva por camadas – em que as peças vão sendo concebidas através da deposição de material. No entanto, a fixação da matéria-prima pode ser conseguida de diversas formas e com materiais distintos, sendo esse o aspeto que distingue as diferentes tecnologias que existem dentro da área do fabrico aditivo (Matias, 2022).

4.1.2 Processos de Fabrico Aditivo

Todas as impressões tridimensionais derivam de um desenho assistido por computador – CAD - uma modelação computacional, realizada em softwares de modelação CAD. Sendo assim, a impressora faz uma leitura do desenho tridimensional para, posteriormente, poder reproduzi-lo fisicamente. No

entanto, essa reprodução pode ser realizada em vários tipos de impressoras, em vários tipos de material e com diferentes processos de produção.

Segundo a Xometry Team (2022), a ISSO/ASTM (organização internacional que determina alguns padrões técnicos e industriais a nível mundial nas áreas de tintas, petróleo, energia e meio ambiente) categoriza a manufatura aditiva em sete processos diferentes, que irão ser listados de seguida:

1. **Binder Jetting:** Este processo tem como base a utilização da matéria-prima em pó e de um agente ligante. O processo começa com a adição de uma camada precisa de pó na plataforma de construção da máquina que está relacionada com a quantidade de material necessário para a construção de uma camada da peça. Posteriormente, nas áreas que devem ficar solidificadas é distribuído, através de um cabeçote de jato, o agente ligante que irá unir as partículas de pó entre si. Estas partículas unindo-se vão formando o corpo da peça. Em peças de polímero de cor, pode ser adicionado um corante ao agente ligante, para que a peça mantenha uma cor uniforme ou até mesmo para a criação de peças multicoloridas. Durante o processo, a plataforma ou mesa de impressão vai descendo para que a peça seja produzida por camadas. Cada vez que uma camada é produzida a plataforma move-se para baixo, permitindo que mais uma camada de pó seja depositada acima da camada anterior e solidificada pelo agente de ligação, sendo esse processo sucessivo, até à conclusão da última camada da peça. Todo o pó que é depositado que não solidifica, cai para um depósito abaixo da impressora para que não haja desperdício de material, sendo posteriormente utilizado noutras impressões.
2. **Powder Bed Fusion:** Este processo apresenta algumas semelhanças com o Binder Jetting no sentido em que a matéria-prima utilizada é em forma de pó. Este processo possui várias técnicas de impressão, nomeadamente sinterização direta a laser de metal (DMLS), fusão por feixe de elétrons (EBM), sinterização seletiva por calor (SHS), fusão seletiva a laser (SLM) e sinterização seletiva a laser (SLS). É também inserida uma determinada quantidade de pó na plataforma de impressão, quantidade exata para uma camada, mas neste caso a peça começa a compor-se através da fundição do pó, que é conseguido a partir de uma das fontes de energia citadas anteriormente. Tal como no Binder Jetting, à medida que a peça vai sendo construída, a plataforma da máquina vai descendo para que haja a produção por camadas. Para algumas impressões com determinados materiais são precisas condições específicas, como por exemplo manter atmosferas inertes ou manter o volume de construção sob vácuo. Neste processo também existe a vantagem de o pó que não é fundido poder ser reutilizado para novas impressões, para além de ser um

processo com outras vantagens como a vasta gama de opções de materiais metálicos e o facto da necessidade de suporte das peças ser mínimo.

3. **Directed Energy Deposition:** O DED é um processo exclusivo a metais, e funciona através do direcionamento de um pó ou fio de metal que, com a utilização de um laser ou feixe de eletrões, derrete e funde-se com o material base. Dessa forma, identicamente aos processos de soldagem comuns, também o DED necessita do uso de um gás de proteção, no caso da utilização de laser, ou de vácuo, no caso da utilização de feixe de eletrões na fundição do metal. Este é um processo utilizado muitas vezes para reparação de peças, pelo facto de permitir a impressão em cinco eixos diferente, ao contrário dos restantes processos que se limitam a três eixos. Dessa forma, a extrusora pode manobrar à volta de peças já existentes, até mesmo com geometrias complexas, depositando material para reparar zonas danificadas, assim como pode também criar peças de raiz. Para além da vantagem de reparação de peças, este processo apresenta também como vantagens o facto de permitir impressões de grande dimensão – cerca de mil milímetros cúbicos (1000 mm³) – e ainda a impressão com uma vasta variedade de metais e ligas.

4. **Material Jetting:** O material jetting é um processo que requer o uso de fotopolímeros como matéria-prima e funciona através do uso de várias extrusoras de jato de tinta que depositam o material numa plataforma de construção, a fim de criar a peça. Logo após ser depositado material para construir a primeira camada da peça, uma fonte de luz ultravioleta move-se sobre o fotopolímero para curá-lo. Após esse processo, a plataforma de construção desce para que a camada seguinte seja depositada e curada de igual forma, sendo este processo consecutivo até a peça ser finalizada. No material jetting apenas são conseguidos resultados com polímeros, por se tratar de um processo de cura por luz UV, para além de que neste tipo de impressão é necessário o uso de estruturas de suporte para obtenção de bons resultados. No entanto, como vantagens, pode considerar-se que este é um processo de alta velocidade e que permite a criação de peças multimateriais e multicoloridas.

5. **Sheet Lamination:** Este processo permite a produção com metal e plástico, e funciona através do empilhamento de chapas. A peça é construída por folhas finas de material que, quando colocadas umas em cima das outras, fundem-se à camada anterior formando o corpo da peça. Posteriormente, em alguns casos, é passado um laser que delimita a peça e corta o excesso de material desnecessário. Numa impressão com chapas de metal, estas são fundidas e unidas

através de vibração ultrassônica, sendo que as folhas de polímero geralmente são unidas com alta temperatura e pressão. No caso de alguns materiais compósitos, a junção das placas é feita com a utilização de cola ou adesivos e pressão. Embora esta seja uma tecnologia que não apresenta resultados com muita resolução e pormenor, trata-se de um processo com uma taxa de produção alta. Para além disso, o sheet lamination apresenta como vantagens a produção de baixo custo, a possibilidade de construção de peças com papel e cerâmica, por exemplo, e ainda produção de peças com várias cores.

6. **Material Extrusion:** O material extrusion é o processo mais conhecido de fabrico aditivo, graças à adoção pelo mercado. Também conhecido como FDM ou FFF – Fused Deposition Modeling e Fused Filament Fabrication – o Material Extrusion funciona com a extrusão de filamento de polímero, que se encontra numa bobine de alimentação, passa por uma câmara de aquecimento e é posteriormente depositado na plataforma de construção, formando a peça final. Neste processo, à medida que uma camada da peça é concluída, a boca de impressão sobe para produzir a camada seguinte, sendo este processo consecutivo até à conclusão da peça. Esta impressão requer o uso de suportes para o bom resultado das peças. No material extrusion, os termoplásticos são a matéria-prima mais utilizada, embora também possam ser utilizados materiais de matriz de pó metálico para construir peças de metal, que devem ser processados posteriormente num forno, para que o material desenvolva as suas propriedades mecânicas. É, portanto, uma tecnologia que apresenta como vantagens a facilidade de uso, o baixo custo de produção e a vasta variedade de matérias-primas poliméricas disponíveis.

7. **VAT Photopolymerization:** Tal como indica o nome, a fotopolimerização de VAT é um processo de criação de peças com fotopolímeros, e divide-se em duas tecnologias principais: o SLA (Estereolitografia) e o DLP (Digital Light Processing), que têm em comum a utilização de uma fonte de luz, utilizada para curar as camadas de fotopolímero. O funcionamento base do processo de VAT Photopolymerization passa pela utilização de um recipiente de resina fotopolimérica líquida que solidifica gradualmente quando exposto à luz ultravioleta (UV). À medida que a resina é endurecida pela fonte de luz, a plataforma de construção desce para que o objeto se produza camada por camada. (Goh et al., 2018; Gülcan et al., 2021; Han et al., 2022; Yang et al., 2021; Ziaee & Crane, 2019). Sendo assim, a tecnologia do fabrico aditivo é classificada e dividida nestas sete categorias apresentadas segundo a norma da ISO/ASTM 59200 - Manufatura Aditiva - Princípios Gerais – Terminologia).

4.2 Fabrico aditivo em ortóteses

Na área da saúde, a possibilidade de personalização pode influenciar o sucesso dos produtos desenvolvidos. Atualmente, especialmente na área da ortoprotesia (ortóteses e próteses), o desenho assistido por computador (CAD) e a fabricação assistida por computador (CAM) são tecnologias já bastante utilizadas, não só por permitirem uma maior facilidade de personalização, mas por também por outros fatores de mercado

Essa adoção, embora demorada, tem estado em constante crescimento ao longo das últimas décadas. Ainda existe a necessidade de estudo mais aprofundado em algumas situações, especialmente na área das próteses, porém a nível económico e operacional, as tecnologias CAD, CAM e a produção em fabrico aditivo têm se demonstrado benéficas na indústria medicinal, justificando a constante necessidade de pesquisa sobre o mesmo (Lantada & Morgado, 2012; Ngan et al., 2022).

4.2.1 Coletes ortopédicos em Fabrico Aditivo

Relativamente às ortóteses de tronco, existem ainda poucos estudos que englobam o uso dessas tecnologias, comparativamente a outros tipos de ortóteses ou até mesmo próteses. No mercado é possível encontrar conceitos de coletes ortopédicos, alguns já desenvolvidos para venda, no entanto, vários destes produtos foram projetados para outras finalidades, ou seja, não para tratamento de escoliose.

Dessa forma, foi então realizada uma pesquisa relativamente a coletes ortopédicos produzidos em fabrico aditivo, com base em artigos de notícia e feiras de produtos e novos conceitos, de forma a entender que estudos foram realizados, quais os objetivos principais na criação desses coletes e o principal motivo da criação dos mesmos.

1. **Exos Armor:** A ortótese Exos Armos (figura 10), produzida pela start-up italiana Exos, trata-se de um colete de suporte produzido através do fabrico aditivo. Apresenta uma estrutura modular que, pela sua geometria, fornece mais resistência ao colete e também permite a respirabilidade do corpo. Este é também um produto que é adaptado e construído de acordo com as necessidades de cada paciente. Com o auxílio da tecnologia CAD e CAM e com a impressão 3D, este produto apresenta uma diminuição de tempo de produção de noventa por cento, relativamente aos produtos existentes no mercado. Para além disso, esta é uma ortótese que se apresenta e é descrita como sendo mais leve, respirável, ajustável, fina, confortável, personalizável e ecológica.

O Exos Armor foi concebido com o principal objetivo de melhorar a vida de quem utiliza este tipo de ortótese, sendo que este projeto surge de forma a melhorar o conforto de Federico Ranalli, irmão do engenheiro de materiais da Exos, Jacopo Ranalli. Federico, graças a uma doença motora, há várias décadas que utilizava diariamente uma ortótese de suporte para o tronco, e sentia a



Figura 10 - Exos Armor (Exos, 2020)

necessidade de uma ortótese mais respirável.

Dessa forma, a sua condição resultou no desenvolvimento deste projeto, que não só pode ser utilizado como ortótese de descanso ou suporte, mas também surge como um novo modelo de ortótese para tratamento de escoliose em crianças e adolescentes, que muitas vezes rejeitam a utilização de coletes pela sua aparência e desconforto (Exos Armor, s.d.; Hanaphy, 2021).

2. **Bright Smart Scoliosis Brace:** O Bright Smart Scoliosis Brace (figura 11) é um colete projetado para correção de escoliose leve, e foi desenvolvido no projeto europeu React-EU, numa colaboração entre a Fited e o Brightlands Materials Center. Para além da sua produção contar com o fabrico aditivo, esta é uma ortótese fabricada com termoplásticos reforçados com fibra de carbono e foi desenhada com o intuito de transmitir um maior conforto aos utilizadores e reduzir o volume dos coletes convencionais. A produção com a fibra de carbono permite que o produto demonstre maior resistência, mas menos peso que os restantes coletes, assim como o seu design de malha e mecanismo de travamento embutido permite um maior conforto e respirabilidade. O principal objetivo deste projeto passa então por fazer com que os pacientes fiquem mais dispostos a utilizar a ortótese durante o tempo prescrito e que se sintam mais confortáveis no seu dia-a-dia.

Para além dos materiais descritos anteriormente, este colete conta com a incorporação de sensores que permite o monitoramento contínuo da adesão ao uso do colete e das pressões aplicadas ao tronco e à coluna, ou seja, podem ser detetados picos de crescimento ósseo e alterações anatômicas do utilizador que exijam uma mudança no plano de tratamento. Dessa forma, a ortótese poderá ser alterada ou reajustada mais precoce e rapidamente, tornando o tratamento mais eficaz (Brightlands Materials Center, 2022).



Figura 11 - Bright Smart Scoliosis Brace

3. **Coletes CreaMed:** A CreaMed é uma empresa que disponibiliza serviços de digitalização e manufatura aditiva para a indústria médica. Possui produção de vários tipos de ortóteses e próteses, nomeadamente ortóteses espinhais. A produção de ortóteses espinhais passa pela realização de scanners 3D e realização de modelação computacional, que garantem uma melhor aquisição das curvas corporais, e evitam processos que são realizados na produção de coletes convencionais e que são muito demorados.

Estes coletes (figura 12) são descritos como personalizáveis e adaptáveis aos pacientes, destacando-se também pela precisão de produção e, conseqüentemente, pela eficácia de tratamento. Para além disso, a sua produção apresenta uma redução drástica de custos e tempo de produção (Fabbrix, 2021).



Figura 12 - Colete CreaMed (Orthopedic corset, 2021)

4. **Bespoke™ Braces:** Desenvolvido pela 3D Systems, o Bespoke Brace (figura 13) foi um dos projetos pioneiros no mercado dos coletes produzidos em impressão 3D, e tem como público-alvo crianças e jovens adultos com escoliose. A ortótese é ajustada a cada paciente, através do processo computacional e é produzido pela tecnologia SLS - sinterização a laser. Foi um projeto desenvolvido com a parceria do Dr. James Policy, médico e docente na Universidade de Stanford, que realizou testes de utilização com 22 pacientes do hospital infantil de Oakland, que, por sua vez, responderam de forma positiva à estética da ortótese, descrevendo-a como totalmente diferente das ortóteses tradicionais.



Figura 13 - Bespoke Brace (Hill, 2014)

A 3D Systems teve como premissa o facto de muitos jovens se recusarem a utilizar os coletes ortopédicos, por razões de constrangimento e autoestima, e definiu como objetivo principal melhorar a vontade de uso do colete por parte das crianças e adolescentes. Dessa forma, o Bespoke Brace apresenta um design mais elegante e uma estrutura que se adapta e ajusta ao corpo de forma a ficar o mais justo e discreto possível, quando sob a roupa. Produzido à medida

de cada paciente, o Bespoke pode ser impresso com diferentes padrões e cores, apresenta uma estrutura menos volumosa e, segundo os internautas, “remete a uma cinta de renda futurista” que, segundo algumas entrevistas e testes realizados com alguns pacientes, chama a atenção das crianças e jovens, de forma positiva, pela sua estética (Dunne, 2014; Hill, 2014; Krassenstein, 2014).

Alguns destes estudos realizados e conceitos desenvolvidos, por parte de especialistas de design, engenharia, fisioterapia e ortopedia, comprovaram que os aparelhos produzidos em fabrico aditivo podem, efetivamente, melhorar o tratamento da escoliose. Esta conclusão explica-se não só pelas características estéticas que são conseguidas através destas tecnologias, e que tendem a melhorar a ideia e perspectiva dos pacientes em relação ao uso diário da ortótese, mas também pelas características estruturais e funcionais que são proporcionadas através dessa produção. O processo de ajuste de um colete comum pode ser um processo complexo e demorado, a maior parte das vezes conseguido a partir de tentativa erro, e esse é um dos principais problemas que é facilmente solucionado através da tecnologia CAD e fabrico aditivo. Esse aspeto também se aplica aos ajustes que são realizados ao colete durante o processo de tratamento, em que a ortótese poderá ter de ser reajustada e o processo de reconstrução/adaptação dos coletes convencionais poderá demorar vários dias, comprometendo o tempo de uso prescrito e o tratamento contínuo (Verma et al., 2022).

De forma conclusiva, o design e a medicina acabam por, aparentemente, se demonstrarem áreas totalmente opostas, cujo design é associado ao desenho e até mesmo à arte, e a medicina associado à ciência e cura. Porém, às vezes uma cura surge a partir de um bom design.

4.4.2 Polímeros adequados à produção de ortóteses em F.A.

O fabrico aditivo, para além da vasta quantidade de tecnologias diferentes que dispõe, também é um tipo de produção que permite a utilização de diferentes materiais. Na criação de uma ortótese e, principalmente, sendo um produto para tratamento médico, existem vários materiais que podem ser utilizados e que dão origem a ortóteses de qualidade. A escolha do polímero depende do tipo de ortótese, do tipo de suporte necessário e das especificações do paciente. No entanto, existem alguns polímeros que são utilizados com mais frequência na fabricação de ortóteses em fabrico aditivo:

1. **Policarbonato (PC):** O policarbonato é conhecido pela sua resistência ao impacto e dureza, tornando-o uma boa opção para ortóteses que exigem suporte e estabilidade. Além disso, o policarbonato é resistente à deformação.
2. **Poliamida 12 (PA12):** A poliamida é um polímero termoplástico com boas propriedades mecânicas e de resistência, o que o torna uma boa escolha para ortóteses que requerem suporte e durabilidade. É também um material biocompatível, o que significa que é seguro para uso no corpo humano e que não apresenta reações irritativas em contacto com a pele. A poliamida é um polímero que pode ser utilizado em SLS e apresenta uma excelente estabilidade a longo prazo, sendo resistente à maioria dos produtos químicos.
3. **Poliuretano termoplástico (TPU):** O poliuretano termoplástico é conhecido pela boa elasticidade e flexibilidade, sendo um bom polímero para a produção de ortóteses que se devem adaptar ao movimento do corpo. O TPU também é um material biocompatível e pode ser impresso em fabrico aditivo usando tecnologias como a FDM.
4. **Ácido polilático (PLA):** Por último, o ácido polilático é um polímero biodegradável que pode ser utilizado na produção de ortóteses temporárias. Embora não seja tão resistente quanto os materiais anteriores, o PLA é uma escolha popular para prototipagem rápida devido à facilidade de impressão tridimensional e à sua acessibilidade. (Choo et al., 2020; Yoo et al., 2019; Zuniga et al., 2015; Selective Laser Sintering Manual - Materialise Manufacturing 2022).

CAPÍTULO 5 – Desenvolvimento

5.1 Recolha de dados

Estabelecido o ponto crucial de desenvolvimento desta dissertação, através de análise de estudos científicos, é necessário recorrer à recolha de dados de forma mais aprofundada. Como primeiro passo é importante pesquisar o que existe em Portugal a nível de tratamento de escoliose em adolescentes, de produção de coletes, e que tipo de apoios são dados a estes pacientes. Portanto, o que é verdadeiramente essencial é reunir todos os critérios necessários para a conceção de um novo produto – um colete para tratamento de escoliose.

Alguns desses critérios ou requisitos foram já conseguidos através da análise anteriormente documentada, no capítulo 4. Tendo em conta o que já foi estudado e desenvolvido para esta questão, alguns dos aspetos que devem ser melhorados nos coletes de tratamento para escoliose passam pela questão da estética, do conforto, da ajustabilidade e da produção, cujo principal problema, em todos eles, é a interferência que causam no uso diário da ortótese e que compromete todo o tratamento contínuo necessário, pressupondo-se, então, que melhorando esses aspetos, o uso do colete durante o tempo prescrito também será algo mais fácil de cumprir, e que o próprio tratamento da escoliose no adolescente melhorará.

No entanto, embora todos esses aspetos estejam explícitos em casos de estudo e artigos que já tiveram uma pesquisa base, é totalmente indispensável questionar diretamente indivíduos que sentem estas questões na primeira pessoa, e que, melhor do que qualquer estudo, poderão dar o seu parecer e esclarecer o que deve ser realmente analisado para que seja produzido a melhor ortótese possível. Desta forma, adolescentes e crianças com escoliose que utilizem colete, médicos, fisioterapeutas, psicólogos, pais e encarregados de educação, professores e educadores, e qualquer indivíduo que mantenha diariamente uma ligação com este problema, são considerados “alvos” de pesquisa neste projeto.

5.1.1 Estabelecimentos e Projetos

Sendo assim, a pesquisa começa com a procura de locais de tratamento de escoliose e de produção de coletes, em Portugal. O diagnóstico da escoliose é normalmente dado por médicos pediatras ou ortopedistas e, portanto, em qualquer hospital ou centro de saúde é possível ser confirmada a existência da doença. No entanto, o tratamento com uso de colete é um tratamento que só está disponível

em alguns hospitais ou clínicas, e até mesmo nesses, a produção das ortóteses é feita externamente, por outras empresas ou especialistas.

Relativamente então a essa produção, em Portugal conhece-se a **Orto Rego**, uma empresa, sediada em Lisboa, de comércio e aplicação de produtos ortopédicos, cujo um dos seus destaques é o tratamento para escoliose. São produzidos três tipos de colete para tratamento de escoliose, na Orto Rego, nomeadamente o colete Boston, o colete Providence e por fim o colete Milwaukee. Esta é uma empresa que comercializa diversos tipos de ortóteses de fabrico próprio ou pré-fabricadas destinadas a corrigir ou aliviar as alterações de pessoas doentes.

Relativamente ao processo de acompanhamento, um dos estabelecimentos nacionais onde é possível realizar o tratamento de escoliose em crianças e adolescentes é a rede de **hospitais e clínicas CUF**, que conta com 10 estabelecimentos espalhados no país, e que trabalha com várias especialidades médicas. O tratamento de escoliose é abordado nas especialidades de ortopedia e medicina física e reabilitação, onde é possível o tratamento através de intervenção cirúrgica e o tratamento com ortótese, em que todo o processo é acompanhado pelo médico ortopedista.

Também no Centro da Coluna do **Hospital da Luz Lisboa** existe o tratamento para utentes com escoliose, inclusivamente, este é o pioneiro, em Portugal, na utilização de uma abordagem multidisciplinar no tratamento das doenças da coluna vertebral.

Por fim, **FisioVida**, clínica de fisioterapia sediada no distrito do Porto, é uma clínica que trabalha em vários ramos da fisioterapia e osteopatia, sendo que uma das áreas clínicas em que atua é a reeducação postural e, conseqüentemente, o tratamento de escoliose. Várias famílias de jovens e crianças com escoliose recorrem à FisioVida para tratamento com colete, pois esta conta com uma equipa de fisioterapeutas e médicos especializados no problema, sendo um dos estabelecimentos mais procurados na zona Norte do país.

Para além da disponibilidade de tratamentos em hospitais e clínicas, existem por vezes sociedades ou associações de apoio para vários tipos de doenças ou patologias. Relativamente à escoliose, especificamente, uma das sociedades que existe em Portugal é a Sociedade Portuguesa de Ortopedia e Traumatologia, que criou a campanha “Josephine explica a escoliose”, que tem como objetivo a sensibilização para a escoliose infantil, com o apoio da Sociedade Portuguesa de Pediatria e da Medtronic. Este é um projeto que pretende alertar os educadores e encarregados de educação para a doença e para o impacto que esta pode trazer à qualidade de vida das crianças e jovens. É possível

encontrar a página deste projeto nas redes sociais, onde são publicadas dicas sobre postura ou exercícios físicos, ou até mesmo chamadas de atenção relacionadas à escoliose, de forma educativa e chamativa para as crianças.

5.1.2 Contacto com clínica

Após a recolha de informação relativamente aos serviços que são prestados em Portugal em relação ao tratamento de escoliose, passou-se à fase de contacto com estas clínicas e associações, que poderiam ajudar na recolha de informação e permitir o contacto com alguns pacientes, de maneira a haver um maior conhecimento relativamente ao assunto.

Dessa forma, após contacto com todas as clínicas e sociedades descritas anteriormente, a FísioVida mostrou-se bastante interessada no projeto oferecendo total ajuda para qualquer tipo de questão.

Assim sendo, houve diálogo e troca de ideias com um dos fisioterapeutas, Dr. João Batista, especialista na área da reabilitação, e que acompanha vários casos de jovens e crianças com escoliose que, por sua vez, utilizam o colete para tratamento. Segundo o seu parecer, há já algum tempo que a clínica procura e pesquisa sobre métodos alternativos de produção de coletes, nomeadamente coletes em impressão 3D. Esta procura deve-se ao facto da produção dos coletes que são prescritos aos utentes da clínica serem fabricados por apenas um protésico (técnico de produz próteses e ortóteses), de forma ainda um pouco arcaica e também bastante demorada para o fluxo de pacientes que a clínica trata.

Com isto, após ser abordado e explicado todo o projeto desta dissertação, o Dr. João Baptista mostra-se disponível para fornecer alguns contactos de utentes que possam falar sobre a sua experiência de utilização de colete para o tratamento de escoliose. Com isso, inicia-se então a recolha de todo o tipo de problemas, desconfortos ou complexos que são sentidos por utilizadores reais, e que irão elaborar os principais requisitos no desenvolvimento de um novo conceito.

5.2 Questionário e respetiva análise

Posto isto, foi realizado um questionário, para uma recolha mais rápida e ágil, que foi enviado para todos os utentes ou, em caso de crianças e jovens menores, para os seus encarregados de educação, cujos contactos foram fornecidos pelo fisioterapeuta.

O questionário (Anexo 1) contém o total de dezasseis perguntas, que foram previamente selecionadas com o auxílio do Dr. João Baptista e com o professor orientador, de forma a serem obtidas respostas pertinentes para o desenvolvimento do projeto.

Assim sendo, houve um total de 26 respostas ao questionário, havendo respostas de atuais utilizadores de colete, mas também de ex-utilizadores, sendo que todos os questionários foram respondidos de forma anónima.

Em síntese, são então apresentados, de seguida, os resultados e a análise de cada pergunta e respetivas respostas:

1. Qual o teu género?

- Com esta questão foi possível confirmar o que foi pesquisado anteriormente, de que o género feminino é predominante neste problema. De 26 respostas, **88,5%** responderam “Feminino” e **11,5%** responderam “Masculino”.

2. Qual a tua idade?

- Houve uma variação grande de idades neste questionário, no entanto, organizando aproximadamente por faixas etárias, responderam 12 pessoas que se encontram abaixo da maioridade (mais especificamente entre os 9 anos e os 17 anos), 10 pessoas com idade entre os 18 anos e os 25, e ainda duas pessoas com idade acima dos 26 anos.

3. Usas colete atualmente?

- 57% das pessoas responderam que “Não” e 43% responderam que “Sim”.

4. Usaste o colete até que idade?

- Esta questão apenas foi respondida pelas pessoas que, à pergunta anterior, responderam que já não utilizavam o colete atualmente. Analisando todas as respostas, as respostas predominantes foram entre os 13 anos e os 16 anos de idade. A idade mais baixa respondida foi 9 anos e a idade mais alta foi 22 anos.

5. Começaste a usar o colete com que idade?

- A esta questão, houve uma resposta maioritária, com uma percentagem de 30,8%, que foi os 12 anos de idade, sendo que a faixa etária predominante é entre os 11 e os 14 anos de

idade. Relativamente a mínimo e máximo, a idade mais baixa respondida foi os 5 anos e a idade mais alta foi os 22 anos.

6. No início do tratamento tiveste lesões na pele? Quais? Onde?

- À questão número seis, existiram várias respostas diferentes, sendo uma questão de resposta livre. Apenas cinco pessoas, num total de 26, responderam que **não** sofreram quaisquer lesões. Todos os restantes enumeraram algumas lesões como hematomas na pele, devido à pele ficar trilhada ou devido à força exercida pelo colete, arranhões nas zonas de fricção, vermelhidão, marcas de pressão na pele, maioritariamente na zona da cintura, ancas e axilas, comichão, e ainda perda de peso, devido ao uso contínuo do colete e aparecimento de estrias no pós-tratamento (após terminarem o uso do colete e recuperarem o peso anterior).

7. Utilizas/ utilizavas sempre uma camisola interior por baixo do colete?

- A esta questão, mais de 80% dos questionados responderam que “**Sim**”, no entanto 3 indivíduos responderam que “**Não**” utilizavam uma camisola interior e um respondeu que utilizava só algumas vezes.

8. Sentes/ sentiste dificuldade em movimentar o tronco durante a utilização do colete?

- À questão número 8, apenas duas pessoas responderam que “**Não**” sentiam dificuldade em movimentar o tronco, sendo que a maioria das respostas foi que “**Sim**”, com uma percentagem de 65,4%, e os restantes 26,9% responderam que sentiam essa dificuldade “apenas no início do tratamento”.

9. Colocas o teu colete sozinha/o ou com ajuda de alguém?

- 81% das pessoas responderam que colocavam o colete sozinhos, e apenas 19% responderam que colocavam a ortótese com ajuda de outrem.

10. Em que altura é mais difícil utilizar o colete? (Opções: Inverno/Outono; Primavera/Verão; Nenhum dos dois).

- Esta foi a única questão cujas respostas foram todas iguais. 100% dos indivíduos responderam que a época mais difícil de uso do colete é a época “Primavera/Verão”.

11. Em que zonas do teu corpo sentes/ sentias mais calor ou transpiração?

- Sendo esta uma questão com várias respostas possíveis, cada sujeito poderia assinalar várias respostas que achassem pertinentes. Com isso, por ordem decrescente de votos, as zonas mais votadas foram “Costas” (21 votos), “Barriga” (11 votos), “Lombar” (10 votos), “Peito” (6 votos) e “Cintura” (5 votos).

12. Alguma vez sentiste vergonha em utilizar o colete?

- A esta questão, a maioria das respostas, mais especificamente 61,5%, responderam que “sim”, 23,1% responderam que “não” e, por fim, 15,4% responderam que apenas sentiram “no início do tratamento”.

13. Quais as razões por teres sentido vergonha de utilizar o colete?

- A questão número treze, sendo uma questão de resposta livre, surgem várias respostas diferentes. Todos os sujeitos, que à pergunta doze responderam que “Sim”, enumeraram algumas razões por sentirem ou já terem sentido complexos em utilizar o colete, tais como: o facto de se sentirem diferentes dos restantes colegas da escola ou não se acharem um/uma jovem/criança normal, por ser demasiado grande e pouco estético, por ser visível mesmo sob a roupa (principalmente no verão), pelas perguntas que eram feitas por outras pessoas, e também por dificultar determinados movimentos.

14. Achas que o colete é pesado?

- À questão número 14, das vinte e seis respostas, 61,5% consideram que o colete "não" é pesado, apenas 15.4% consideram que "sim", e os restantes 23,1% responderam que não sabiam identificar.

15. Quantos coletes usaste até hoje, desde o início do tratamento?

- Por ordem crescente de número de coletes, 16 sujeitos responderam que utilizaram 1 colete, sendo que alguns indicam que o mesmo foi sendo ajustado ao longo do tempo ou apenas utilizaram um por depois serem sujeitos a intervenção cirúrgica. 6 indivíduos responderam que utilizaram dois coletes, também alguns deles com ajustes ao longo do tratamento, enquanto duas pessoas responderam que utilizaram 3 coletes e, por último, apenas duas pessoas responderam um valor acima de 3 - no caso 4 e 5 coletes.

16. Que aspetos achas que poderiam mudar no teu colete?

- De forma conclusiva do questionário, a pergunta 16, de resposta livre, permitiu que os indivíduos enumerassem algumas características que gostariam de melhorar na sua ortótese. Dessa forma, o aspeto mais mencionado (por 16 pessoas) foi a questão da alteração do material, para que o colete possa ser diretamente utilizado em contacto com a pele. Com 15 respostas, segue-se o facto de o colete poder ter mais aberturas e zonas respiráveis. Posteriormente, com 12 respostas cada uma, melhoria do aspeto estético e tamanho, de forma a ser mais discreto, e criação de um colete ajustável. Por fim, com cerca de 5 respostas, a alteração da anatomia, estrutura e rigidez do colete, de forma a fornecer um maior conforto ao utilizador.

Após esta análise, é notório que todas as respostas que constam neste questionário são um compilar de opiniões, pareceres e experiências por parte de utilizadores deste tipo de ortótese, que, por sua vez, demonstra ter alguns problemas estruturais e de utilização. Pode considerar-se que a “relação” entre utilizador e produto nem sempre é a melhor, mesmo que apenas numa fase inicial, o que por vezes leva à rejeição do tratamento ou até mesmo a problemas individuais e pessoais numa fase de desenvolvimento da pessoa – a infância ou adolescência.

Neste questionário, a partir das percentagens que são analisadas em cada uma das perguntas e respostas, entende-se que existem determinados pontos incomodativos que são notados pela maioria dos utilizadores e que, portanto, podem e devem ser solucionados. Este conjunto de respostas, bem analisado, é o que dá então origem a uma lista de requisitos que são o ponto de partida na criação de um novo colete para escoliose.

5.3 Requisitos

Tendo então em conta os questionários realizados aos utilizadores, foram recolhidos os pontos fulcrais a serem solucionados na concessão de um colete para tratamento de escoliose.

Os principais aspetos a serem tidos em conta serão então:

- 1) **Diminuição do desconforto associado ao calor e transpiração**, pois, verificando o questionário, este aspeto foi o único em que existiu concordância total dos utilizadores. A utilização do colete nas épocas de primavera e verão torna-se bastante difícil devido ao calor e, conseqüentemente, à transpiração. Esse facto deve-se não só à questão de o colete ter,

normalmente, uma estrutura sólida, sem aberturas e que rodeia uma grande área do tronco da pessoa, mas também pelo facto desta ortótese ser utilizada com uma camisola interior, como se verifica nas respostas à pergunta número 7 do questionário, em que 80% dos utilizadores utilizam sempre essa camisola sob o colete.

- 2) O requisito que se segue, por demonstrar alguma relevância graças aos seus valores, é **melhorar a parte estética e amenizar as zonas do colete que sobressaem pela negativa**. Cerca de 77% dos indivíduos que responderam ao questionário sentiram, mesmo que apenas no início, complexos em utilizar a ortótese no seu dia-a-dia. Este aspeto acaba por estar diretamente relacionado com a faixa etária em que é iniciado o tratamento que, segundo a análise da pergunta número 5, está entre os 11 e os 14 anos. Numa fase de pré-adolescência, acabam por existir alguns problemas de autoestima devido à intolerância dos mais jovens em relação a algo fora do comum. Dessa forma, a grande estrutura de um colete, a sua falta de estética e ainda a necessidade de utilização diária, é algo que atrai a atenção de terceiros e que leva o utilizador a sentir-se desconfortável, muitas vezes. Esse desconforto, numa fase de crescimento e desenvolvimento pessoal, para além de poder causar problemas de insegurança e autoestima, muitas vezes pode levar à negação do tratamento ou ao incumprimento de horas de utilização do colete recomendadas.
- 3) Como terceiro requisito surge a questão de **criar um colete que seja o mais ajustável possível**. Ou seja, este requisito é referente ao problema que existe em relação à troca de colete com regularidade, ao longo do tratamento, devido não só às mudanças de corpo do utente, mas também aos progressos no tratamento que requerem alterações na ortótese. No entanto, em casos de utentes que iniciam o tratamento muito novos e que têm um crescimento rápido, terá de existir inevitavelmente a troca de colete durante alguma altura do tratamento, devido à mudança drástica de tamanho do corpo, podendo simplesmente diminuir a quantidade de coletes utilizados, mas não eliminando essa necessidade.

5.4 Seleção de material e tecnologia

Relativamente à tecnologia a ser utilizada na criação da ortótese, o ideal será selecionar uma tecnologia que não crie suportes fixos na peça e que facilite a impressão de pequenos pormenores e geometrias complexas. Esta seleção também terá de ser feita tendo em conta as tecnologias disponíveis no Done Lab.

Uma das tecnologias utilizadas no laboratório e que corresponde aos requisitos é a tecnologia do Power Bed Fusion, nomeadamente com o método de impressão SLS. Essa tecnologia permite não só a criação de uma peça detalhada, mas também uma peça com um bom acabamento, a nível de textura, e, a nível de processo, é possível fazer a impressão de várias peças ao mesmo tempo, ou seja, dentro de toda a área cúbica de impressão, podem ser colocadas várias peças no espaço, que não se tocam entre elas, para que sejam impressas simultaneamente. Sendo assim, se bem enquadrados, seria possível imprimir mais do que um colete numa só impressão, poupando bastante tempo de produção. Para além disso, todo o pó que não é sinterizado na câmara, acaba por servir de suporte à peça e é depois reaproveitado para futuras impressões. Dadas essas razões, a técnica de SLS será a selecionada para a produção do novo colete.

Em relação ao material a utilizar, tal como revisto no capítulo 4 (secção 4.2.2), existem algumas opções que se adequam à produção de ortóteses. Todos esses polímeros funcionam na impressão em SLS, portanto esse não poderá ser um critério de seleção.

Sendo assim, tendo em conta todos os pontos já visto em relação ao colete, a poliamida 12 poderá ser uma boa solução para esta ortótese específica, devido à sua característica biocompatível. Visto que um dos principais problemas do colete comum é a falta de respirabilidade, e que este tem de ser utilizado com uma camisola interior, o facto do próprio material poder estar em contacto com a pele, sem que seja necessária uma proteção sob ele, será um ponto que irá ajudar na solução de um dos principais problemas existentes.

Para além disso, este é um material que também se encontra disponível no laboratório, e, portanto, o protótipo poderá ser testado já com o material selecionado. É também um material cujas peças produzidas poderão ser tingidas com outras cores depois de impressas, o que possibilita a personalização do colete com outras cores segundo a preferência do utente.

Dessa forma, a poliamida 12 será o material utilizado.

5.5 Desenvolvimento

Posto isto, inicia-se então todo o processo de projeto para o desenvolvimento de um novo colete. Esta é uma fase que deve ser devidamente organizada, cujos pontos a realizar devem ser listados e realizados de forma sequencial, para que o trabalho final apresente bons resultados e para que seja um

projeto bem estruturado. O objetivo fulcral é, no final do projeto, existir um método criado, pronto a ser seguido, futuramente, na realização de um colete de escoliose em fabrico aditivo.

Sendo assim, o início do projeto parte pela colaboração de um utente da clínica FisioVida, jovem adolescente, que tenha sido diagnosticado com escoliose e que utilize o colete ortopédico para tratamento. Esse jovem irá ser o representante dos jovens com escoliose utilizadores de colete, nesta dissertação, sendo que o projeto irá ter como base os requisitos que foram vistos anteriormente no questionário realizado, no entanto, a estrutura do colete será baseado na situação de escoliose do jovem utente da clínica.

Esta colaboração deve-se à necessidade de existência de um termo de comparação, ou seja, o novo conceito de colete terá de ser produzido à medida de um atual utilizador de colete convencional, para que no final do projeto seja possível o utilizador experimentar o novo colete e compará-lo com o colete que usa diariamente.

Com isto, a primeira parte do projeto será conhecer a história deste utilizador e da sua respetiva ortótese, entendendo a sua estrutura, o seu funcionamento e a relação que o utilizador tem com a mesma.

Posteriormente, é necessária uma análise à estrutura do atual colete e às curvaturas da coluna do utente, de maneira a verificar o que poderá melhorar, de acordo com a combinação de opiniões entre o utilizador e o fisioterapeuta, Dr. João Baptista, que prestará o seu auxílio nesta fase, explicando o que pode ou não efetivamente ser alterado no colete.

Após estar definida a estrutura base do colete, com as medidas do utilizador e com os pontos que este gostaria de ver alterados, dá-se início à exploração de soluções para os requisitos que foram definidos após a análise do questionário. Estes devem ser analisados de forma ordeira respeitando a prioridade individual de cada requisito, para que cada problema seja resolvido com o mesmo tipo de atenção e pormenor.

Por fim, estes pontos acabam por ser divididos em quatro categorias:

- 1) Funcionamento estrutural – Desenvolvimento da estrutura base da ortótese, do sistema de fecho integrado, e testes de comportamento do material.
- 2) Ajustabilidade – Solução que ofereça mais ajustabilidade ao colete, diminuindo a necessidade de substituição de coletes durante o tratamento.

- 3) Respirabilidade – Permitir que o colete possua uma solução de ofereça mais conforto térmico, ou seja, que seja mais arejado e que facilite a respiração da pele.
- 4) Estética – Combinação de todos os aspetos anteriores e criação de um modelo atrativo e futurista.

5.5.1 Levantamento de informação sobre o utente

Inicia-se então a procura e seleção do utente que irá colaborar com o projeto, sendo que, é importante referir que na fase de resposta aos questionários muitos jovens e encarregados de educação se mostraram disponíveis para qualquer auxílio que pudessem fornecer. Dessa forma, haveria já um leque de possíveis escolhas, mas, para tal, foi necessário definir apenas algumas especificações de forma a que esse utente representasse, da forma mais abrangente possível, todos os restantes jovens que utilizam ortótese para escoliose, em Portugal.

Tendo em conta o historial dos questionários e, portanto, analisando percentagens, o ideal seria que esse jovem utente fosse do sexo feminino, pelo facto de mais de 50% dos diagnosticados pertencerem a esse género, e com uma idade entre os 11 e os 14 anos, não só por ser a idade média em que os adolescentes iniciam o tratamento com o colete, mas também por ser uma idade respetiva à adolescência e pré-adolescência. Em diálogo com o Dr. João Baptista, também surgiu o interesse de trabalhar com um utente cujo tipo de curva de escoliose diagnosticada seja a **convexidade lombar esquerda e torácica direita**. Este diagnóstico está relacionado com o formato da curva de escoliose do utente que, segundo o Dr. João Baptista, trata-se do tipo de curvatura mais comum nos jovens e crianças que são tratados na clínica FisioVida, daí tornar-se uma mais valia trabalhar com uma jovem que possua esse tipo de curvatura, de forma a abranger um maior público-alvo.

Sendo assim, com o auxílio do Dr. João Baptista, foi selecionada uma jovem, que na fase de questionários se mostrou disponível para qualquer tipo de ajuda e que correspondia a todas as especificações anteriormente ditadas. Essa jovem é a Carolina (nome fictício para não comprometer a privacidade da utente), que tem 13 anos (ano de 2023), é do sexo feminino e foi diagnosticada, em 2020, com uma escoliose, nomeadamente com uma curvatura do tipo convexidade lombar esquerda e torácica direita.

Sendo assim, foi feita uma reunião com a Carolina, via online, para que lhe fosse explicado todo o processo que iria ser realizado ao longo do projeto e de que forma a Carolina iria contribuir para tal. Posteriormente, o objetivo da reunião seria conhecer o historial da jovem relativamente ao seu

diagnóstico e ao respetivo tratamento e também conhecer como é o seu quotidiano com o colete, analisando os aspetos positivos e negativos, na sua opinião, em relação à utilização do seu colete. Essa análise foi então o ponto de partida do desenvolvimento do produto. Ou seja, após o relato da Carolina relativamente a quais os aspetos que menos aprecia e que gostaria que mudassem, a primeira fase de desenvolvimento – desenvolvimento da estrutura base – foi focada na resolução desses pontos.

Posto isto, a reunião foi realizada em formato de entrevista, cujas perguntas e respetivas respostas se seguem:

1 - Quando e como é que descobriram que tinhas escoliose e como foi o processo desde o diagnóstico até ao início do tratamento?

«Começando então pelo início do diagnóstico, a minha escoliose foi descoberta em 2020, numa consulta de rotina em que o médico verificou uma anomalia nos meus ombros, em que um deles estava mais descaído e desnivelado em relação ao outro. O diagnóstico confirmou-se depois de um raio-x que demonstrou a existência de uma curva dupla. Logo após essa confirmação, o médico aconselhou a utilização de um colete ortopédico, e pouco tempo depois foram realizados os moldes a gesso. Isto foi algo que aconteceu de uma forma muito rápida, porque havia alguma urgência em começar o tratamento, para que a curva não começasse a piorar.»

2 - E como são feitos esses moldes a gesso?

«Para fazer esses moldes eu tive de ficar deitada e ligeiramente suspensa pelas pernas e braços enquanto era colocado o gesso à volta do meu tronco. Após todo o tronco estar revestido, o protésico retira o gesso da parte frontal do tronco para que quando o gesso fique seco consiga retirar o molde. Só tive o colete pronto (a primeira versão) passados 2 meses da realização dos moldes.»

3 - Sendo essa a primeira versão, significa que o teu colete já foi alterado até agora? Que alterações sofreu?

«Sim, entretanto, o colete já sofreu algumas alterações/ajustes, tanto pelo facto de ser melhor para o tratamento da curva, mas também porque algumas zonas do colete me incomodavam e criavam pequenas lesões na pele. Ou seja, o colete sofreu alterações na zona da cintura, ficou com algumas curvas mais acentuadas, porque não estava a exercer a força necessária para o tratamento, e também foram reduzidas a altura do colete na zona abaixo das axilas e o prolongamento do colete na zona pélvica, porque eram zonas que me magoavam.»

4 - Após esses ajustes, sentiste mais conforto? O que te incomoda mais no colete?

«Sim, houve uma melhoria de conforto, mas a zona das axilas ainda é uma parte do colete que me incomoda, por ser muito alta. Para além disso, o colete incomoda-me em algumas zonas do tronco, por ser apertado e por ter algumas curvas muito acentuadas. Mas, principalmente nas primeiras semanas em que utilizei o colete, senti dificuldade em exercer alguns movimentos, como por exemplo, o simples movimento de apanhar um lápis do chão, que se torna muito difícil. Também um dos fatores que foi mais difícil para me adaptar foi o ter de dormir com o colete, por ser desconfortável e ficar em pressão contra o corpo.»

5 - Em relação ao número de horas diárias que deves andar com o colete, há alguma altura do dia em que possas tirá-lo, para fazer alguma atividade, por exemplo?

«Sim, claro. Há algumas alturas em que tenho de usar o colete durante mais horas para que em outras ocasiões possa estar sem ele. Duas dessas ocasiões são quando frequento as aulas de educação física, na escola, e as minhas aulas de música. Nas aulas de educação física é inevitável que o colete seja retirado, tanto nas aulas como em qualquer momento em que pratique exercício físico, e é algo que me foi dito logo no início do tratamento, pelo fisioterapeuta. Já no caso das aulas de música, eu frequento aulas de contrabaixo e faço alguns espetáculos de orquestra, e sendo o contrabaixo um instrumento grande e que deve estar apoiado no corpo do músico, se o colete estiver a ser utilizado, o instrumento causa vibração no colete e, conseqüentemente, no corpo, o que, não só me incomoda fisicamente, como também compromete a minha concentração e habilidade enquanto toco. Sendo assim, tanto nos ensaios como nos espetáculos, opto por retirar o colete.»

6 - Para terminarmos, que aspetos é que gostarias de mudar no teu colete (figura 14)?

«Se pudesse gostava de tirar a parte debaixo dos braços, das axilas, porque é das zonas que mais me incomoda, e ajustava também mais a parte das costas (mais perto dos ombros) porque é a zona que mais se nota por baixo da roupa e que “revela” que tenho um colete.»



Figura 14 - Colete pessoal da utente "Carolina"

Posto isto, foi possível recolher algumas informações importantes sobre o dia-a-dia da Carolina, assim como a relação que existe entre utilizador e ortótese, ou seja, os pontos positivos e negativos na sua utilização. São esses aspetos que se tornam relevantes para a adaptação do colete da Carolina, pois se os pontos com os quais ela se sente menos confortável forem melhorados, ou até mesmo retirados, o colete torna-se mais compatível com a utente, melhorando o seu dia-a-dia.

Porém, nem sempre aquilo que se torna mais confortável é o que é necessário. Num tratamento como este, mesmo que a longo prazo, existem determinados pontos de força e estrutura que são necessários para que haja progressos. E, portanto, é necessário verificar se os pontos que incomodam a Carolina podem ser alterados de forma a não comprometer o tratamento, de alguma forma. Esse tipo de informação deve ser analisada com um profissional, e, portanto, neste ponto, conta-se mais uma vez com o auxílio do Dr. João Baptista, para que os ajustes feitos na próxima fase façam sentido tanto para o bem-estar da utente como para o seu tratamento.

5.5.2 Estrutura base da ortótese

Antes que fosse realizado novo contacto com o Dr. João Baptista, o trabalho passou para a análise dos pontos a alterar na ortótese da Carolina, segundo as suas necessidades pessoais. Portanto, primeiramente seriam realizados alguns conceitos, em esboço, com três possibilidades diferentes de ajuste ao colete. Posteriormente, tanto a informação recolhida na entrevista com a Carolina como os novos conceitos desenhados são apresentados ao Dr. João Baptista, que, com o seu conhecimento

relativamente ao caso da utente e experiência na área irá indicar o que poderá ser ou não alterado, originando então a seleção de um dos conceitos ou até mesmo o refinamento dos mesmos.

Portanto, segundo a Carolina, o colete possui algumas zonas que a incomodam e que caso fossem retiradas ou retificadas fariam com que se sentisse melhor e mais confortável.

São essas a **zona debaixo dos braços**, uma zona alta do colete que apesar de já ter sido reduzida ligeiramente (em relação ao primeiro colete) continua a criar-lhe algumas queimaduras e desconforto na pele e nas axilas. Para além disso, também existe o desejo de alterar a **zona superior traseira** do colete, perto dos ombros e omoplatas. Isto porque essa parte do colete permanece afastada das costas e é o que mais “denuncia” a existência de um colete por baixo da roupa, por criar uma espécie de “lomba” nas costas, algo que incomoda a utente. Portanto, nesse aspeto, a Carolina gostaria que essa zona permanecesse mais encostada ao corpo, evitando a sua notoriedade.

Desta forma, estes foram os primeiros aspetos a melhorar na primeira fase de projeto – desenvolvimento da estrutura.

Estudo de conceitos para a estrutura

Após reunir os primeiros aspetos a alterar na ortótese, inicia-se a realização de esboços para novos conceitos. Para tal, torna-se necessário ter acesso ao colete da utente de forma a analisar toda a sua forma. Para que não exista qualquer interferência no tratamento diário da Carolina, não será possível que a mesma fique sem o colete durante muito tempo, e, portanto, a solução será a realização de uma cópia do mesmo. Dessa forma recorre-se então à execução de um scanner da peça e, posteriormente,



Figura 15 - Cópia impressa em fabrico aditivo do colete da utente

à impressão da mesma em fabrico aditivo (figura 15). Assim, é possível analisar a estrutura da ortótese em mãos e, conseqüentemente, desenvolver novos conceitos com uma maior facilidade.

Posteriormente, é importante fazer uma síntese visual (figura 16) daquilo que deve ser alterado no colete, por uma questão de facilidade na organização de ideias. Logo, em síntese, as zonas a melhorar são a zona superior do colete, nomeadamente zona de contacto com as omoplatas (zona vermelha), das axilas (zona amarela) e ainda a zona pélvica (zona azul).



Figura 16 – Esquema ilustrativo das zonas de desconforto do colete

Posto isto, dá-se início ao desenvolvimento de ideias através de desenho, ou seja, possíveis conceitos que possam solucionar os problemas ditados pela utente e, assim, melhorar o conforto no seu quotidiano.

Foram então desenvolvidos alguns esboços para três conceitos diferentes, apresentados e explicados de seguida:

- 1) O primeiro conceito passa por retirar as zonas superiores – zona vermelha e zona amarela - do colete, e aperfeiçoar a sua forma na zona que se mantém perto das omoplatas. Isto porque esta é uma região de bastante movimento no corpo humano e que apresenta curvas acentuadas, à qual o colete se deve moldar. A zona das axilas acaba por baixar ligeiramente, acompanhando a linha do peito, para que não haja tanta pressão nos braços, mas de forma a que o colete se mantenha igualmente justo ao corpo. A zona pélvica acaba também por subir ligeiramente. Esboço do conceito apresentado na primeira imagem da figura 17.

- 2) No segundo conceito, opta-se por uma estratégia mais segura, cuja zona das costas mantém-se subida e o que é trabalhado, nessa zona, são as curvas. Ou seja, parte de cima do colete passa a ter uma forma com linhas que acompanham melhor o corpo, que se moldem melhor à fisionomia corporal, tornando-se mais confortável e discreto sob a roupa. Já no caso da região das axilas, essa também irá ser retirada à semelhança do primeiro conceito, assim como a zona pélvica sobe ligeiramente. Esboço do conceito apresentado na segunda imagem da figura 17.
- 3) Já para terceiro conceito, a ideia será fugir um pouco àquela que é a estrutura do colete. O conceito passa por adaptar o colete totalmente aos ombros, como uma camisola cavada. Essa zona teria de ser, de alguma forma, articulada, de forma a mover-se juntamente com o corpo e ajustar-se à semelhança de uma peça de roupa. Esboço do conceito apresentado na terceira imagem da figura 17.

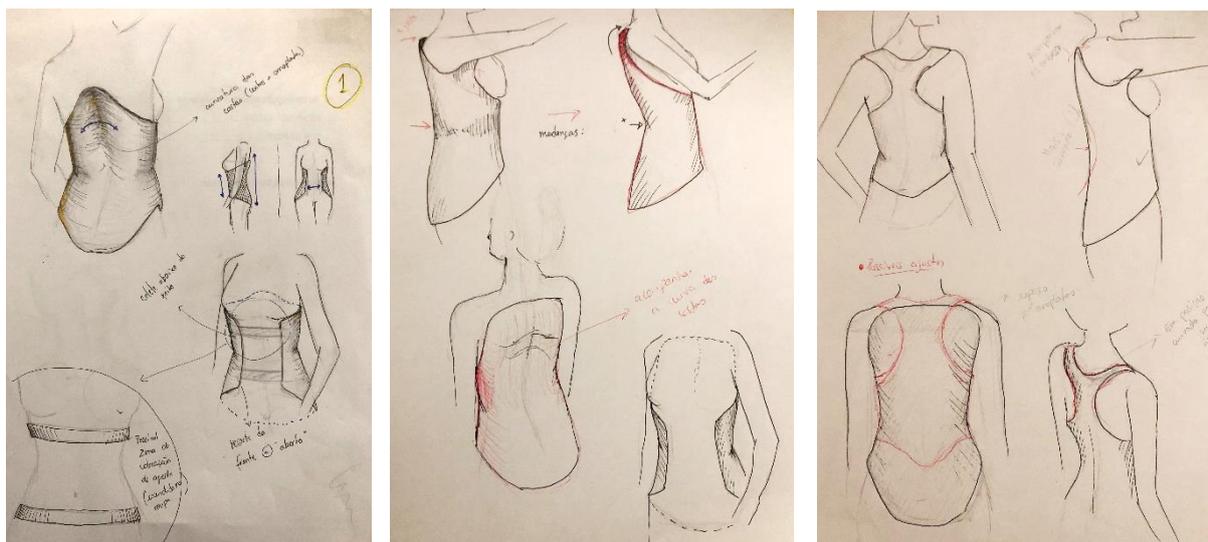


Figura 17 – Montagem de imagens relativas aos esboços de todos os conceitos

Para uma seleção fundamentada de um dos conceitos, é nesta fase que se recorre ao apoio do Dr. João Baptista. Com os seus conhecimentos, não só fisioterapêuticos, mas também em relação ao caso específico da Carolina, será possível determinar qual/quais dos conceitos serão plausíveis, ao ponto de não interferirem negativamente com o tratamento da Carolina e de forma a responder às suas necessidades de conforto. Após feita essa seleção, e depois da recolha de informação com o Dr. João Baptista, o conceito final sofrerá um refinamento, de forma a que a estrutura do colete mantenha uma forma equilibrada, fundamentada, e para que fique completamente definido qual será a sua forma final.

Discussão com o fisioterapeuta

É realizado, então, o contacto com o Dr. João Baptista, através de uma videochamada *online*, onde são apresentados todos os conceitos realizados, acompanhados da entrevista que foi realizada com a utente.

Dessa forma, é explicado ao Dr. João Baptista quais os pontos que são tidos em atenção nos três conceitos, de acordo com as necessidades da utente, sendo a preocupação com a zona superior do colete (axilas e zona cervical) e a zona frontal inferior (zona pélvica). Após explicação dos três conceitos, o Dr. João passa a dar a sua opinião de acordo com o seu conhecimento sobre o caso, primeiramente em relação à zona superior do colete.:

«Relativamente à zona das costas, se essa parte superior do colete se mantiver, esta não pode ser totalmente chegada ao corpo da utente. Isto porquê? Porque quanto mais o colete rígido ficar encostado ao corpo, mais desconfortável o utente vai ficar, e acaba por existir uma tendência natural de o utente chegar a parte cervical (o pescoço) para a frente, causando uma má postura. Portanto, essa zona terá de ter uma forma que acompanhe a fisionomia da coluna, porém, deve estar ligeiramente afastada das costas.

*No entanto, **no caso específico da “Carolina”**, tendo em conta a sua curvatura de escoliose, não há grande problema em retirar a parte superior, tanto a zona abaixo das axilas como a que está acima das omoplatas. Isto porque as curvas de escoliose da utente encontram-se mais abaixo e, portanto, neste caso específico, essa zona superior do colete não é tão relevante para o tratamento dela. Apenas deve-se ter em consideração que a última curva da Carolina, que é a que se encontra mais acima (curva 2), necessita de um contrapeso do lado oposto. Ou seja, do lado esquerdo do corpo, na zona superior, ela irá sempre precisar de um ponto de força, para “contrabalançar” a força que é exercida na última curva, do lado oposto. Se não existir nenhum apoio do lado esquerdo, a força que é exercida na curvatura 2 (figura 18) não terá qualquer efeito.»*



Figura 18 - Radiografia da curvatura da utente com esquema de indicação de forças

Sendo assim, após o parecer do Dr. João Baptista, foi possível optar por um conceito que correspondeu melhor a todos os pontos que foram esclarecidos, nomeadamente o conceito 1. Tal como explicado pelo especialista, neste caso específico da utente com a qual se desenvolve o projeto, é possível serem retiradas as zonas superiores do colete, tendo apenas atenção à questão do contrapeso que deve existir do lado esquerdo superior do colete, sendo necessário refinar este conceito para que esse aspeto esteja presente.

É importante referir que esta estrutura adotada, neste projeto, apenas se foca numa utente específica. A estrutura de um colete para escoliose pode e deve variar conforme o tipo de curva que se pretende tratar e também tendo em conta a fisionomia de cada utente.

Refinamento do conceito selecionado

Selecionado o conceito para a estrutura do produto, parte-se para o refinamento do mesmo, estudando mais a sua forma. Nesta fase, deve ter-se em conta não só as informações fornecidas pelo

especialista, como também se inicia o desenho da estrutura de acordo com a fisionomia e da utente, de maneira a que o colete assente no seu corpo.

Primeiramente, o conceito é refinado através do desenho 2D, para que haja uma melhor visualização da ideia a conceber. Dessa forma, na figura 19 verifica-se quais as alterações cujo colete atual irá sofrer, assim como a idealização da sua forma e assentamento no corpo da utilizadora.

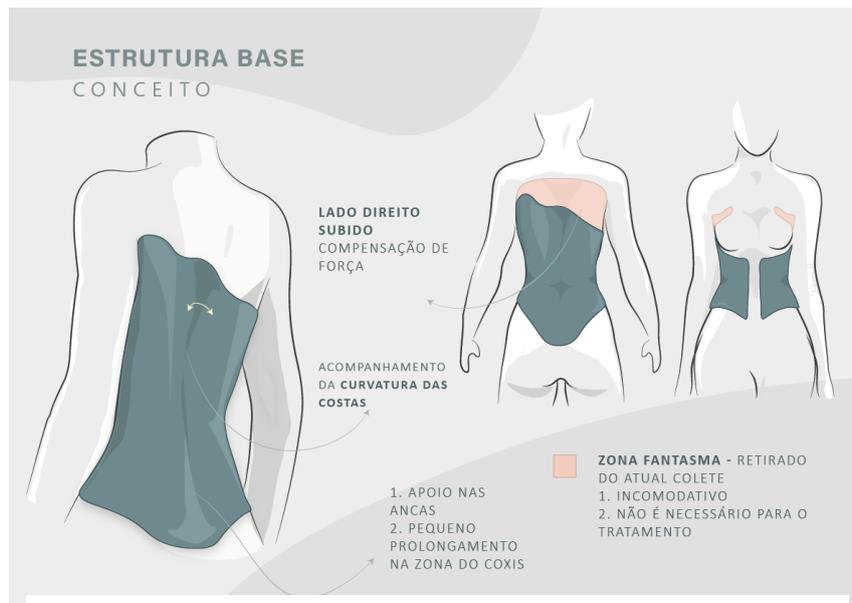


Figura 19 - Refinamento do conceito para alteração da estrutura

Após desenho 2D, inicia-se a execução do desenho tridimensional, através de um software CAD, neste caso o software *Solidworks*. No processo de conceção da modelação, o colete já é projetado com a fisionomia e a medidas de corpo da utente.

Numa situação real em que a ortótese é produzida de raiz, esta peça deverá ser modelada à volta de um scan de tronco do respetivo utente. O colete e a sua estrutura deve ser modelada por um técnico de modelação com as orientações da equipa de médicos e fisioterapeutas que acompanham o docente, pois são os profissionais de saúde que sabem em que zonas o colete deverá exercer mais ou menos força. Deverá existir um trabalho de equipa entre a saúde e o design, para que a peça fique bem construída. Esse será o método adotado.

Neste caso, embora a utente já possua um colete, foi realizado de igual forma um scan ao corpo da Carolina (figura 20). Portanto, o novo colete será modelado à volta do scan de tronco, mas, por conselho do Dr. João (que neste caso seria quem iria ditar como deveria ser o colete), as curvas da nova ortótese serão iguais às do atual colete da utente, pois essa estrutura e formas já foram devidamente analisadas e refinadas ao corpo da Carolina e ao seu respetivo tratamento. Esta situação será feita desta forma simplesmente por se tratar de um caso de estudo, e pela utente já possuir uma ortótese funcional.

Numa situação hipotética, em que o utente ainda não possui qualquer ortótese, as indicações relativas a todos os pontos da estrutura da ortótese devem ser dadas pelos profissionais de saúde para que o técnico desenvolva o desenho tridimensional da peça.

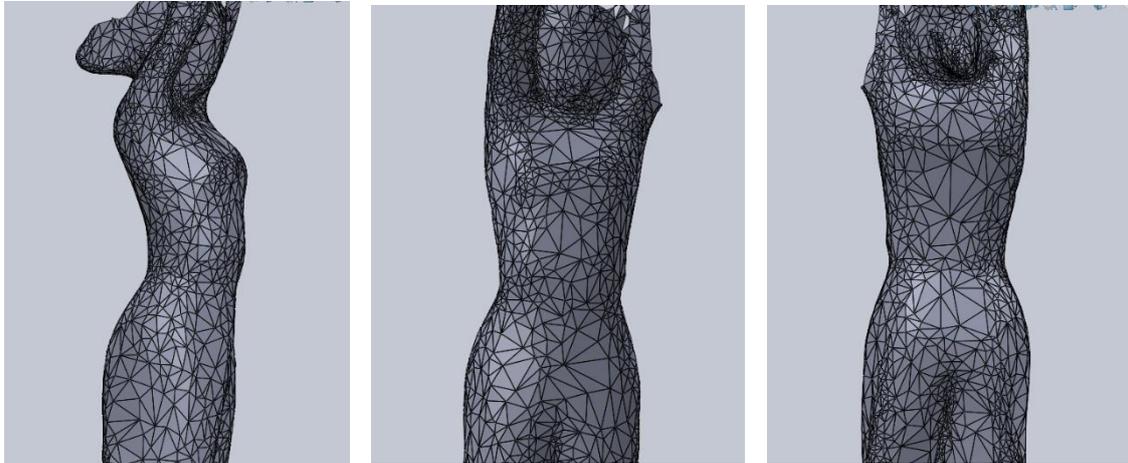


Figura 20 - Vista lateral, frontal e traseira do scan 3D da utente

Modelação da estrutura do colete

Assim sendo, inicia-se a realização do desenho 3d da peça, que tem como base o conceito desenvolvido anteriormente, cuja zona superior do colete é praticamente retirada, mantendo-se apenas um pouco de material do lado esquerdo, e também a parte da zona pélvica fica ligeiramente reduzida. Na cintura, o colete apresenta as saliências necessárias ao tratamento da Carolina, estudadas já anteriormente pela equipa de fisioterapia da clínica FísioVida.

A modelação desta peça, construída à volta do scan do tronco da utente (figura 22), é conseguida através de um *Loft*, em que o sólido nasce a partir da junção de várias superfícies curvas à volta do tronco que ditam a forma da estrutura (figura 21). Este é um comando que permite, posteriormente, a alteração de curvas da peça assim como a sua espessura, caso seja necessário.

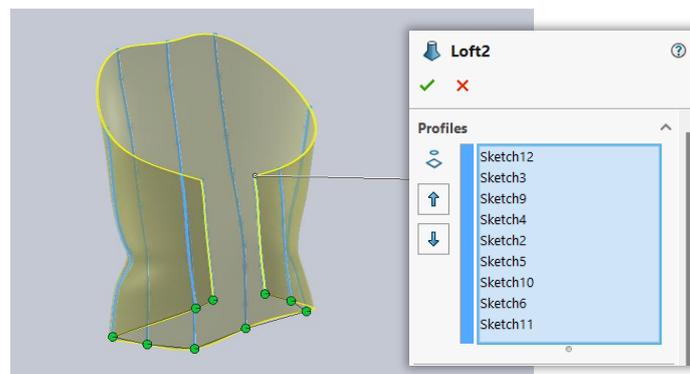


Figura 21 - Comando de construção do colete – Comando Loft

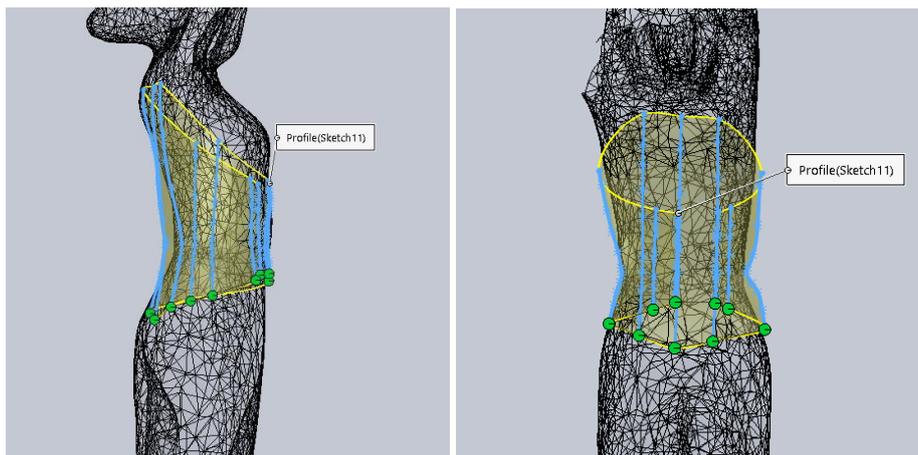


Figura 22 - Estruturação do colete à volta do scan do corpo

Virtualmente, é natural que a peça formada à volta do tronco se sobreponha ao mesmo, algo que, fisicamente, seria impossível de acontecer. Essas sobreposições (figura 23) irão resultar em zonas de pressão contra o corpo da utente, para que o colete exerça força contra o tronco e coluna.

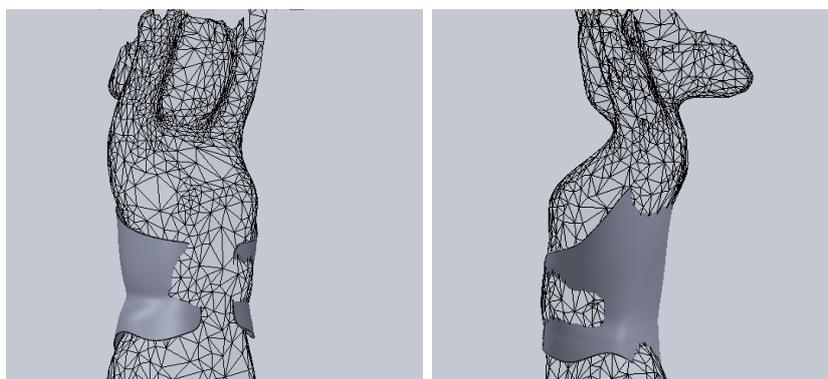


Figura 23 - Sobreposições virtuais da peça no tronco

Após estar a estrutura base construída, a peça deverá ser “esculpida” de forma a ser obtida a forma desejada para o caso, como se verifica na figura 24, que demonstram o refinamento da forma através de alguns processos como *Extrude Cut* e *Fillet*.

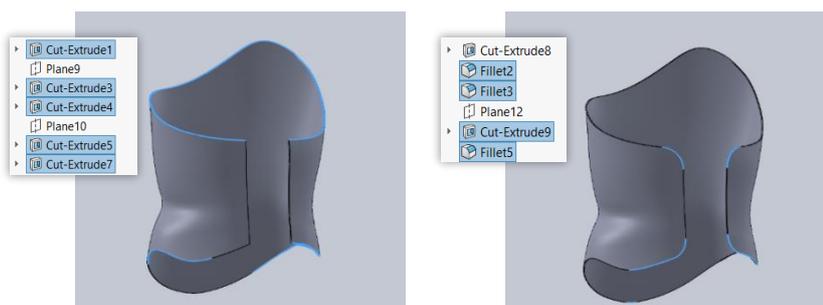


Figura 24 - Recortes da estrutura através de Cut Extrude e Fillets

Depois de construída a estrutura da base do colete, garantindo que a peça está desenhada de acordo com a fisionomia do utente e com o necessário para o tratamento, inicia-se a exploração e resolução de todos os outros pontos vistos, anteriormente, como especificações.

5.5.3 Ajustabilidade do colete

Uma das situações recorrentes neste tipo de ortótese é a questão dos ajustes que vão sendo feitos tanto no início do tratamento, em que a ortótese vai sendo refinada até ficar no estado ideal para o utente, como também durante todo o processo contínuo do tratamento, em que a curva de escoliose se vai alterando, assim como o corpo do utente, e a própria ortótese deve-se ir adaptando a tal.

Para esse efeito, nos coletes convencionais, alguns desses ajustes são conseguidos através de moldação do material, que possui propriedades termomoldáveis, e que facilmente é aquecido com uma pistola de ar quente de forma a modificar a sua forma. Para além disso, cada colete possui almofadas interiores (figura 25), feitas em EVA (Ethylene-vinyl acetate) - copolímero de etileno e acetato de vinil - utilizadas para exercer mais força em determinadas zonas do tronco, que vão sendo trocadas e mudadas de lugar todos os meses, de acordo com a progressão do utente.

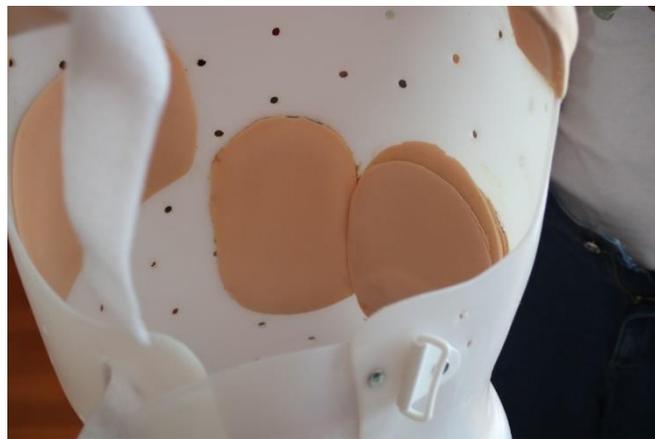


Figura 25 - Almofadas interiores do colete da utente

Para além disso, ao longo do tratamento, é comum que o colete vá sendo cada vez mais apertado e, conseqüentemente, as zonas frontais do mesmo tendem a bater uma na outra (figura 26), impedindo que se faça o aperto necessário. Nesse caso, essas zonas de material costumam ser cortadas, pelo protésico, de maneira a que os limites do colete fiquem mais curtos e não batam um no outro.



Figura 26 - Imagem ilustrativa relativa à possibilidade de choque do material

No entanto, uma ortótese deste tipo produzida em fabrico aditivo não possui as mesmas propriedades de material e, portanto, as resoluções de ajustes deverão ser distintas, pois não existe a mesma facilidade de manipulação do material como nos coletes convencionais.

Soluções de ajuste no fabrico aditivo

Para cada problema verificado nesta fase, foi criado um conceito.

De todos os métodos de ajuste vistos anteriormente, apenas a utilização das almofadas interiores será possível num colete em fabrico aditivo. As restantes soluções devem ser adaptadas ao tipo de tecnologia utilizado.

Portanto, verifica-se então a questão de as frentes do colete chocarem entre si. Neste caso, a forma como é produzida uma peça em fabrico aditivo, ou seja, por camadas, não permite que o material seja recortado e que mantenha um bom acabamento. É colocada a possibilidade de criar um colete mais aberto à frente, mas em discussão de ideias com o Dr. João verificou-se que não seria uma hipótese plausível. Isto porque é necessário que exista estrutura na zona frontal do colete, para sustentar as forças exercidas nas laterais e traseira do colete. Caso não haja material na zona frontal, a força exercida atrás pelo colete poderá criar algum tipo de deformação nas costelas frontais do utente, por não existir um contrapeso.

Sendo assim, o seguinte conceito (figura 27) demonstra uma possível solução para este ponto, cuja frente do colete é constituída por peças amovíveis, de maneira a que se possa ir reduzindo as pontas da ortótese à medida que estas choquem entre si.

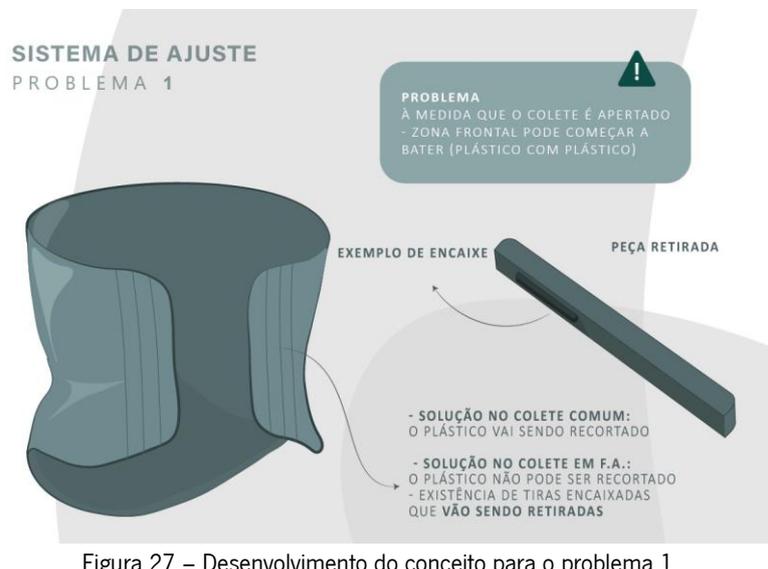


Figura 27 – Desenvolvimento do conceito para o problema 1

Posteriormente, em relação à moldação do material com a utilização de calor, numa peça em fabrico aditivo também o mesmo não será possível, pois os materiais utilizados e a forma como é construída a peça não permitem esse tipo de manipulação. No entanto, num processo de construção tridimensional em software CAD, comparativamente ao processo de construção mais artesanal de um colete convencional (termomoldado manualmente por cima de um molde de gesso) a criação do colete a partir do desenho virtual à volta de um scan do corpo acaba por apresentar menores chances de erro. Isto porque existe uma visualização pormenorizada de como ficará a peça no corpo do utente, permitindo que haja um refinamento de vários detalhes antes da produção final. Mesmo assim, podendo haver sempre a necessidade de ajuste, para essa questão é proposta a seguinte solução:

Neste conceito (figura 28), o objetivo é criar peças de encaixe que possam reforçar as curvas do colete, e que são colocadas no seu interior. Estas peças deverão ser produzidas depois de o utente testar o colete físico juntamente com a equipa de especialistas, e poderão apresentar uma estrutura mais rígida, do mesmo material que o colete, ou até mesmo uma estrutura mais maleável, idêntica às almofadas de EVA. Esta solução também poderá substituir a sobreposição de almofadas que é feito em alguns casos, como verificado anteriormente na figura 27, onde foi criada uma camada grossa de

almofadas no colete da Carolina que facilmente, num colete em fabrico aditivo, seria substituída por uma peça sólida que exercesse a mesma força.

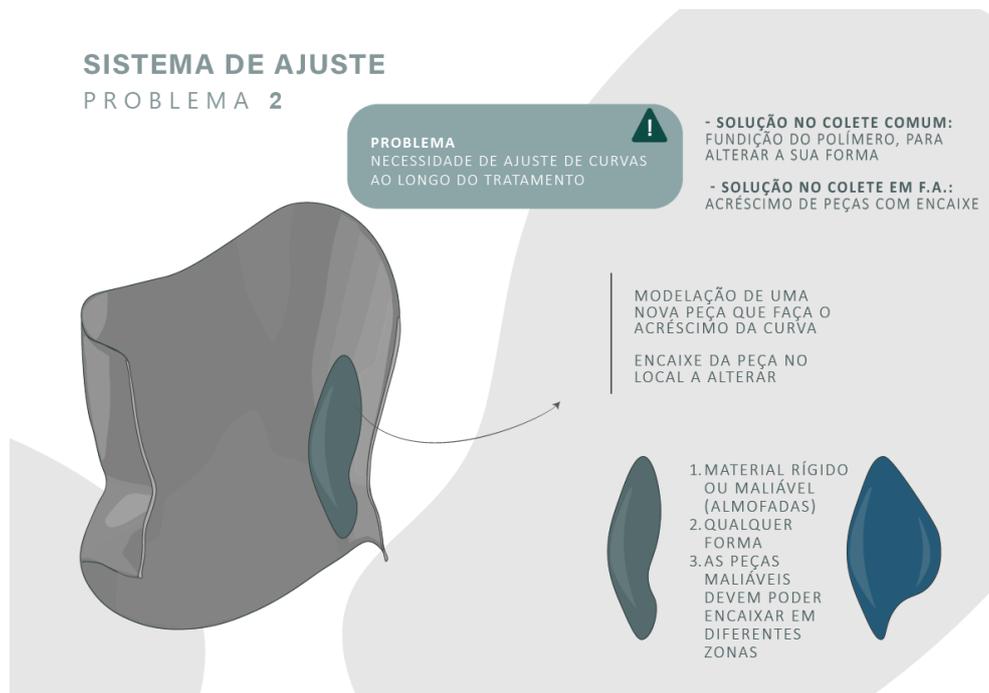


Figura 28 - Desenvolvimento do conceito para o problema 2

Sendo estes conceitos projetados para problemas distintos, opta-se então por avançar com ambos, desenvolvendo de uma forma mais aprofundada cada um deles. É então que se inicia o processo de modelação 3D, cujo aprofundamento da parte funcional de ambos é explorada durante esse processo.

Modelação dos sistemas de ajuste – conceito 1

Com isto, passa-se então à fase do desenho tridimensional dos dois conceitos. Nesta fase é importante entender como irá funcionar todo o sistema concebido, de maneira a projetar a melhor solução possível, não só para resolver o problema em questão, mas também para que o sistema seja funcional e prático, tendo em conta que este é um produto de uso diário e de longo prazo.

Por esse motivo, relativamente ao primeiro conceito, aprofundando mais a questão funcional do sistema verifica-se que a existência de várias peças encaixadas, numa superfície que deverá ter um máximo de 5 milímetros de espessura (tendo em conta os modelos convencionais), é algo que poderá criar alguma fragilidade na frente do colete, podendo as peças começarem a deformar-se com a força do corpo contra as mesmas, tendo em conta que o que as sustentaria seriam encaixes milimétricos entre si.

Dessa forma, o conceito é projetado de maneira diferente, em que cada ponta é constituída por uma tira de encaixe mais larga, fixa por dois encaixes. No entanto, esta peça terá um maior suporte, pois é criada uma área em que as paredes de ambas as partes possuem metade da espessura original para que se encostem uma na outra, tendo uma área de contacto entre si (figura 29). É nessa respetiva área que se encontram dois encaixes, um em cima e outro em baixo, estilo *snapfit*, que irão unir ambas as partes.

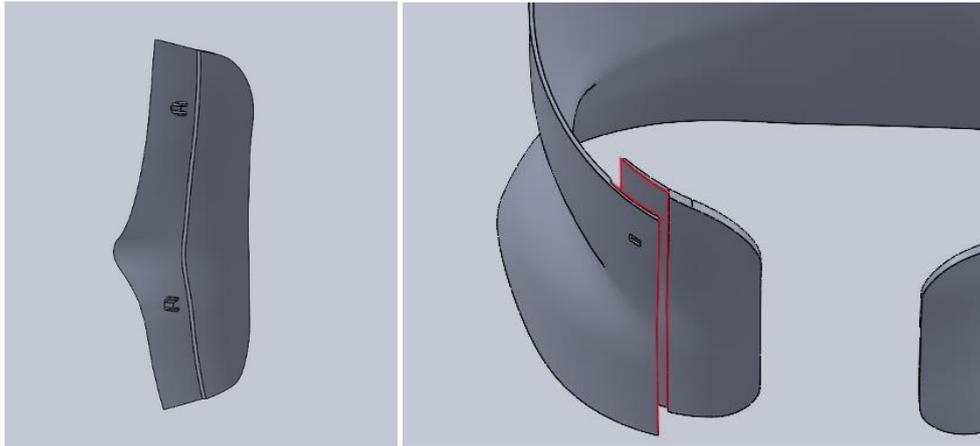


Figura 29 – Peça de encaixe e área de contacto entre peça e colete

Essa peça poderá ser retirada ou substituída por uma peça mais curta, conforme necessidade, aquando do material chocar um no outro.

A peça deverá ser encaixada pela parte interior do colete, como demonstrado na figura 31, sendo que o *snapfit* (ganchos que encaixam) encontra-se na peça amovível, enquanto que a abertura onde entra o encaixe se encontra na estrutura colete. Isso permite que o encaixe fique para fora, pois caso contrário, virado para o interior do colete, poderia ferir o corpo do utente. Também é um sistema que previne menor custo de reparação caso os encaixes se danifiquem ou partam, pois se tal se suceder a peça terá de ser produzida novamente e, naturalmente, é preferível que seja a peça amovível e não o colete em si, pela sua dimensão.

Relativamente ao *snapfit*, este é um tipo de encaixe que em português se traduz tecnicamente num encaixe sob pressão, cuja força aplicada, durante a montagem, provoca a flexão da viga, devido ao encosto entre o gancho e a peça onde este vai encaixar.

Existem *snafits* fixos, que depois de encaixados na respetiva peça o gancho permanece travado, e torna-se impossível o desencaixe do mesmo. No entanto, neste caso, o *snafit* desenhado terá de ter características móveis, para que a peça possa ser desencaixada. Essas características adquirem-se através da geometria do gancho.

Na figura 30 verificamos o desenho pormenorizado do encaixe. A **zona vermelha** representa a frente do *snapfit*, que é a ponta que é inserida no orifício de encaixe e irá auxiliar a flexão da viga, enquanto que a **zona azul** representa o final do gancho que irá travar a peça. No entanto, pelo facto de a zona azul possuir uma pequena inclinação e curvatura, o gancho facilmente é fletido novamente, permitindo o desencaixe entre o *snapfit* e a peça.

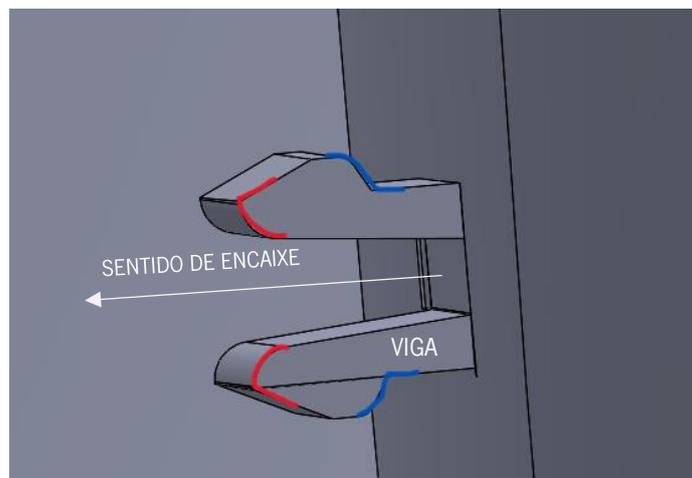


Figura 30 – Modelação do encaixe snapfit

Modelação dos sistemas de ajuste – conceito 2

Já relativamente ao segundo conceito, é modelada uma peça de teste, simulando a necessidade de acentuar uma curva interior do colete. Esta peça é também criada a partir de um *loft*, mas neste caso, o ponto de referência é o lado interior da parede do colete, para que a peça se encoste perfeitamente na zona onde se pretende colocar a mesma (figura 31).

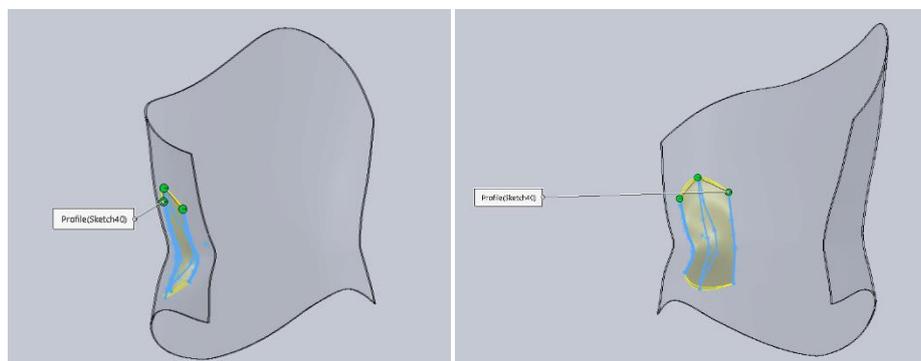


Figura 31 - Modelação da peça interior no colete

No entanto, esta peça terá de conter algum sistema de encaixe no colete, e pretende-se que esse encaixe seja idêntico ao que foi projetado no conceito anterior, ou seja, um *snapfit*.

Mas, para tal, o colete terá de possuir algum tipo de abertura para que a peça seja encaixada, sendo que a localização da mesma é algo que não se pode prever no início da concepção do colete, visto que a criação desta peça interior será algo posterior à impressão do colete. Dessa forma, esta situação poderá solucionar-se paralelamente ao desenvolvimento da respirabilidade do colete, ponto que será visto de seguida. Isto porque a respirabilidade do colete poderá ser solucionada com a criação de várias aberturas ao longo da estrutura da peça e, portanto, essas aberturas poderão ser utilizadas não só para arejar a ortótese, mas também para servir de encaixe para qualquer peça interior.

Sendo assim, o *snapfit* na peça interior terá de ser desenvolvido de acordo com a localização das aberturas existentes no local onde vai encaixar a peça.

Realização de testes

Após desenvolvidas as modelações de ambos os conceitos, foi necessário recorrer à fase de testes. Estes foram testes realizados apenas para verificação do funcionamento dos sistemas em si.

Sendo assim, relativamente ao primeiro conceito, foi impressa a peça de encaixe e uma pequena parte da estrutura do colete, apenas para verificar como as peças se encostariam entre si e para testar o *snapfit*. Foram realizados dois testes, um por consequência do anterior, que se podem verificar nas figuras 32.

No primeiro teste, as duas peças coincidem bem uma com a outra, ou seja, as duas superfícies de contacto unem-se de forma correta, tal como o esperado. No entanto, o *snapfit* realizado não é funcional, devido à sua dimensão demasiado pequena. Para além de um dos pinos do encaixe acabar por partir, devido à sua fragilidade, o facto de existir tão pouca área de impressão torna os pormenores das inclinações existentes no *snapfit*, que dão origem ao seu funcionamento, impercetíveis e em algumas zonas inexistentes, também devido à própria espessura da matéria-prima (figura 32).



Figura 32 - Primeiro teste da peça de ajuste

Portanto, de maneira a garantir o funcionamento do encaixe, este é então redesenhado e realiza-se um novo teste. Desta vez, o encaixe funciona tal como o esperado, permitindo que ambas as peças se unam e voltem a separar-se várias vezes (figura 33).



Figura 33 - Segundo teste da peça de ajuste

Relativamente ao teste do segundo conceito, só fará sentido realizá-lo após a concepção no colete inteiro, e após ser estudada a maneira como irá encaixar a peça. Só nessa fase se poderá testar a peça e o seu funcionamento. Dessa forma, é decidido que a impressão da peça interior será realizada paralelamente à impressão do colete final, pois caso haja algum erro de funcionamento, o redesenho da peça não comprometerá o colete em si.

5.5.4 Respirabilidade da ortótese

Nas respostas ao questionário realizado na fase de recolha de dados (ponto nº2 do capítulo 5), foi verificado que a única questão que obteve 100% das respostas unânimes foi a que questionava qual seria a época do ano mais difícil de utilizar o colete. Todos os interrogados responderam que a época do verão e primavera seria a altura mais complicada para utilizar o colete, não só pelo facto de se utilizar roupas mais arejadas que podem fazer o colete sobressair, mas também pelas temperaturas altas.

O calor que é causado pela utilização do colete é considerado um ponto negativo para os seus utilizadores e, embora a utilização constante de uma camisola interior por baixo da ortótese não seja favorável para esse ponto, também o facto de o colete ser praticamente todo fechado faz com que o tronco não tenha zonas de respiração, causando mais transpiração e, conseqüentemente, desconforto ao utente. Posto isto, após toda essa análise, inicia-se um pequeno estudo de como pode então esta ortótese conter características de respirabilidade sem comprometer o seu funcionamento.

Como já visto anteriormente no estudo de mercado, existem já alguns protótipos de coletes e ortóteses de outros tipos que possuem aberturas no material, especialmente para este propósito.

Neste caso, entende-se que a estrutura não poderá ter aberturas em toda a sua área. Uma delas será, por exemplo, a zona frontal, onde existe a peça de encaixe para ajuste, para que não haja fragilidade no momento de trocar peças e para que não haja qualquer comprometimento com os encaixes. Também na zona lateral do colete (figura 34), onde se encontram as curvas mais acentuadas e que exercem mais força contra o corpo, poderá ser benéfico que a estrutura se mantenha sólida, não só para que exista material suficiente para suportar a força exercida, mas também para que as aberturas não marquem a pele do utente nas zonas com maior pressão.

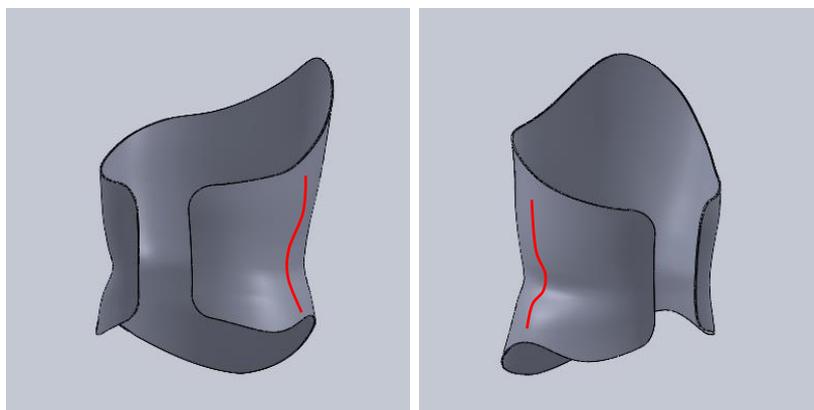


Figura 34 - Indicação das curvas laterais do colete

Sendo assim, são feitas algumas explorações de formas, em modelação 3D, a fim de identificar qual o melhor tipo de aberturas a fazer. Neste processo, deverá ser tido em conta também a questão do encaixe das peças interiores (conceito de ajuste visto anteriormente), ou seja, as aberturas deverão ter uma geometria que permita um encaixe interior.

Para além disso, um dos aspetos importantes nesta fase é também a parte estética. Esse é um ponto que não deve passar despercebido durante o processo, pois é também um dos problemas apontados pelos utilizadores. A questão de o colete conter aberturas poderá também transmitir um cariz moderno e futurista à ortótese e, portanto, é importante que o desenho dessa estrutura seja bem idealizado não só pela sua funcionalidade, mas também pelo seu aspeto e acabamento final.

Estudo de formas para respirabilidade

Sendo assim, apresentam-se de seguida os vários estudos de forma:

1. Abertura “rede” – Este estudo de forma consiste na criação de um padrão com conjuntos de retângulos (figura 35). Esta é uma forma que permitiria o encaixe em *snapfit* pela sua forma retangular e, embora seja um padrão simples, esteticamente poderá funcionar bem no colete.

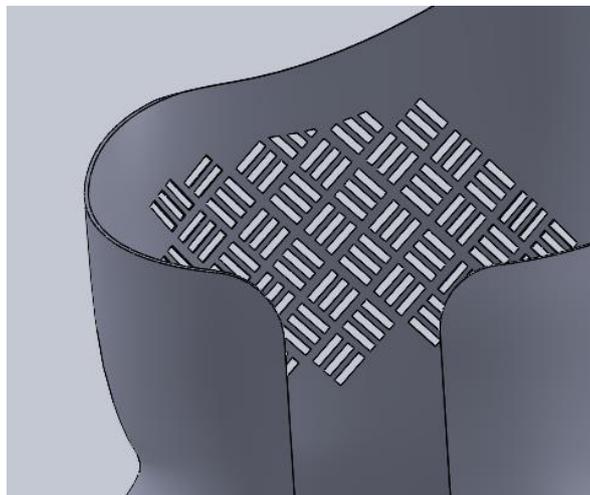


Figura 35 - Modelação do padrão em rede

2. Abertura “amendoim” – O estudo do formato amendoim surge com a ideia de criar uma forma mais orgânica, igualmente em padrão (figura 36). Aqui, o tipo de encaixe idealizado é inspirado no encaixe de fivela com botão, apresentado na figura 37. A peça de encaixe teria de conter um pino com a forma idêntica a um botão, que entraria num dos lados da forma, e quando ficaria

travada ao ser empurrada para o lado oposto. O destrave funcionaria com o movimento contrário (esquema de funcionamento exemplificado na figura 38).

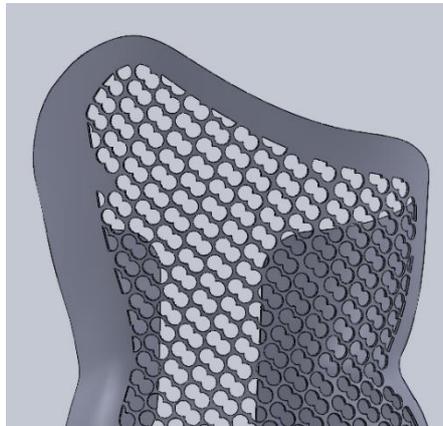


Figura 36 - Padrão amendoim em modelação



Figura 37 – Fivela com botão

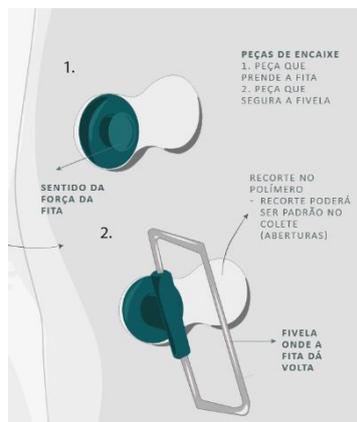


Figura 38 – Esquema de funcionamento do sistema

3. Abertura “triângulos” – O estudo da forma triangular, é algo utilizado em vários padrões do cotidiano. Pela sua geometria, vários triângulos equiláteros conseguem conciliar bem uns com os outros, sendo possível criar vários padrões. Na figura 39 vemos alguns estudos de padrões realizados.

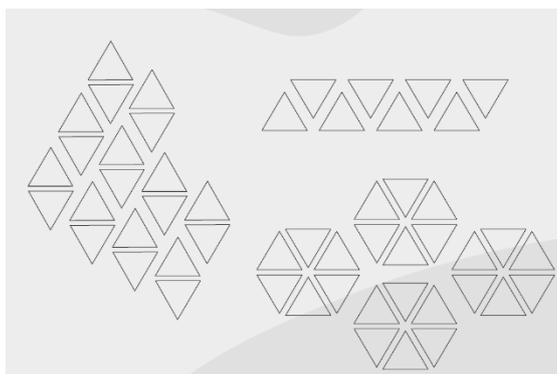


Figura 39 - Estudos de padrões com triângulo equilátero

Portanto, esta é uma forma em que a base triangular poderá ser sempre a mesma, e o padrão poderá ser personalizado, de acordo com o gosto estético do paciente. Com esta forma, também será possível um encaixe com *snafit*, embora adaptado à geometria.

Após todo o estudo de forma, entende-se que o tipo de abertura poderá variar conforme o gosto do utente e também pelo tipo de encaixe que o técnico optar por desenvolver. Neste caso, a forma selecionada será a forma triangular, pela sua versatilidade de padrão e também por permitir o encaixe com *snafit* que já fora estudado anteriormente, não abolindo a possibilidade de, futuramente, o colete poder ser desenvolvido com outro tipo de aberturas e outro tipo de encaixes.

Modelação do sistema para respirabilidade do colete

Sendo assim, inicia-se a execução das aberturas na ortótese desenvolvida até ao momento.

Nesta modelação, opta-se por utilizar o comando *Wrap* para a criação das aberturas. Este comando parte da criação de um sketch com o desenho do padrão pretendido e a seleção da face a perfurar. O *Wrap* permite que o objeto fique perfurado sem que haja distorção da forma, idêntico a uma projeção (figura 40).

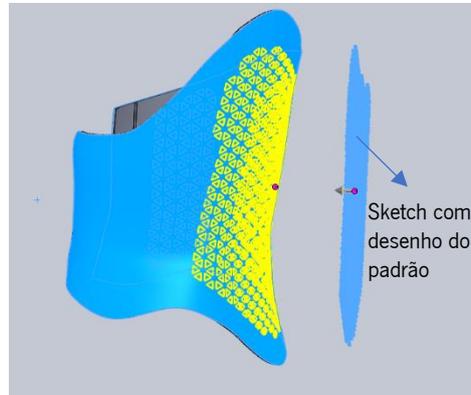


Figura 40 - Demonstração do comando *Wrap* -projeção do padrão na peça

A ortótese foi perfurada nas zonas indicadas anteriormente, ou seja, zona das costas e zona frontal, embora na zona frontal as aberturas não alcancem a parte de ajuste do colete, em que são trocadas peças. Verifica-se então na figura 41 a ortótese com todas as aberturas.

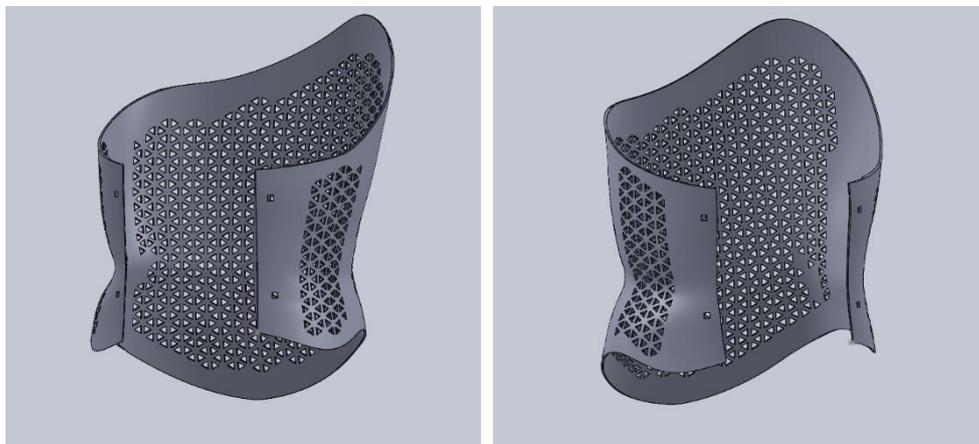


Figura 41 - Colete com todas as aberturas para respirabilidade

Após todo o processo de criação das aberturas, é necessário criar o *snaphit* na peça de ajuste projetada anteriormente.

O procedimento passa por colocar a modelação da peça interior no respetivo local onde irá ser encaixado no colete e, a partir daí, criar o encaixe numa zona onde exista uma abertura. Neste caso, o ideal será criar dois encaixes para que a peça se mantenha bem presa e posicionada, porém, se se tratar

de uma peça relativamente pequena e que se encontre numa zona do colete mais plana (sem uma curvatura muito acentuada) o encaixe poderá ficar centrado na peça.

Neste caso, o *snapfit* só irá conter um pino, pois só irá prender numa das arestas do triângulo. Do lado oposto ao *snapfit* terá de existir uma peça que dê “caminho” ao encaixe, ou seja, para que o pino encaixe por pressão, do lado contrário terá uma viga lisa, sem encaixes, que irá entrar deslizar pelo canto do triângulo e dar suporte ao *snapfit* (figura 42).

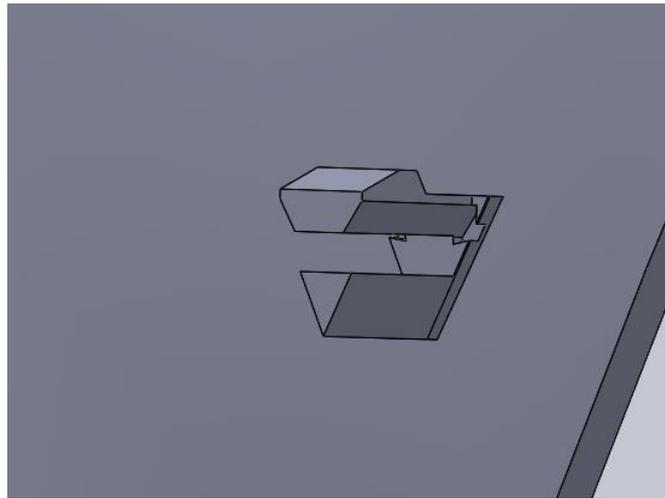


Figura 42 - Encaixe triangular snapfit

Realização de testes

Após o desenvolvimento de conceitos para a questão da respirabilidade inicia-se então a realização de testes. Aqui será necessário entender de que forma se comporta a peça estando com menos material devido às aberturas, e também tendo em conta a espessura com a qual foi desenhada.

O colete, embora seja uma peça rígida, tem de possuir alguma flexibilidade, para que seja possível abri-lo e colocá-lo à volta do corpo, sem que se parta. Sendo assim, são impressas apenas duas partes

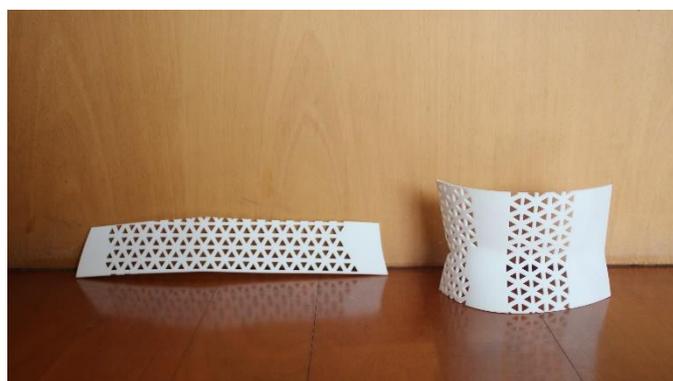


Figura 43 - Teste de espessura com duas zonas do colete

diferentes do colete (figura 43) e não a estrutura completa, para que não haja desperdício de material em caso de erro, para que fosse testada a sua flexibilidade com o padrão de aberturas.

Assim sendo, foram impressas uma secção da zona da cintura e uma secção da zona das costas. Abas apresentaram flexibilidade suficiente para abrir a estrutura sem partir e sem deformar o material. É possível verificar o esse comportamento nas figuras 44.

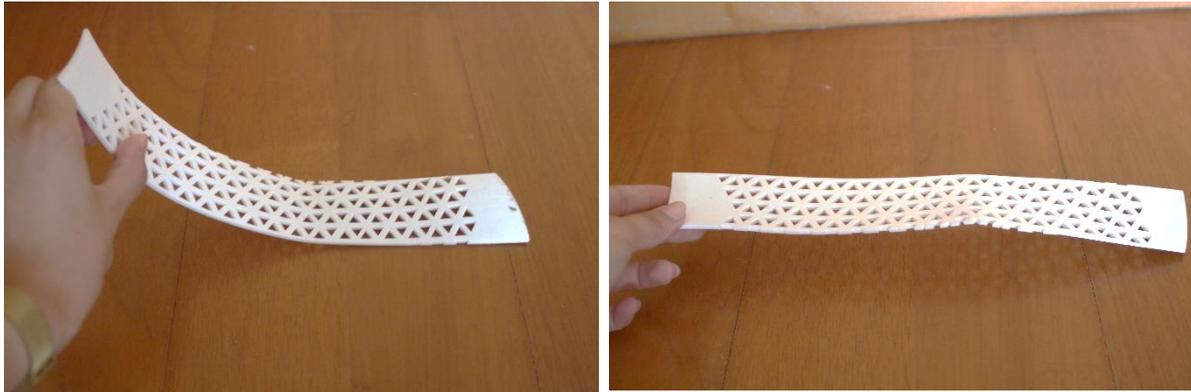


Figura 44 - Peça flexionada quando é exercida força, à esquerda e peça voltando ao seu estado normal, sem flexão, à direita

Este protótipo é constituído por uma estrutura com espessura variada. Na zona frontal, onde se encontram os encaixes de ajuste e onde o colete não tem necessidade de possuir flexibilidade, a espessura é de 4 milímetros. Na restante estrutura, a espessura é de 3 milímetros, que, nas condições em que foi produzido este colete, funcionam bem por permitir a flexibilidade da ortótese sem que a peça de deforme.

No entanto, a espessura do colete poderá, a longo prazo, com a utilização diária da ortótese, apresentar outros comportamentos menos favoráveis, devido ao desgaste da peça. Porém, esse ponto apenas poderia ser testado com a realização de testes durante um determinado período com vários utentes. Estes utilizariam ortóteses com espessuras diferentes entre eles, diariamente, como o tratamento indica, para posteriormente ser efetuada a devida análise relativamente ao desgaste das diferentes peças, de maneira a verificar que espessuras teriam melhor comportamento, ao longo do tempo.

Esse tipo de teste não seria possível realizar no contexto desta dissertação, não só pelo facto da ortótese ainda não ser testada medicinalmente, mas também por questões de custos e tempo de projeto. No entanto, poderá ser uma questão deixada em aberto para futuros estudos e pesquisas.

5.5.5. Protótipo Final

Por fim, desenvolvidos e solucionados todos os pontos da nova ortótese, é possível passar para a produção do protótipo final.

Antes da impressão é realizado um *assembly* do colete com todas as peças que o complementam, nomeadamente as peças de ajuste frontais e a peça interior, para verificação de todo o conjunto, tal como se verifica na figura 45.



Figura 45 - Assembly do colete com as peças de encaixe

Posto isto, após se verificar que todas as peças estão bem conciliadas entre si, o colete está pronto para impressão.

O colete e as peças, embora impressas simultaneamente dentro da câmara de impressão, terão de ser impressas desmontadas, pois caso contrário ficariam coladas. O colete é então produzido, em PA12 (poliamida 12), na tecnologia SLS (figura 46).

A figura 48 demonstra, então, o protótipo final deste projeto. Todas as peças foram montadas ao colete, e foram adicionadas as fivelas para aperto. Relativamente a este aspeto, a forma de aperto foi mantida igual ao colete original, ou seja, o mesmo sistema de velcros, pois trata-se de um método simples que funciona muito bem nos coletes comuns, da qual os utentes não apontam pontos negativos. No caso, as fitas ficam fixadas por um parafuso ou tacha numa das aberturas existentes do colete, sendo que podem ser trocadas de lugar caso exista necessidade para tal.

Dá-se então por terminado o processo de desenvolvimento do conceito e conceção do protótipo, permitindo passar para a última fase do projeto – o teste de usabilidade com a utilizadora.

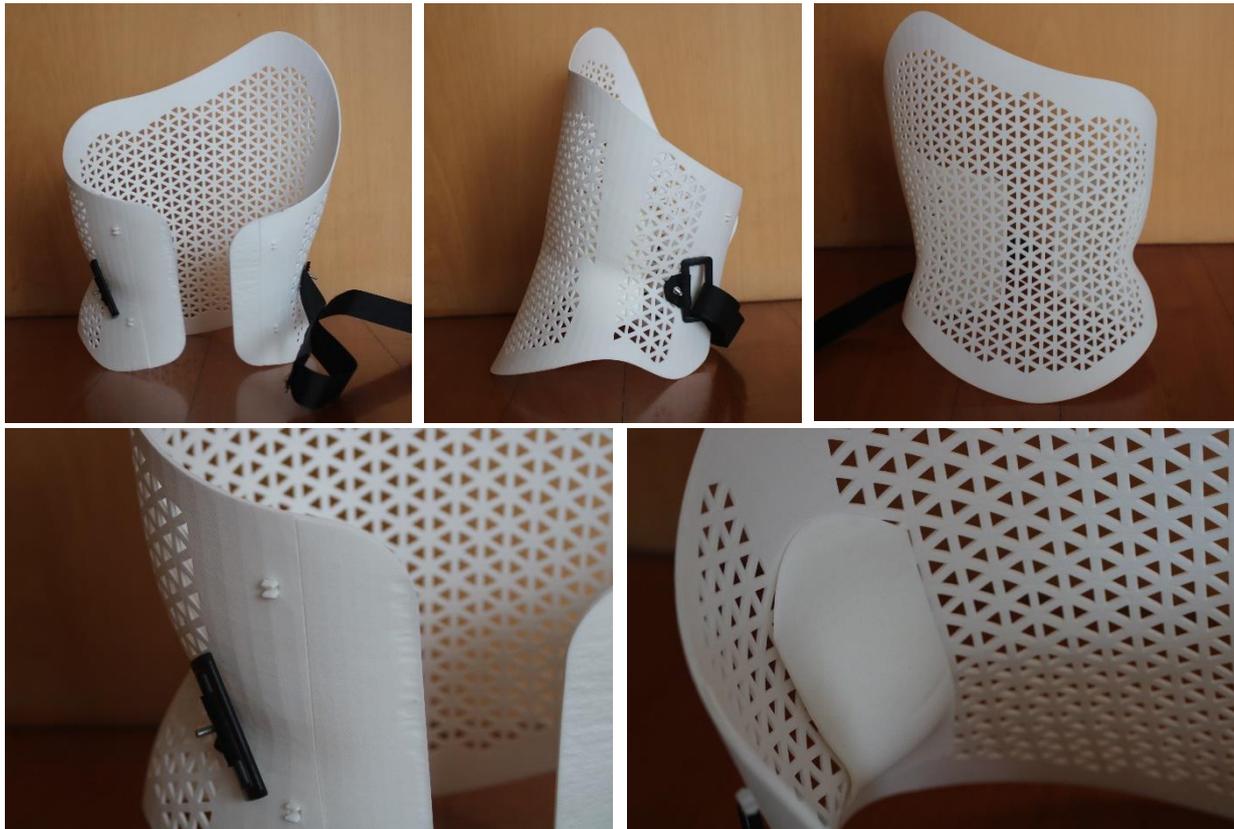


Figura 46 - Protótipo final

5.6 Validação Final

É nesta fase que irá ser realizada a comparação entre a ortótese comum e a ortótese nova, por parte da utente, e que trará conclusões sobre quais os pontos positivos e negativos do projeto.

O processo inicia-se então com uma explicação à utente, Carolina, sobre as novas características do colete e como funciona. É também indicado que aquele protótipo poderá ter alguns ajustes a fazer futuramente, que foi o único protótipo realizado por razões monetárias, e que não possui as almofadas interiores necessárias ao tratamento, apenas contém a peça interior que foi desenvolvida sem qualquer especificação, que serve para verificar encaixes e para testar se a força exercida é sentida pelo utente.

Posto isto, a utente inicia o processo de colocação do colete. Na sequência de fotos da figura 47 verifica-se todo esse processo documentado por fotografias.



Figura 47 - Sequência de fotos relativa à colocação do colete por parte da utente

Após a colocação da ortótese, a utente está pronta para responder a algumas perguntas que irão comparar este novo colete com o colete que utiliza diariamente. As questões realizadas serão à volta das mesmas questões que foram realizadas no início do desenvolvimento, capítulo 5, secção 5.5.1, relativamente àquilo que incomodava a utente na utilização da sua ortótese.

Sendo assim, mais uma vez, as questões e respostas serão documentadas em formato de entrevista, apresentadas de seguida.

1- Para começarmos, quando fizemos o scanner do teu tronco, no início do trabalho, sentiste algum desconforto? Entre esse processo de scanner e o processo de criação do molde de gesso para o teu colete, qual deles te incomodou mais?

“Não houve qualquer tipo de desconforto na realização do scanner, porque apenas tive de me manter com uma postura ereta e os braços abertos, sem que houvesse contacto físico. É um processo muito mais confortável do que a realização dos moldes de gesso, porque, para além de no processo de moldes ter de ficar suspensa pelos membros, o gesso tem de ser colocado à volta do meu corpo. É um processo muito mais demorado e, por um lado, muito mais invasivo. Portanto, dou muita mais preferência ao processo de scanner.”

2- Sentiste alguma dificuldade em vestir o colete? Ou alguma diferença em relação ao teu?

“Não, não senti dificuldade, e sim é diferente do meu colete porque é muito mais fácil de o vestir. Parece mais maleável.”

3- Embora esse colete apenas tenha uma peça interior e não tenha almofadas, sentes que exerce força contra o corpo?

“Sim, nesse aspeto, na zona onde tem a peça interior, a sensação de pressão que sinto é igual ao meu colete. Embora seja uma estrutura mais fina, a sensação é a mesma.”

4- Todos aqueles pontos que indicaste que seriam aspetos a mudar no teu colete, por te incomodarem, ou seja, a zona abaixo das axilas, a zona elevada das costas e também a zona pélvica, foram tidos em conta na realização deste colete. Agora que esses aspetos foram melhorados, sentes que o colete está como idealizaste?

“Sim. Este colete está muito mais confortável, a ausência da zona das axilas e a pouca extensão da zona pélvica fazem com que o colete não me magoe nessas áreas, e sinto que tenho mais liberdade de movimento. Na zona das costas, apenas do lado direito sinto que o colete me bate um pouco na omoplata e que causa desconforto, talvez tivesse de ficar um pouco mais baixo, para que não batesse mesmo na omoplata. Mesmo assim, a zona das costas está muito melhor, por não estar tão comprida. Sinto que o colete se vai notar muito menos debaixo da roupa.”

5- Relativamente então aos movimentos do corpo. Achas que esse colete tem o mesmo comportamento que o teu?

“Não, graças à ausência da zona abaixo das axilas e à menor extensão do material na zona das costas, sinto que tenho mais liberdade de movimento.”

6- Em relação ao calor, sentes que esse colete é mais ou menos arejado que o teu?

“Embora só o esteja a utilizar há poucos minutos, sinto que é um colete muito mais fresco, por ter muitas aberturas. Quando coloco o meu, sinto automaticamente o meu corpo mais abafado, e com este não senti isso.”

7- Por fim, a nível estético, como o comparas em relação ao teu colete?

“É sem dúvida muito mais elegante, mais bonito, e é muito mais desejável de usar. Se me dessem a escolher entre este e o meu, logo pelo aspeto físico, eu escolheria este.”

Terminado o *feedback* da utente em relação ao novo colete, pode-se constatar que a sua avaliação foi bastante positiva e que existe uma preferência da utente em relação à nova ortótese criada. As conclusões detalhadas relativamente a este ponto serão documentadas no próximo capítulo, referente a conclusões finais. Seguidamente são apresentadas algumas fotografias (figura 48) que documentam a utilização da ortótese por parte da utente.



Figura 48 - Utente a utilizar o colete em fabrico aditivo

5.7 Metodologia de criação da ortótese

Após o desenvolvimento, surge então a necessidade de especificar e descrever toda a metodologia criada para a conceção de um colete para escoliose em fabrico aditivo, assim como compará-la perante a metodologia de criação dos coletes comuns.

Sendo assim, idealiza-se que o processo passe por nove fases:

- 1) **Diagnóstico de escoliose e processo médico** - A indicação do colete ortopédico surge após o diagnóstico de uma escoliose que possa ser tratada a partir deste método, e que parte dos especialistas de saúde, médicos e fisioterapeutas.

- 2) **Análise da curvatura** – Após o diagnóstico e certificação de que a curvatura apresenta as especificações para tratamento com colete ortopédico, há uma análise da curvatura, sendo realizados vários exames, como por exemplo um raio-x, para que o corpo médico estude a melhor forma de realizar o tratamento e de que forma terão que colocar a ortótese a atuar sobre a deformidade.
- 3) **Realização do scanner 3D do tronco** – Posteriormente ao consentimento do paciente e dos respetivos encarregados de educação em avançar com o tratamento, inicia-se a realização do scanner 3D do tronco do utente. Este é um processo que requer a utilização de um software de captação 3D, e de um dispositivo que capture a imagem. Poderá ser conseguido através de equipamento especializado para *scanner 3D*, porém, atualmente, este é um tipo de processo que é possível fazer através de alguns *smartphones* e *tablets*, e com *softwares* de preço acessível, sendo que alguns deles apresentam versões mais simplificadas que não requerem custos, como por exemplo o *software “3D Scanner App”*. Após efetuado o scanner, estando o ficheiro em formato STL, compatível com qualquer programa CAD, este servirá de molde virtual para a modelação da ortótese.
- 4) **Discussão com o corpo médico** - Inicia-se a realização da estrutura do colete, que varia sempre de paciente para paciente, de acordo com a sua curva de escoliose, anatomia e foco de tratamento. A forma que o colete irá possuir, ou seja, as suas curvas, zonas de pressão e força, serão decididas pela equipa de médicos e fisioterapeutas, que terão a tarefa de passar toda a informação ao técnico de desenho. Este, por sua vez, terá a função de criar um esboço daquilo que se pretende ser a estrutura do colete (de acordo com as indicações médicas), e após aprovação dos profissionais constituintes poderá iniciar o processo de desenho do modelo 3D.
- 5) **Modelação da ortótese** - A partir daí, cabe ao técnico/designer desenvolver a modelação da ortótese, de acordo com aquilo que foi aprovado pela equipa, à volta do scanner 3D do tronco do utente, que foi realizado anteriormente. Não é necessário que exista um método nesta fase de modelação, pois cada técnico poderá trabalhar com o software CAD que achar mais adequado, com o qual esteja mais familiarizado, e utilizar o tipo de comandos e estratégias de modelação que entender que resultam melhor. Apenas será importante que a peça seja modelada de forma a que a sua estrutura seja editável, mesmo depois de concluída, para o caso de haver necessidade de alterar a estrutura da ortótese ao longo do tratamento. Este processo deverá ser periodicamente acompanhado pela equipa de saúde, isto porque o processo permite uma visualização virtual da peça no corpo do paciente, algo que poderá auxiliar a equipa médica a identificar alguns aspetos

da estrutura que não foram vistos anteriormente, ou até mesmo, melhorar algumas características de forma a melhorar o seu funcionamento.

- 6) **Impressão de um modelo teste** - Após a finalização da peça, será importante realizar uma análise detalhada da modelação 3D, não só da estrutura em si como da relação entre a peça e o scanner do corpo, para que haja uma menor probabilidade de erros. Após toda essa análise, o colete estará pronto a ser produzido e testado. No entanto, poderá haver a possibilidade da criação de um modelo teste antes da produção final. Embora exista menos chance de erro neste tipo de fabrico, devido a toda a visualização virtual que existe da peça antes de ser impressa, a realização de um colete com a mesma estrutura do colete final, mas num material e tecnologia mais económicos, irá permitir que o colete final não necessite de praticamente nenhuns ajustes, acabando por tornar o processo mais rápido e perfeccionista. Esta é uma fase do processo que será opcional.
- 7) **Impressão da ortótese final** – Feitas todas as revisões necessárias, poderá produzir-se a ortótese completa, no material e tecnologia pretendidos. Esta fase inclui não só a impressão da peça como também a limpeza e realização de acabamentos da mesma, como, por exemplo, o tingimento da peça com cor e a colocação das fivelas e fitas velcro. A ortótese só passará à seguinte fase quando estiver pronta para uso.
- 8) **Teste com o utente** – Com a ortótese finalizada, é então possível passar à experimentação da mesma, fase em que o utente veste o colete final e a equipa de especialistas verifica se há algum ajuste a fazer na ortótese, aplica as almofadas necessárias para o tratamento e passa todas as instruções de utilização ao paciente.
- 9) **Ajustes** – Caso exista então a necessidade de realização de peças interiores em fabrico aditivo para fortalecer alguma zona da peça, essa informação deverá ser passada para o técnico e deverá ser feito o processo idêntico ao que foi feito anteriormente na modelação do colete, mas desta vez para a modelação das peças interiores. As peças serão colocadas após estarem finalizadas e o colete estará pronto a utilizar. Esta é uma fase contínua, pois o processo de ajuste irá acontecer mensalmente, ou com o intervalo de tempo estipulado pela equipa médica, em que a ortótese é reavaliada e poderão ser substituídas e/ou acrescentadas almofadas e peças interiores, conforme a progressão do tratamento.

É então desta forma que se descreve a metodologia criada para a conceção de um colete para tratamento de escoliose em fabrico aditivo, que poderá ser implementada em qualquer clínica

especialista que opte por adotar este processo, e que obtenha uma parceria com um laboratório de produção em fabrico aditivo, funcionando como seus fornecedores ou parceiros.

5.8 Comparação com metodologia comum

A metodologia de criação dos coletes comuns apresenta alguns pontos em comum com a metodologia criada nesta dissertação, especialmente algumas fases iniciais. No entanto, dada a razão de os processos de produção serem totalmente dispares um do outro, o método utilizado desde o início do diagnóstico até ao colete final em ambas as metodologias apresentam vários contrastes entre si.

5.8.1 Contextualização de processo de produção

Para contextualização, apresenta-se uma breve descrição do método de produção do colete comum. Este passa pela criação inicial de moldes de gesso, cujo processo é descrito anteriormente (capítulo 5, secção 5.5.1, pergunta número 3 da entrevista à utente Carolina), que serve de base para a construção do colete final. Esta peça é produzida com a colocação de uma folha de polímero previamente aquecida à volta do molde de gesso e é retirado, a vácuo, o ar que existe entre o polímero e essa estrutura base que possui a forma do corpo do utente, fazendo com que o polímero comece a arrefecer e fique moldado com a forma da estrutura de gesso (figura 49). De seguida são recortados os excessos de material, a peça é aparada e perfurada para que sejam aplicadas as fivelas, e fica a primeira versão do colete finalizada. Caso sejam necessários ajustes, como recortar o material ou aquecê-lo para moldar algumas zonas, o colete terá de voltar para o protésico (produtor do colete) para que ele faça os devidos ajustes.



Figura 49 - Processo de produção de colete tradicional

5.8.2 Comparação entre metodologias

Posto isto, tal como já descrito, as metodologias de produção tradicional e de produção em fabrico aditivo apresentam características diferentes, que poderão então ser comparadas entre si, analisando

fase a fase, e descrevendo pontos positivos e negativos em cada uma delas, na tabela 1 apresentada de seguida. Em cada uma das fases, estará assinalada a verde a metodologia que apresenta mais pontos positivos em relação à outra.

Tabela 1 - Comparação entre metodologia de produção comum e metodologia de criação em fabrico aditivo

FASES	Metodologia 1- Colete comum	Metodologia 2 - Colete em fabrico aditivo	COMPARAÇÃO
1	Diagnóstico de escoliose	Diagnóstico de escoliose	Fases iguais
2	Análise da curvatura	Análise da curvatura	Fases iguais
3	Realização dos moldes de gesso	Realização do scanner 3D	Metodologia 2 a favor: - A realização dos moldes de gesso requer o submetimento do paciente a uma situação muito pouco confortável, pela posição em que se deve manter enquanto fica suspenso. - O processo de scanner 3D é um processo rápido e limpo, que não requer qualquer tipo de toque físico com a utente.
4	Discussão com o corpo médico e passagem de informação ao protésico	Discussão com o corpo médico e passagem de informação ao técnico	Metodologia 2 a favor: - Nesta fase, os processos apresentam pontos muito idênticos, porém a metodologia 2 poderá apresentar mais pontos positivos pelo facto de o técnico ser um funcionário que poderá trabalhar exclusivamente com a equipa médica, enquanto que o protésico é, normalmente, um trabalhador independente que trabalha para várias clínicas (tendo em conta a situação da clínica FísioVida – clínica estudada).
5	Preparação do molde de gesso e pré-aquecimento da folha polimérica	Modelação da ortótese	Metodologia 1 a favor: - Relativamente à preparação da peça, a metodologia 1 não apresenta um trabalho tão detalhado e complexo de preparação prévia antes da produção final, enquanto que a metodologia 2 requer um trabalho extra de modelação da peça virtual, e que poderá exigir alguns dias de duração até que o trabalho fique finalizado.
6		Análise da modelação; impressão de colete teste (opcional)	Sem termo de comparação: - Na metodologia 1 não há qualquer tipo de visualização anterior ou possibilidade de criação de modelo teste antes da produção final.

7	Produção do colete termomoldado	Impressão do colete	<p>Metodologia 2 a favor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No processo de impressão 3D a peça ficará finalizada em poucas horas (entre 2 a 4 horas), sendo que apenas é necessário a preparação de máquina e o <i>upload</i> do ficheiro STL para impressão. A tecnologia permite que sejam produzidos mais do que um colete simultaneamente (para mais que um utente) e que os coletes sejam impressos já com todos os pormenores. - Já o processo de termomodelação, requer o trabalho de pelo menos dois funcionários, que envolvam o molde de gesso com o plástico quente, é um processo mais arcaico, mais demorado, e que só permite a produção de um colete de cada vez. Para além disso, é necessário que o polímero arrefeça e a ortótese só ficará finalizada depois do material ser aparado e recortado com a forma pretendida.
8	Recorte do material, e adição de fivelas	Adição de fivelas	<p>Metodologia 2 a favor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para que se finalize o colete, nesta fase, na metodologia 1, o colete ainda necessita de aparas no material e que seja feito o recorte dos limites da peça. Para além disso, têm ainda de ser colocadas as fivelas para aperto, e, em alguns casos, o colete é perfurado em algumas zonas com um berbequim, para arejar ligeiramente a ortótese. - Já na metodologia 2, nesta fase, apenas é necessária a adição das fivelas, pois todos os outros pontos já ficaram resolvidos na fase anterior.
9	Teste com utente e análise da estrutura	Teste com utente e análise da estrutura	Fases iguais
10	Ajustes realizados – aquecimento do polímero	Ajustes realizados – realização de peças interiores	<p>Metodologia 2 a favor:</p> <p>Exige menos uso de material e menos custos.</p>

Desta forma, analisando os resultados obtidos na tabela, a metodologia de produção de coletes em fabrico aditivo acaba por se sobressair pela positiva, com mais pontos a favor do que a metodologia

de produção do colete tradicional. As conclusões retiradas desta análise serão descritas mais aprofundadamente no próximo capítulo, referente às conclusões finais.

CAPÍTULO 6 - Conclusões finais

Por fim, após toda a pesquisa, desenvolvimento e realização de testes, é possível retirar conclusões relativas a todo o projeto da presente dissertação. São então apresentadas as conclusões relativas à metodologia criada, ao produto desenvolvido e, por fim, as conclusões finais do projeto comparando o que foi pesquisado e documentado inicialmente com os resultados desta dissertação.

6.1 Conclusões relativas à metodologia

Como visto no capítulo 5, na tabela 1 da secção 5.7, a metodologia que se sobressaiu pela positiva foi, efetivamente, a nova metodologia criada, para produção em fabrico aditivo. Esta, por sua vez, traz vantagens a nível de inovação e tecnologia, a nível de tempo e facilidade de produção, e apresenta sempre um ponto de comparação perante a metodologia tradicional.

Para além disso, a metodologia de produção em fabrico aditivo apresenta uma vantagem adicional, que se pode considerar um ponto a favor, em relação à metodologia tradicional, que é o facto de existir uma pré-visualização de como ficará a ortótese, evitando que alguns erros mais evidentes aconteçam.

Porém existem alguns pontos menos positivos na produção em fabrico aditivo, que será o caso da necessidade de realização de uma modelação 3D, que é em si um trabalho minucioso, para o qual é necessária a aquisição de um *software* CAD, e que poderá ter alguns impasses durante o processo, como erros de software, dificuldades de modelação, etc. Para além disso, existe também a questão monetária, pois há uma diferença de custos em relação aos dois métodos de produção. Um colete tradicional, segundo as indicações da clínica FísioVida, normalmente ronda um valor de 200 euros por colete, enquanto que um colete em fabrico aditivo, na tecnologia SLS e com o material selecionado, poderá ultrapassar os 400 euros.

Ou seja, ambas a produções contêm pontos positivos e pontos negativos, mas é visível que o tipo de produção que traz mais vantagens é, efetivamente, a de fabrico aditivo, tanto a nível produtivo e industrial como a nível de método e otimização do processo.

6.2 Conclusões relativas ao produto final

Relativamente ao produto final em si, de acordo com o *feedback* dado pela Carolina que experimentou o protótipo, e que pode comparar o mesmo com a sua própria ortótese que utiliza diariamente, a avaliação de cada ponto de comparação foi bastante positiva. Em todos os aspetos analisados, e tendo em conta os requisitos iniciais do produto, a utente indicou que a nova ortótese produzida respondia melhor do que o colete comum.

Portanto, estas conclusões verificam-se, primeiramente, com a análise à correspondência com os requisitos gerais. Relativamente ao primeiro requisito - **diminuição do desconforto associado ao calor e transpiração** – a Carolina considerou que o colete em fabrico aditivo se demonstrava muito mais arejado e fresco do que o seu colete termomoldado, descrevendo que a sensação de calor que costumava sentir quando vestia o seu próprio colete, não foi sentida quando vestiu o colete em fabrico aditivo.

Relativamente ao segundo requisito - **melhorar a parte estética e as características chamativas do colete** – esta é a primeira observação feita por Carolina, ainda antes de vestir o colete, que descreve o colete em fabrico aditivo como sendo mais elegante, mais bonito e desejável de se usar, em relação ao colete termomoldado. Para além disso, após vestir o respetivo colete, indica que é uma peça que não se irá notar tanto quando vestido sob a roupa, considerando isso um aspeto muito bom para o seu bem-estar.

Já no caso do último requisito - **criar um colete que seja o mais ajustável possível** – as conclusões não partiram da Carolina, mas sim no fisioterapeuta que acompanhou todo o processo de desenvolvimento, Dr. João Baptista, por ter mais perceção de todos os ajustes que são feitos ao longo dos tratamentos. Na opinião do Dr., o colete respondeu aos problemas existentes, foram criadas soluções para as questões de ajuste que poderão funcionar, e acredita que o colete poderá ter um desempenho igual ou melhor aos coletes tradicionais.

Por fim, foram também retiradas conclusões associando os aspetos da estrutura que foram descritos pela utente como pontos pouco confortáveis. Esses aspetos, relativos ao colete termomoldado, criticados pela utente, foram tidos em conta na concessão estrutural da nova ortótese, sendo então testados agora com a experimentação do protótipo final.

Resumidamente, os pontos aqui abordados foram a zona sob as axilas, a zona do cimo das costas e a zona da parte pélvica, que, na opinião da Carolina, poderiam ser alteradas para um maior conforto pessoal. Após aprovação do Dr. João Baptista, a ortótese foi então produzida com essas mesmas alterações e que, segundo a opinião da utente, tornaram o colete muito mais confortável e permitiram uma liberdade de movimentos que não existia. Para além disso, a redução do material na zona das costas, permitiu que o colete não ficasse tão evidente por baixo da roupa, fazendo com que a utente se sentisse mais confortável e à vontade com a ortótese.

6.3 Conclusão final

Finalizando esta dissertação, pode-se concluir que o projeto correspondeu à proposta inicial. Foi desenvolvida uma metodologia e um conceito novo de ortótese para tratamento de escoliose em crianças e adolescentes, que respondeu e apresentou soluções às questões e necessidades existentes tanto a nível de produção deste tipo de ortóteses, como a nível de utilização.

Pode-se considerar, como concluído anteriormente, que a metodologia apresentada como substituição à metodologia tradicional apresenta mais vantagens do que desvantagens, quando ambas são comparadas, e que é uma metodologia que poderá ser implementada em qualquer clínica, hospital, posto de fisioterapia, etc., a nível nacional, tendo como fornecedores ou parceiros algum tipo de empresa que trabalhe com produção de fabrico aditivo.

Para além disso, na própria ortótese em si, foram criadas soluções que respondem às necessidades dos utilizadores no seu quotidiano e às necessidades que existem durante o tratamento, sem que este seja comprometido, e de forma a criar uma melhor relação entre o utilizador e a sua própria ortótese.

Assim, conclui-se que o projeto conseguiu demonstrar que a produção de coletes para tratamento de escoliose em fabrico aditivo trará não só vantagens na industrialização dos mesmos, mas, principalmente, irá auxiliar crianças e jovens adolescentes a aceitar com mais facilidade o tratamento ao qual são sujeitos e a terem uma melhor qualidade de vida.

Bibliografia

About / Exos. (n.d.). Retrieved November 16, 2022, from <https://exosarmor.com/about>

Allard Support UK Ltd. Reference Manual For The Boston Scoliosis Brace, (2013).
www.allarduk.co.uk

Brightlands Materials Center. (2022). *Bright Smart Scoliosis Brace*. A Better Brace for Scoliosis Patients with Composite Additive Manufacturing.
<https://www.brightlandsmaterialscenter.com/bright-smart-scoliosis-brace/>

Bryce, T. N., Sheth, P., Chen, B., & Ragnarsson, K. T. (2008). Spinal Orthoses. *Interventional Spine*, 485–493. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7216-2872-1.50048-0>

Choo, Y. J., Boudier-Revéret, M., & Chang, M. C. (2020). 3D printing technology applied to orthosis manufacturing: narrative review. *Annals of Palliative Medicine*, 9(6), 4262–4270.
<https://doi.org/10.21037/APM-20-1185>

The Providence Scoliosis System Manual, (2003).

Döhnert, M., & Tomasi E. (2008). *ARTIGO CIENTÍFICO Validity of computed photogrammetry for detecting idiopathic scoliosis in adolescents.*

Dovorany, B. (2021). *Providence Brace Vs ScolisSMART Activity Suit: Amigo ou Inimigo?*
<https://www.treatingscoliosis.com/blog/providence-brace-vs-scolismart/>

Dunne, C. (2014). *3D systems Bespoke*. A 3-D Printed Back Brace Scoliosis Patients Might Not Hate Wearing. <https://www.fastcompany.com/3031810/a-3-d-printed-back-brace-scoliosis-patients-might-not-hate-wearing>

Erickson, A. (2019). *Lordose: causas, tratamentos e riscos*. What Causes Lordosis?
<https://www.healthline.com/health/lordosis>

Escoliose - sintomas, diagnóstico e tratamento. (n.d.). Retrieved July 25, 2023, from <https://www.aans.org/en/Patients/Neurosurgical-Conditions-and-Treatments/Scoliosis>

Fabbrix. (2021, January 20). *[Timelapse] Orthopedic corset - Fabbrix® Itália.* [Timelapse] Orthopedic Corset. <https://www.fabbrix.com/en/blog/42-printed-parts/82-timelapse-orthopedic-corset>

- Fayssoux, R. S., Cho, R. H., & Herman, M. J. (2010). A History of Bracing for Idiopathic Scoliosis in North America. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 468(3), 654. <https://doi.org/10.1007/S11999-009-0888-5>
- Goh, G. D., Yap, Y. L., Agarwala, S. ;, Yeong, W. Y. ; G. D., & Yeong, W. Y. (2018). Recent progress in additive manufacturing of fiber reinforced polymer composite. *Advanced Materials Technologies*, 4(1), 1800271. <https://doi.org/10.1002/admt.201800271>
- Grivas, T. B., Rodopoulos, G. I., & Bardakos, N. v. (2008). Night-time braces for treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis. In *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology* (Vol. 3, Issue 3, pp. 120–129). <https://doi.org/10.1080/17483100801903954>
- Gülcan, O., Günaydın, K., & Tamer, A. (2021). The State of the Art of Material Jetting—A Critical Review. *Polymers* 2021, Vol. 13, Page 2829, 13(16), 2829. <https://doi.org/10.3390/POLYM13162829>
- Han, W., Kong, L., & Xu, M. (2022). Advances in selective laser sintering of polymers. *International Journal of Extreme Manufacturing*, 4(4), 042002. <https://doi.org/10.1088/2631-7990/AC9096>
- Hanaphy, P. (2021). *Exos showcases 'Armor' customizable 3D printed back supports at CES 2021 - 3D Printing Industry*. EXOS SHOWCASES 'ARMOR' CUSTOMIZABLE 3D PRINTED BACK SUPPORTS AT CES 2021. <https://3dprintingindustry.com/news/exos-showcases-armor-customizable-3d-printed-back-supports-at-ces-2021-182144/>
- Hill, R. (2014). *3D systems Bespoke*. 3D Systems Unveils 3D Printed Bespoke™ Braces for Chronic Condition Scoliosis. <https://www.3dsystems.com/press-releases/3d-systems-unveils-3d-printed-bespoketm-braces-chronic-condition-scoliosis>
- Hooper, C. R., Reed, F. E., & Price, C. T. (2003). *The Charleston Bending Brace - An Orthotist's Guide to Scoliosis Management* (The Charleston Bending Brace Foundation, Ed.; 2003rd ed.). <https://www.yumpu.com/en/document/read/51724264/charleston-brace-pdf>
- Hudson, L. (2017). *Assentos para escoliose, lordose e cifose - Yorkshire Care Equipment*. What Are the Differences between Kyphosis, Lordosis, and Scoliosis? <https://www.yorkshirecareequipment.com/advice-tips/differences-kyphosis-lordosis-scoliosis/>

- Jin, Y. A., Plott, J., Chen, R., Wensman, J., & Shih, A. (2015). Additive Manufacturing of Custom Orthoses and Prostheses – A Review. *Procedia CIRP*, 36, 199–204. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2015.02.125>
- Krassenstein, B. (2014). *3D Systems Unveils 3D Printed Bespoke Back Brace to Treat Chronic Scoliosis - 3DPrint.com | The Voice of 3D Printing / Additive Manufacturing*. 3D Systems Unveils 3D Printed Bespoke Back Brace to Treat Chronic Scoliosis. <https://3dprint.com/5596/3d-printed-bespoke-back-brace/>
- Lantada, A. D., & Morgado, P. L. (2012). Rapid prototyping for biomedical engineering: current capabilities and challenges. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 14, 73–96. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-BIOENG-071811-150112>
- Lusa. (2021). Estudo revela que coletes ortopédicos não têm vantagens no tratamento de fraturas da coluna - Sociedade - Correio da Manhã. *Estudo Revela Que Coletes Ortopédicos Não Têm Vantagens No Tratamento de Fraturas Da Coluna*. <https://www.cmjornal.pt/sociedade/detalhe/estudo-revela-que-coletes-ortopedicos-nao-tem-vantagens-no-tratamento-de-fraturas-da-coluna>
- Matias, P. (2022, April 21). *Pandemia vs Fabrico aditivo – Uma nova revolução na indústria*. <https://visao.sapo.pt/exameinformatica/opiniao-ei/2020-04-21-pandemia-fabrico-aditivo-uma-nova-revolucao-na-industria/>
- Mineiro, J. (2020). *CUF*. Escoliose Idiopática Juvenil. <https://www.cuf.pt/saude-a-z/escoliose-idiopatica-juvenil>
- Ngan, C. C., Sivasambu, H., Kelland, K., Ramdial, S., & Andrysek, J. (2022). Understanding the adoption of digital workflows in orthotic & prosthetic practice from practitioner perspectives: a qualitative descriptive study. *Prosthetics and Orthotics International*, 46(3), 282–289. <https://doi.org/10.1097/PXR.000000000000107>
- Oliveira, A. (2011). Deformidades da Coluna no Adolescente. *NASCER E CRESCER - Revista Do Hospital de Crianças Maria Pia*, XX.
- Peng, T., Zhu, Y., Leu, M., & Bourell, D. (2020). Additive manufacturing-enabled design, manufacturing, and lifecycle performance. *Additive Manufacturing*, 36, 101646. <https://doi.org/10.1016/J.ADDMA.2020.101646>

- Rahimi, S., Kiaghadi, A., & Fallahian, N. (2020). Effective factors on brace compliance in idiopathic scoliosis: a literature review. *Disability and Rehabilitation. Assistive Technology*, 15(8), 917–923. <https://doi.org/10.1080/17483107.2019.1629117>
- Relatórios e Estudos - Relatórios de Impressão 3D de Manufatura Aditiva*. (n.d.). Retrieved July 25, 2023, from <https://www.smartechanalysis.com/reports/>
- Schiller, J. R., Thakur, N. A., & Ebersson, C. P. (2010). Brace management in adolescent idiopathic scoliosis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 468(3), 670–678. <https://doi.org/10.1007/S11999-009-0884-9/TABLES/2>
- Schwartz, D. A. (2020). Orthoses. *Cooper's Fundamentals of Hand Therapy*, 89–99. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-52479-7.00007-7>
- Stitzel, C. (2021). 7 Types of Scoliosis & Their Differences. <https://www.treatingscoliosis.com/blog/scoliosis-types-differences/>
- Tomonori Sera, M. (2021). *Lordose: o que é, causas e quando buscar tratamentos | Minha Vida*. Lordose: O Que é, Causas e Tratamentos. <https://www.minhavidade.com.br/saude/temas/lordose>
- Verissimo A. (2019). *Ortóteses, quais os tipos e para que servem? - Mais que Cuidar*. Ortóteses, Quais Os Tipos e Para Que Servem? <https://www.maisquecuidar.com/ortoteses-tipos-para-que-servem>
- Verma, P., Ubaid, J., Varadarajan, K. M., Wardle, B. L., & Kumar, S. (2022). Synthesis and Characterization of Carbon Nanotube-Doped Thermoplastic Nanocomposites for the Additive Manufacturing of Self-Sensing Piezoresistive Materials. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 14(6), 8361–8372. <https://doi.org/10.1021/ACSAMI.1C20491>
- Wang, J., Zhang, J., Xu, R., Chen, T. G., Zhou, K. S., & Zhang, H. H. (2018). Measurement of scoliosis Cobb angle by end vertebra tilt angle method. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 13(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/S13018-018-0928-5/FIGURES/5>
- Wilkinson, B. J. (2019). Orthoses in the management of hand dysfunction. *Orthotics and Prosthetics in Rehabilitation*, 370–388. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-60913-5.00014-3>

- Woggon, A. J., & Woggon, D. A. (2015). Patient-reported side effects immediately after chiropractic scoliosis treatment: A cross-sectional survey utilizing a practice-based research network. *Scoliosis, 10*(1). <https://doi.org/10.1186/S13013-015-0053-8>
- World Health Organization. (2020). *WHO methods and data sources for global burden of disease estimates 2000-2019*. http://www.who.int/gho/mortality_burden_disease/en/index.html
- Xometry Team. (2022, August 23). *7 Diferentes Tipos de Manufatura Aditiva | Xometria*. <https://www.xometry.com/resources/3d-printing/types-of-additive-manufacturing/>
- Yang, L., Tang, S. yan, Fan, Z. tian, Jiang, W. ming, & Liu, X. wang. (2021). Rapid casting technology based on selective laser sintering. *China Foundry, 18*(4), 296–306. <https://doi.org/10.1007/S41230-021-1099-2/METRICS>
- Yoo, H. J., Lee, S., Kim, J., Park, C., & Lee, B. (2019). Development of 3D-printed myoelectric hand orthosis for patients with spinal cord injury. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, 16*(1). <https://doi.org/10.1186/S12984-019-0633-6>
- Ziaee, M., & Crane, N. B. (2019). Binder jetting: A review of process, materials, and methods. *Additive Manufacturing, 28*, 781–801. <https://doi.org/10.1016/J.ADDMA.2019.05.031>
- Zuniga, J., Katsavelis, D., Peck, J., Stollberg, J., Petrykowski, M., Carson, A., & Fernandez, C. (2015). Cyborg beast: A low-cost 3d-printed prosthetic hand for children with upper-limb differences. *BMC Research Notes, 8*(1). <https://doi.org/10.1186/S13104-015-0971-9>

Anexos



Campus de Azurém
4800-058 Guimarães – P

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Exmos. Senhores,

Venho por este meio solicitar a vossa colaboração para a investigação que a aluna Rita Cunha Cruz, pg42792, do Mestrado em Engenharia de Produto, da Escola de Engenharia da Universidade do Minho, se encontra a realizar.

Este pedido insere-se no âmbito da Dissertação de Mestrado onde está a ser efetuada uma investigação sobre a utilização de coletes ortopédicos no tratamento de escoliose idiopática do adolescente em utentes entre os 10 e os 18 anos. O objetivo da investigação será questionar alguns utentes relativamente à sua experiência nesse tratamento, de forma a identificar e, futuramente, projetar soluções para os problemas que existem na utilização de colete nessa situação específica.

Informar-se que os dados recolhidos serão usados apenas para os fins desta investigação e serão tratados de acordo com o Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados. Assume-se que o/a participante não autoriza ser identificada. Se futuramente, por algum motivo, existir identificação, esta situação terá de ter a concordância de ambas as partes e um documento terá de ser assinado.

Agradecendo desde já todo o auxílio que lhe possam fornecer.

Com os melhores cumprimentos,

Assinado por: **António José Vilela Pontes**
Num. de Identificação: 09055391
Data: 2022.04.29 10:42:15 +0100

Estudo para Dissertação de mestrado

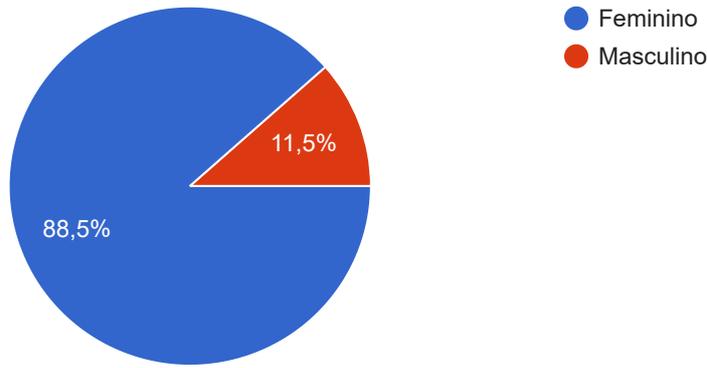
26 respostas

[Publicar estatísticas](#)

1. Qual o teu género?

Copiar

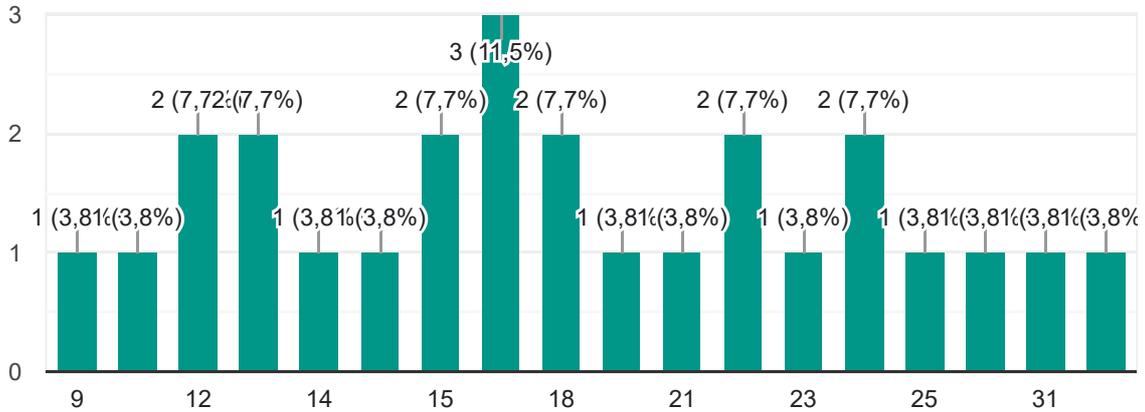
26 respostas



2. Qual a tua idade?

Copiar

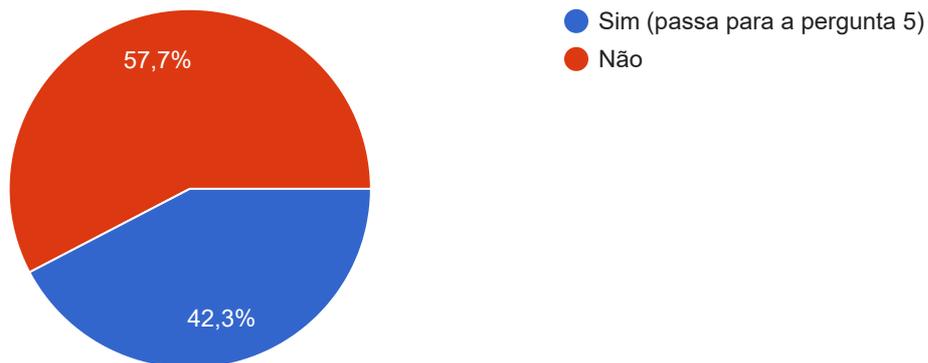
26 respostas



3. Usas colete atualmente?

Copiar

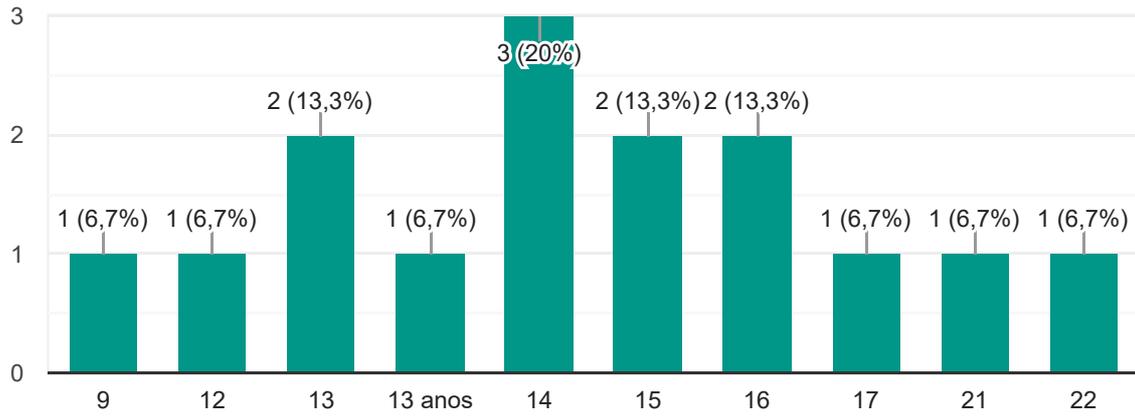
26 respostas



4. Usaste o colete até que idade?

 Copiar

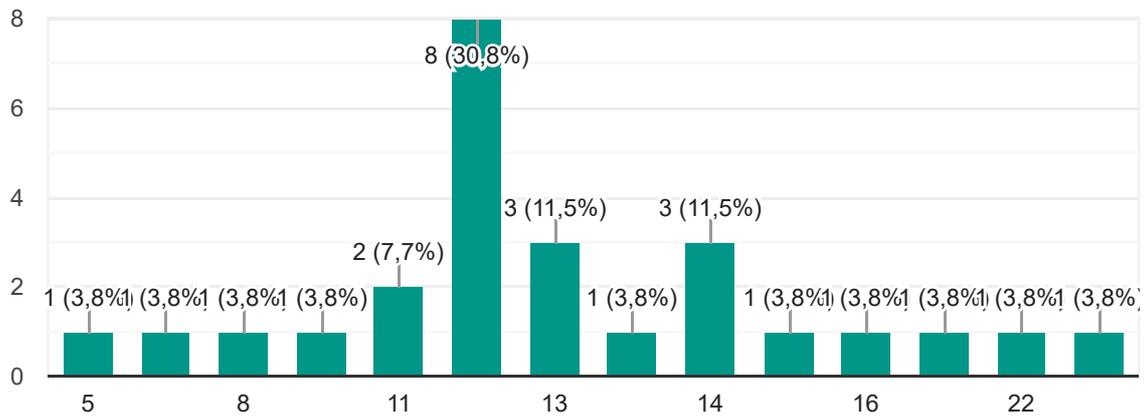
15 respostas



5. Começaste a usar o colete com que idade?

 Copiar

26 respostas



6. No início do tratamento, tiveste lesões na pele? (ex.: feridas, arranhões, pisaduras...)
Quais? Onde?

26 respostas

Não

Não

Só algumas manchas roxas onde entalava a pele com o movimento

Não, apenas desconforto.

Sim, arranhões nas costas principalmente

O colete magoa-me imenso na cintura, principalmente, na parte anterior. Na altura fiquei com as marcas do mesmo naquela região o que me causava vermelhidão e pisaduras.

nao

Pele vermelha na anca quando precisava de ajustar o colete.

ficava bastante marcada na cinta do lado direito, onde apertava uma das fivelas do colete

Sim, arranhões debaixo do braço.

Sim, várias, feridas, pisaduras, assaduras.

Pequenas lesões de fricção na pele nas zonas depois dos braços onde roçava o plástico do colete. Logo após tirar o colete, ganhei estrias nas pernas, nádegas, ancas e barriga ao recuperar o meu peso normal, porque emagreci muito a usar o colete, especialmente no verão, que suava imenso com a camisola interior e o colete por cima. Exceto nessa situação, nunca me apareceram estrias, nem antes, nem depois.

Arranhões nas costas e pisaduras nas axilas.

Às vezes. Pisaduras nos sovacos

Arranhões na zona do peito

Assaduras, na zona da axila

Assaduras na pele na zona onde o colete acabava, ou seja, o colete que eu uso vai mais ou menos até às axilas e nessa zona a pele ficava muitas vezes sensível.

Pisaduras na zona da anca



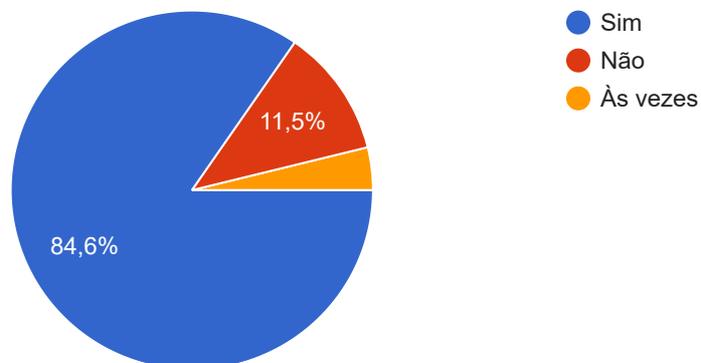
Sim, tive pisaduras, na zona peitoral e anca

Não.

7. Utilizas/ utilizavas sempre uma camisola interior por baixo do colete?

 Copiar

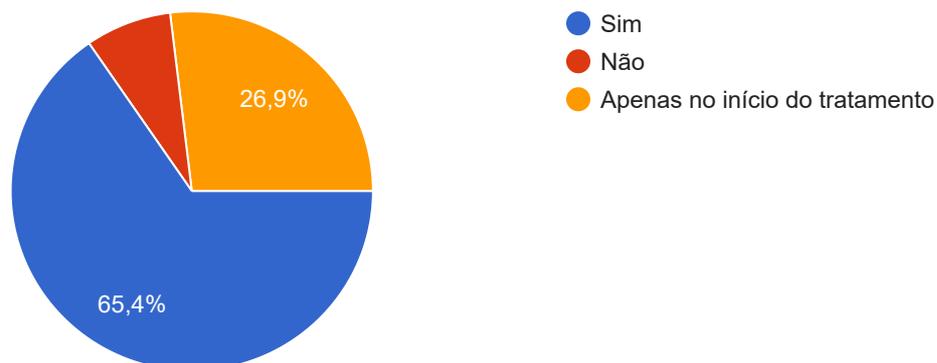
26 respostas



8. Sentes/ sentiste dificuldade em movimentar o tronco durante a utilização do colete?

 Copiar

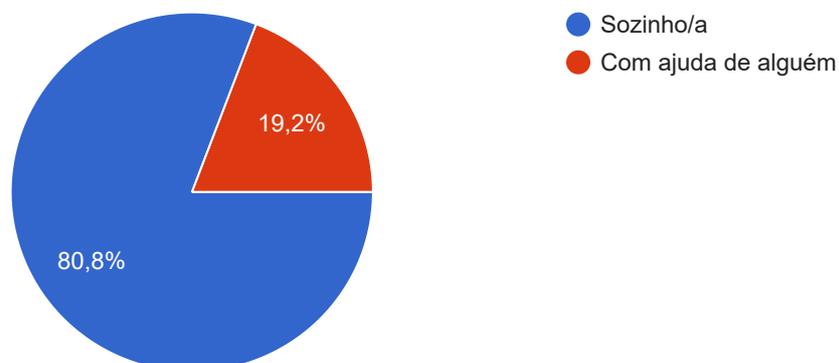
26 respostas



9. Colocas o teu colete sozinha/o ou com ajuda de alguém?

 Copiar

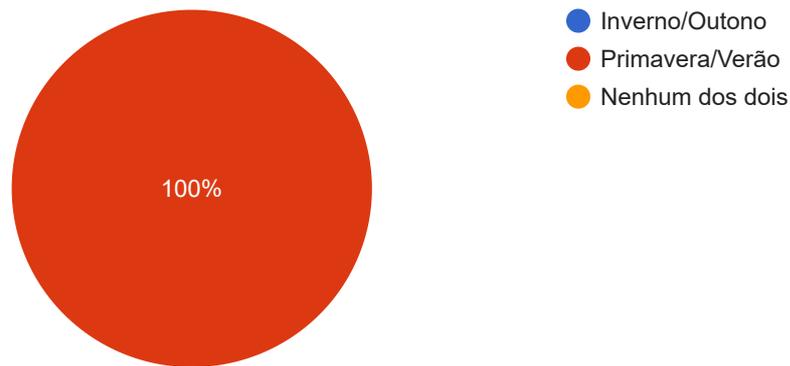
26 respostas



10. Em que altura é mais difícil utilizar o colete?

 Copiar

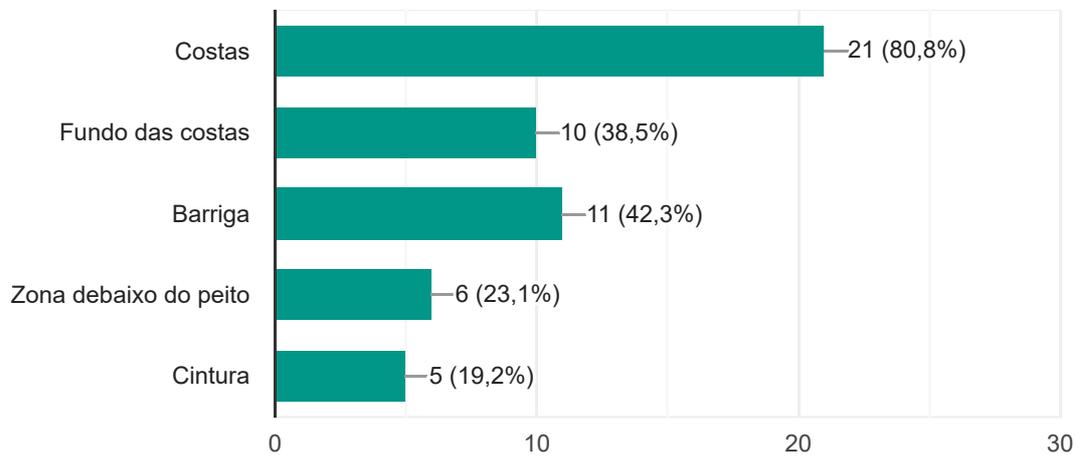
26 respostas



11. Em que zonas do teu corpo sentes/ sentias mais calor ou transpiração?

 Copiar

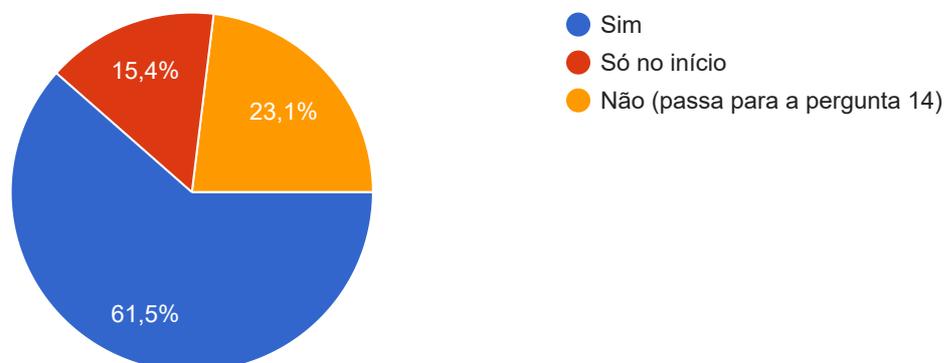
26 respostas



12. Alguma vez sentiste vergonha em utilizar o colete?

 Copiar

26 respostas



13. Quais as razões por teres sentido vergonha de utilizar o colete?

20 respostas

Pelo facto de ser uma coisa diferente e nenhum dos meus colegas usar.

Não gostava de me sentir diferentes dos meus colegas. Sinto que não era algo muito falado e não tinha referências próximas de mim.

Não me achar normal.

Notava se muito.

Por ser grande e visível pelos colegas

A razão pela qual eu tinha vergonha de usar colete era porque este me dificultava a movimentação e porque estava condicionado a vestir dados tipos de roupa porque eu mesmo não queria que os meus colegas vissem que eu tinha o colete e o problema que tenho, no entanto, ao longo do tempo fui-me adaptando a o usar sem problema junto dos meus amigos que o compreenderam, mas sempre fiquei constrangido pelo que os outros que não me conheciam pudessem dizer.

vestuario

Quando tinha educação física, quando a pandemia começou, tinha que deixar o colete na parte exterior perto das mochilas à vista de todos.

não permitia usar roupas que as meninas na minha idade usavam, sobretudo no verão por causa dos tops e assim

Se notar na roupa o colete. Não poder usar as mesmas roupas que as outras meninas no verão nem na primevera porque tinha de usar sempre mais t-shirts por cima. As roupas não ficavam bem.

Era impossível disfarçar, mesmo com roupas largas.

Ser uma coisa claramente visível para os meus colegas da escola, eles não saberem o que era e fazerem perguntas, e depois disso terem pena de mim.

Porque ninguém usava

Pela opinião dos outros

Porque me perguntam o que é, porque é um aparelho muito grande, ...

Porque muitas vezes dava para ver com a roupa



Não se vê normalmente pessoas com colete na rua e principalmente no verão era incomodativo, visto que é a altura do ano onde se usa menos roupa ou roupa mais curta e as pessoas olham com um certo julgamento

Era feio

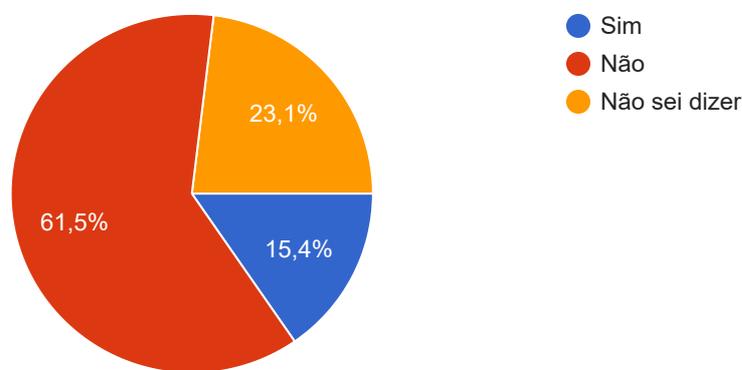
Por me sentir um alvo de bullying

Ficar estranho com certas roupas, ter medo que as pessoas reparassem e achassem estranho (principalmente na escola) e não conseguir fazer certos movimentos (baixar-me, por exemplo).

14. Achas que o colete é pesado?

 Copiar

26 respostas



15. Quantos coletes usaste até hoje, desde o início do tratamento?

26 respostas

1

2

Um

3

1, que foi sendo adaptado

Só usei 1 porque depois fui sujeito a intervenção cirúrgica

Dois.

2 (ambos sofreram algumas modificações ao longo do tempo)

1 de plástico rijo, com vários ajustes das esponjas interiores

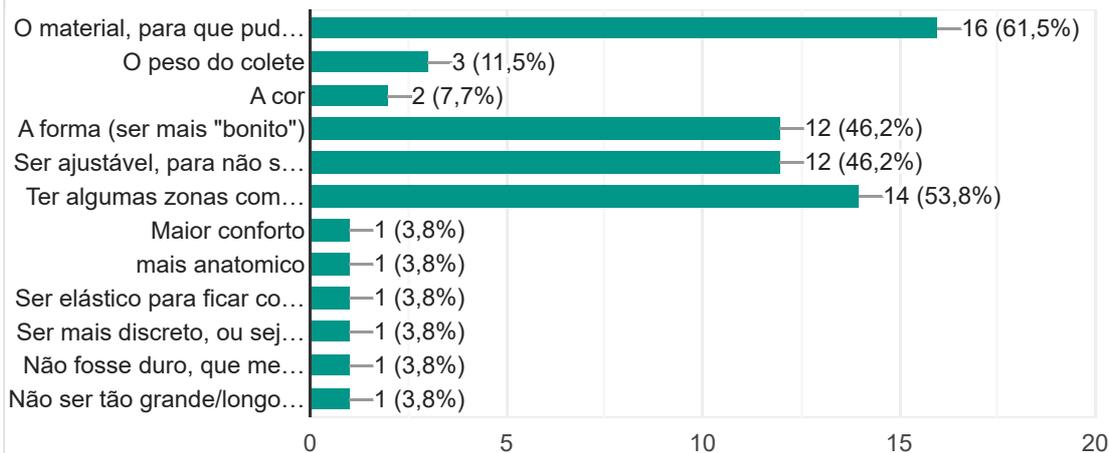
5

4

16. Que aspetos achas que poderiam mudar no teu colete?

 Copiar

26 respostas



Este conteúdo não foi criado nem aprovado pela Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Utilização](#) - [Política de privacidade](#)

Google Formulários



