



**Universidade de Aveiro**  
2021

Departamento de Comunicação e Arte  
Departamento de Engenharia Mecânica

**João Gonçalo  
Courelas Gonçalves**

**Conceção e Maquinagem Assistida por Computador  
ao Serviço do Design: Customização da Cadeira  
Portuguesa**





**Universidade de Aveiro**  
2021

Departamento de Comunicação e Arte  
Departamento de Engenharia Mecânica

**João Gonçalo  
Courelas Gonçalves**

## **Conceção e Maquinagem Assistida por Computador ao Serviço do Design: Customização da Cadeira Portuguesa**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Design de Produto, realizada sob a orientação científica do Doutor João Paulo Davim Tavares da Silva, Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro, e da Doutora Maria de Fátima Teixeira Pombo, Professora Associada c/ Agregação do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro.

Este trabalho teve o apoio financeiro dos projetos UIDB/00481/2020 e UIDP/00481/2020 - FCT - Fundação para Ciência e Tecnologia; e CENTRO-01-0145-FEDER-022083 -

Programa Operacional Regional do Centro (Centro2020), no âmbito do Acordo de Parceria Portugal 2020, através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional.



## **o júri**

### **presidente**

Professor Doutor Ricardo José Alves de Sousa  
Professor Auxiliar *c/* Agregação do Departamento de Engenharia Mecânica,  
Universidade de Aveiro

### **arguente**

Professor Doutor António Manuel Godinho Completo  
Professor Associado *c/* Agregação do Departamento de Engenharia Mecânica,  
Universidade de Aveiro

### **arguente**

Professor Doutor Pedro Nuno Bandeira Maia  
Professor Adjunto da Escola Superior de Educação,  
Instituto Politécnico de Coimbra

### **orientador**

Professor Doutor João Paulo Davim Tavares da Silva  
Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Mecânica,  
Universidade de Aveiro



## agradecimentos

Ao Professor Doutor João Paulo Tavares Davim, pelo apoio, pela disponibilidade e pela motivação, e à Professora Doutora Maria de Fátima Teixeira Pombo, pelo incansável auxílio prestado. Ao desafio proposto e por saberem integrar os meus interesses pessoais nesta proposta. Aos dois pelos contributos científicos da área da Engenharia Mecânica e de Design.

Ao Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro e à instituição Design Factory de Aveiro, juntamente a todos os seus docentes, por providenciarem um espaço de trabalho e apoio. Especialmente ao técnico Gabriel Loureiro, ao técnico César Rodrigues e ao professor Alexandre Kumagai.

A dois grandes amigos de família, que também colaboraram de alguma forma neste projeto, o vendedor de madeiras Pedro Cintrão, pela atenção e fornecimento da placa de material, da empresa Madeira Placa – Sociedade Comercial de Aglomerados de Madeira, Lda., e o Carlos Gomes, integrante do Centro Recreativo e Cultural de Vila Cã, por facultar um modelo real da Cadeira Portuguesa, para servir de exemplar numa análise importante para a customização da cadeira.

À empresa que proporcionou uma experiência distinta do meio académico e que se disponibilizou para ajudar na realização do protótipo, Eficema – Móveis, Unipessoal, Lda. E ao carpinteiro José Diabo, pelo serviço e auxílio prestado no acabamento final do modelo, da empresa Movidiana – Fabricação e Comercialização de Móveis, Lda.

Por fim, aos meus pais e irmã, Guilhermino Gonçalves, Fátima Courelas e Jéssica Gonçalves, pela educação, estabilidade e apoio incondicional ao longo de todo o meu percurso. Sem eles, todo este processo seria impossível. Um obrigado a todos os que de alguma forma foram importantes durante esta jornada, com um agradecimento especial à Sara Dantas pelo apoio incansável.

A todos, um sincero obrigado.





**palavras-chave**

Maquinagem CNC, Design Industrial, Customização, Cadeira Portuguesa

**resumo**

O interesse humano em projetar produtos adequados às suas atividades quotidianas, obriga a que a engenharia e o design estabeleçam uma relação benéfica no desenvolvimento de novos artefactos.

Assim, os processos de produção disponíveis condicionam o desenvolvimento de um produto, e por isso suscitam uma análise crítica e comparativa, de forma que o objeto final supere as necessidades e expectativas do utilizador. Através de uma primeira fase de pesquisa, correspondente à história do mobiliário, é elaborado um catálogo representativo da evolução temporal da história do design de cadeiras, para a contextualização da Cadeira Portuguesa. Posteriormente é analisado o do processo avançado de maquinagem com tecnologia CNC, uma das condicionantes à proposta de trabalho, que tem como finalidade maquinar os componentes integrantes da parte de projeto.

O objetivo culmina com o redesign da “Cadeira Portuguesa”, ícone português, com apresentação de uma nova proposta de desenho adequado a um conceito de customização mais económico, presente em lojas de artigos de baixo custo.



**keywords**

CNC Machining, Industrial Design, Customization, Cadeira Portuguesa

**abstract**

The human interest in projecting products as an answer to daily activities, requires that engineering and design establish a beneficial relationship in the development of new artefacts.

Thus, the available production processes constrain the development of a product, and therefore trigger a critical and comparative analysis, so that the final object exceeds the needs and expectations of the user. Through the first stage of research, corresponding to the history of furniture, was compiled a catalogue with the chronological evolution of chair design history, resulting in the contextualization of the Cadeira Portuguesa. Subsequently, the advanced machining process with CNC technology was analysed, as one of the constraints in the developed project, which aims to machine the components of it.

The project intends to redesign the Cadeira Portuguesa, a Portuguese icon, with the presentation of a new design proposal, suitable for a more economical customization concept, available in low-cost stores.

## Índice

2	<b>Índice de Figuras</b>
14	<b>Índice de Tabelas</b>
16	<b>Índice de Acrónimos e Siglas</b>
18	<b>Introdução</b>
26	<b>Parte I Contextualização Teórica</b>
28	<b>Capítulo I Enquadramento Histórico da Cadeira</b>
29	1.1 Semântica das Formas
32	1.2. Objeto de Design
34	1.3 Impacto da Nova Tecnologia
36	1.4. Evolução da Cadeira
47	1.5. Cadeira Portuguesa
50	1.6. Ergonomia e Antropometria
55	1.6.1. Dimensionamento da Cadeira
57	1.6.2. Estudo Antropométrico da População Portuguesa
58	1.6.2.1. Dimensões Antropométricas Consideradas para o Projeto
62	<b>Parte II Projeto e Fabrico</b>
64	<b>Capítulo I Desenvolvimento do Projeto</b>
65	1.1. Definição do Projeto
67	1.2. Material Selecionado
68	1.3. Projetos obtidos por Maquinagem CNC
76	<b>Capítulo II Abordagem aos Processos de Fabrico</b>
77	2.1. Processos de Maquinagem
78	2.2. Processo de maquinagem em equipamentos convencionais
80	2.3. Processo avançados de maquinagem com tecnologia CNC
83	2.4. Processos de ligação Mecânica
86	<b>Capítulo III Customização da Cadeira Portuguesa</b>
87	3.1. Fabricantes da Cadeira Portuguesa
88	3.1.1. Adico
89	3.1.2. ARCALO
90	3.2. Contextualização Formal
91	3.3. Desenvolvimento Formal
96	3.4. Projeto Concetual
96	3.4.1. Fase I – Maquetas Experimentais
100	3.4.2. Fase II – Primeiro Protótipo
110	3.4.3. Fase III - Segundo Protótipo
116	3.5. Produto Final
124	3.6. Estimativa dos Custos
127	<b>Considerações Finais</b>
133	<b>Referências Bibliográficas</b>
139	<b>Anexos</b>

## **Índice de Figuras**

**figura 1.** 1760 Side Chair, Thomas Chippendale, (1718-1779), EUA. Fonte: Kindersley, D. (2015). *Design: The Definitive Visual History* (1st ed.). London: Dorling Kindersley Ltd.

**figura 2.** 1879 Chair, Model No. 18, Michael Thonet (1796-1871), Áustria. Fonte: [http://collection.design-museum.de/#/en/object/43128?\\_k=nodwr0](http://collection.design-museum.de/#/en/object/43128?_k=nodwr0)

**figura 3.** 1900 Ladder-backed Armchair, Ernest Gimson (1864-1919), Reino Unido. Fonte: Kindersley, D. (2015). *Design: The Definitive Visual History* (1st ed.). London: Dorling Kindersley Ltd.

**figura 4.** 1900 Chair for the dining room of the Maison Coilliot, Hector Guimard (1867-1942), França. Fonte: [http://collection.design-museum.de/#/en/object/44184?\\_k=orynnh](http://collection.design-museum.de/#/en/object/44184?_k=orynnh)

**figura 5.** 1923 Red and Blue Chair, Gerrit Rietveld (1888-1964), Países Baixos. Fonte: [http://collection.design-museum.de/#/en/object/43128?\\_k=nodwr0](http://collection.design-museum.de/#/en/object/43128?_k=nodwr0)

**figura 6.** 1926-27 Wassily, Marcel Breuer (1902-1981), Alemanha. Fonte: [http://collection.design-museum.de/#/en/object/40794?\\_k=nqsshw](http://collection.design-museum.de/#/en/object/40794?_k=nqsshw)

**figura 7.** 1930 Chaise Standard desmontable, Jean Prouvé (1901-1984), for Vitra, França. Fonte: [http://collection.design-museum.de/#/en/object/43377?\\_k=045i66](http://collection.design-museum.de/#/en/object/43377?_k=045i66)

**figura 8.** 1935 Model No. 69, Alvar Aalto (1898-1976), for Artek, Finlândia. Fonte: [http://collection.design-museum.de/#/en/object/41552?\\_k=iqgx0z](http://collection.design-museum.de/#/en/object/41552?_k=iqgx0z)

**figura 9.** 1938 Butterfly, Model No. 198, Antonio Bonet (1913-1989), Jorge Ferrari Hardoy (1914-1977) e Juan Kurchan (1913-1975), Argentina. Fonte: [http://collection.design-museum.de/#/en/object/38056?\\_k=9fumt3](http://collection.design-museum.de/#/en/object/38056?_k=9fumt3)

**figura 10.** 1945 Model No. U64, Lloyd Loom Studio, Reino Unido. Fonte: <http://www.lloydloomonline.com/product/lloyd-loom-model-64-armchair/>

**figura 11.** 1947 Peacock Chair, Hans Wegner (1914-2007), for PP Mobler, Dinamarca. Fonte: Kindersley, D. (2015). *Design: The Definitive Visual History* (1st ed.). London: Dorling Kindersley Ltd.

**figura 12.** 1948 La Chaise Charles Eames (1907-1978) & Ray Eames (1912-1988), USA. Fonte: [http://collection.design-museum.de/#/en/object/42265?\\_k=rgpmlm](http://collection.design-museum.de/#/en/object/42265?_k=rgpmlm)

**figura 13.** 1945 - 50 Modal RAR [Rocking Armchair Rod], Charles Eames (1907-1978) & Ray Eames (1912-1988), USA. Fonte: [http://collection.design-museum.de/#/en/object/42328?\\_k=nzc86l](http://collection.design-museum.de/#/en/object/42328?_k=nzc86l)

**figura 14.** 1952 Large Diamond Chair, Harry Bertoia (1915-1978) for Knoll, EUA. Fonte: [http://collection.design-museum.de/#/en/object/42032?\\_k=edkm5y](http://collection.design-museum.de/#/en/object/42032?_k=edkm5y)

**figura 15.** 1952 The Bird Chair, Harry Bertoia (1915-1978) for Knoll, EUA. Fonte: <https://www.knoll.com/product/bertoia-bird-chair>

**figura 16.** 1955 - 56 Tulip Model No.150, Eero Saarinen (1910-1961), for Knoll, EUA. Fonte: [http://collection.design-museum.de/#/en/object/40721?\\_k=xfrh4t](http://collection.design-museum.de/#/en/object/40721?_k=xfrh4t)

**figura 17.** 1952-55 Model No. 3100, Ant, Arne Jacobsen (1902-1971), for Fritz Hansen, Dinamarca. Fonte: [https://fritzhanzen.com/en/products/chairs/3100\\_ant\\_coloured\\_ash](https://fritzhanzen.com/en/products/chairs/3100_ant_coloured_ash)

**figura 18.** 1965 Ball [or Globe], Eero Aarnio (\*1932), for Askö, Finlândia. Fonte: <https://www.aarniooriginals.com/products/ball-chair>



**figura 19.** 1967 Panton Chair, Verner Panton (1926-1998), for Vitra. Dinamarca. Fonte: Vitra. (2021). Panton Chair: Verner Panton, 1999. Retrieved January 30, 2021, from VITRA INTERNATIONAL AG. website: <https://www.vitra.com/en-us/product/panton-chair>

**figura 20.** 1971 Omkstak, Rodney Kinsman (\*1943), for OMK, Reino Unido. Fonte: <https://www.goodform.co.nz/shop/dining-room-furniture-nz/omk-omkstak-chair-dining>

**figura 21.** 2015 LOOP, 3D-printed Fibreglass Chair, Markus Johansson (\*1982), Suécia. Fonte: Johansson, M. (2018). Loop. Retrieved June 16, 2020, from <https://markusjohansson.com/portfolio-items/loop/>

**figura 22.** Cadeira Portuguesa em contexto de utilização. Fonte: Adico. (2019). Outdoor. Retrieved November 21, 2020, from Adico website: [https://www.adico.pt/pdf/Visualizacao\\_Metallic\\_2019.pdf?v=1](https://www.adico.pt/pdf/Visualizacao_Metallic_2019.pdf?v=1)

**figura 23.** 2002 Modelo “5008” da empresa Adico.

**figura 24.** Dimensões Básicas para assentos em postura reta.

**figura 25.** Dimensões Básicas para assentos em postura relaxada com inclinação para trás.

**figura 26.** Vista lateral da figura humana sentada.

**figura 27.** Vista lateral da figura humana sentada.

**figura 28.** Contraplacado de Bétula.

**figura 29.** Cadeira de jantar “Sr. Felt”, de Rik Van Mierlo, 2018. Fonte: Mierlo, R. van. (2018). Felt Family. Retrieved December 17, 2019, from Rik van Mierlo NL website: <https://www.rikvanmierlo.nl/feltfamily>

**figura 30.** Banco de bar “Miss Felt”, de Rik Van Mierlo, 2018. Detalhe no assento, rasgos pré-definidos para dar curvatura à peça. Fonte: Mierlo, R. van. (2018). Felt Family. Retrieved December 17, 2019, from Rik van Mierlo NL website: <https://www.rikvanmierlo.nl/feltfamily>

**figura 31.** Mix Armchair, de Máté Horváth e Sarolta Csoma. Fonte: Horváth, M., & Csoma, S. (2019). Mix Armchair. Retrieved December 18, 2019, from Zavod Big website: <https://bigsee.eu/mix-armchair-by-4ms-design-hungary/>

**figura 32.a e 32.b** Mix Armchair, de Máté Horváth e Sarolta Csoma, encaixe destacável. Fonte: Horváth, M., & Csoma, S. (2019). Mix Armchair. Retrieved December 18, 2019, from Zavod Big website: <https://bigsee.eu/mix-armchair-by-4ms-design-hungary/>

**figura 33.** Eutopia de Gomes Paz, Argentina. Fonte: Paz, F. G. (2018). Eutopia. Retrieved December 18, 2019, from <https://gomezpaz.com/?portfolio=eutopia>

**figura 34.** Vista frontal e vista alçado direito da cadeira Eutopia. Fonte: Paz, F. G. (2018). Eutopia. Retrieved December 18, 2019, from <https://gomezpaz.com/?portfolio=eutopia>

**figura 35.** Eutopia de Gomes Paz, Argentina. Método de fabrico do apoio de braços e encosto através de maquinaria CNC. Fonte: Paz, F. G. (2018). Eutopia. Retrieved December 18, 2019, from <https://gomezpaz.com/?portfolio=eutopia>

**figura 36.** P9L Lounge Chair de Alejandro Palandjoglou. Fonte: Palandjoglou, A. (2021). P9L – Lounge Chair. Retrieved December 18, 2020, from Alejandro Palandjoglou website: <http://alepalan.com/portfolio/p9l-lounge-chair/>

**figura 37.** Conexão entre componentes. Fonte: Palandjoglou, A. (2021). P9L – Lounge Chair. Retrieved December 18, 2020, from Alejandro Palandjoglou website: <http://alepalan.com/portfolio/p9l-lounge-chair/>

**figura 38.** Ideia de organicidade transmitida pelo assento e encosto da cadeira. Fonte: Palandjoglou, A. (2021). P9L – Lounge Chair. Retrieved December 18, 2020, from Alejandro Palandjoglou website: <http://alepalan.com/portfolio/p9l-lounge-chair/>

**figura 39.** Planificação da placa de contraplacado. Fonte: Palandjoglou, A. (2021). P9L – Lounge Chair. Retrieved December 18, 2020, from Alejandro Palandjoglou website: <http://alepalan.com/portfolio/p9l-lounge-chair/>

**figura 40.** Shell Lounge Chair de Marco Sousa Santos. Fonte: Santos, M. S. (2009). Shell Lounge Chair. Retrieved December 18, 2020, from Branca-lisboa website: <https://www.branca-lisboa.com/seating/shell-lounge-chair>

**figura 41.** Processo de ligação por adesivo entre estrutura e estofado. Fonte: Santos, M. S. (2009). Shell Lounge Chair. Retrieved December 18, 2020, from Branca-lisboa website: <https://www.branca-lisboa.com/seating/shell-lounge-chair>

**figura 42.** Shell Lounge Chair em contexto de utilização. Fonte: Santos, M. S. (2009). Shell Lounge Chair. Retrieved December 18, 2020, from Branca-lisboa website: <https://www.branca-lisboa.com/seating/shell-lounge-chair>

**figura 43.** Felix de Franco Raggi, para o concurso “Back to Stool – Second edition”. Fonte: Raggi, F. (2016). Felix – Back to Stool. Retrieved April 20, 2020, from <https://www.francoraggi.com/project/back-to-stool/>

**figura 44.** Felix de Franco Raggi, método de articulação das pernas de maneira a sustentar o assento. Fonte: Raggi, F. (2016). Felix – Back to Stool. Retrieved April 20, 2020, from <https://www.francoraggi.com/project/back-to-stool/>

**figura 45.** 2002 Modelo “5008”, cadeira de esplanada, Adico.

**figura 46.** Modelo “Cadeira Gonçalves”, cadeira de esplanada, ARCALO. Fonte: ARCALO. (2020). ARCALO, Cadeira Gonçalves. Retrieved November 21, 2020, from OURS your agency website: <http://www.arcalo.com/>

**figura 47.a, 47.b e 47.c** Modelo “Cadeira Gonçalves”, original dos anos 50. Na posição alçado esquerdo, costas e pormenor. Fonte: ARCALO. (2020). ARCALO, Cadeira Gonçalves. Retrieved November 21, 2020, from OURS your agency website: <http://www.arcalo.com/>

**figura 48.** Modelo “5008”, pormenor evidenciado da perna traseira com o apoio de braços.

**figura 49.** Elemento de continuidade realizados pelas propriedades do material tubular.

**figura 50.** Ligações entre componentes.

- figura 51.** Curvatura ergonómica no encosto da cadeira.
- figura 52.** Primeiros esboços da Cadeira Portuguesa.
- figura 53.** Esboço da vista de alçado direito.
- figura 54.** Esboços de diversas posições da cadeira.
- figura 55.** Primieras explorações da forma.
- figura 56.** Análise estrutural da cadeira.
- figura 57.** Primeira abordagem de métodos de ligação entre componentes.
- figura 58.** Esboços de interação entre elementos formais.
- figura 59.** Reinterpretação da perna dianteira da cadeira.
- figura 60.** Reinterpretação da perna dianteira da cadeira sobre os restantes componentes.
- figura 61.** Esboço de análise da perna dianteira e eixo de sustentação do assento com ligação às pernas traseiras.
- figura 62.** Vista explodida de um modelo como método de análise estrutural da cadeira.
- figura 63.** Modelo 001 - Esboço de um modelo composto por nove componentes e sustentação da cadeira através de tubos de alumínio.
- figura 64.** Modelo 002 - Esboço de um modelo composto por cinco componentes, sem encosto e com as pernas traseiras em formato de "H".
- figura 65.** Modelo 003 - Esboço de um modelo com sete componentes com eixo incluído.
- figura 66.a, 66.b e 66.c** Modelo 001 à escala 1:20.
- figura 67.a, 67.b e 67.c** Modelo 002 à escala 1:20.
- figura 68.a, 68.b e 68.c** Modelo 003 à escala 1:20.

**figura 69.** Maquetas em MDF do modelo 001, modelo 002 e modelo 003.

**figura 70.** Detalhe do modelo 003 em maqueta em MDF.

**figura 71.** Detalhe do modelo 002 em maquetas em MDF.

**figura 72.** Contorno das peças para proceder ao corte a laser: a amarelo o modelo 001; a azul o modelo 002; e a vermelho o modelo 003.

**figura 73.** O modelo com eixo integrado no assento.

**figura 74.** Modelo que inclui um eixo de sustentação central diretamente no assento.

**figura 75.a e 75.b** Primeira maqueta à escala 1:1 com eixo integrado sobre o assento.

**figura 76.** Segunda versão da maqueta 1:1 com eixo integrado no assento.

**figura 77.** Esboço estudo para introduzir as proporções antropométricas.

**figura 78.** Esboço de análise dos parâmetros de empilhamento e união entre componentes.

**figura 79.** Dimensionamento do primeiro protótipo.

**figura 80.** Modelo CAD na vista de costas.

**figura 81.** Modelo CAD na vista alçado esquerdo.

**figura 82.** Modelo CAD na vista superior.

**figura 83.** Desenho dos componentes à escala 1:20 planificados para o ato de maquinagem .

**figura 84.** Primeiro processo indicado no CAM, desbaste por superfície.

**figura 85.** Desbaste por contorno dos componentes.

**figura 86.** Retificação na conclusão do vazamento dos componentes.

**figura 87.** Acabamentos finais das peças.

**figura 88.** Boleado a um ângulo de 45°.

**figura 89.** Boleado a um ângulo de 145°.

**figura 90.** Primeiro processo do CAM para o assento, desbaste por superfície dos pormenores.

**figura 91.** Segundo processo, desbaste dos contornos.

**figura 92.** Terceiro processo, acabamento com boleado.

**figura 93.** Superfície da CNC, placa de desperdício e placa a desbastar.

**figura 94.** Por problemas técnicos no processo de vaso da base da CNC foram utilizados grampos para fixação da placa.

**figura 95.** Disposição das fresas na CNC.

**figura 96.** Calibração da fresa.

**figura 97.** Desbaste com a fresa de 8Ø.

**figura 98.** Processo de desbaste por contornos.

**figura 99.** Finalização do vazamento do componente.

**figura 100.** Representação de pequenos pontos de fixação entre placa e peça maquinada.

**figura 101.** Primeira desbaste antes de proceder ao boleado.

**figura 102.** Resultado final do primeiro protótipo do projeto.

**figura 103.** Vista de costas do primeiro protótipo.

**figura 104.** Detalhe referente à orientação e disposição das pernas da cadeira.

**figura 105.** Imperfeição ergonómica assinalada após a maquinação do apoio de braços.

**figura 106.a e 106.b** Método de união entre três componentes, assento, perna dianteira e perna traseira. Pormenor do encaixe da perna dianteira e perna traseira com o apoio de braços.

**figura 107.** Ligação mecânica entre perna traseira e apoio de braços.

**figura 108.** Esboços para análise aos encaixes do apoio de braços.

**figura 109.** Modelo CAM do terceiro protótipo.

**figura 110.** Primeiras tentativas de maquinação, período de duração: 24 minutos.

**figura 111.** Separação dos componentes da placa.

**figura 112.** Marcações das peças para furação.

**figura 113.** Método de furação, através de um suporte de berbequim.

**figura 114.** Fixação das peças através de grampos.

**figura 115.** Furação predefinida destinada a cavilha e parafuso de aperto.

**figura 116.** Elaboração de um suporte para o aperto da peça na posição desejada para efetuar o ato de furação.

**figura 117.** Limitador de profundidade para broca.

**figura 118.** Marcadores de madeira para furação.

**figura 119.a e 119.b** Processo de montagem das peças.

**figura 120.a e 120.b** Protótipo final montado sem etapa de acabamento.

**figura 121.** Processo de Acabamento.

**figura 122.** Aplicação de tapa poros numa base giratória.

**figura 123.** Aplicação de Verniz acetinado incolor numa base giratória.

**figura 124.** Protótipo final.

**figura 125.** Vista alçada esquerda da cadeira.

**figura 126.** Pormenor da ligação entre perna traseira e apoio de braços.

**figura 127.** Acabamento final da superfície das peças.

**figura 128.** Vista de costas.

**figura 129.** Pormenor do boleado do assento.

**figura 130.** Vista lateral da cadeira final juntamente ao protótipo da etapa anterior.

**figura 131.** Vista de um ângulo inferior do protótipo final.

**figura 132.** Fator empolhável apesar de alguns parâmetros distintos entre modelos.

**figura 133.** Evolução formal, da direita para a esquerda, Cadeira Portuguesa, primeira maqueta à escala 1:1, primeiro prtótipo e Cadeira Praça Portuguesa.

**figura 134.** Representação da Cadeira Praça Portuguesa em contexto de utilização.

**figura 135.** Escala Humana.

**figura 136.** Alteração de ligação entre os componentes, apoio de braços e perna traseira.

**figura 137.** Exemplos do assento com áreas texturadas.





## **Índice de Tabelas**

**tabela 1**

Dimensões básicas de assentos para uma postura correta e uma postura relaxada. Fonte: Iida, I. (2005). *Ergonomia Projeto e Produção* (2nd ed.). São Paulo: EDGARD BLÜCHER LTDA.

**tabela 2**

Dimensões Antropométricas Consideradas. Fonte: Arezes, P. M. F. M., Barroso, M. P., Cordeiro, P., Costa, L. G. da, & Miguel, A. S. (2006). *Estudo Antropométrico da População Portuguesa* (1st ed.). Lisboa: ISHST.

**tabela 3**

Média(M), Desvio padrão (DV) e Percentis dos dados antropométricos da População Masculina (n=492) - Feminina (n=399). Fonte: Arezes, P. M. F. M., Barroso, M. P., Cordeiro, P., Costa, L. G. da, & Miguel, A. S. (2006). *Estudo Antropométrico da População Portuguesa* (1st ed.). Lisboa: ISHST.

**tabela 4**

Balanço do custo total através das especificações e preços unitários.

**tabela 5**

Balanço do custo individual de cada modelo.

**Índice de  
Acrónimos e  
Siglas**

**CAD** *Computer Aided Design*

**CAE** *Computer Aided Engineering*

**CAM** *Computer Aided Manufacturing*

**CNC** *Computer Numeric Control*

**DeCA** Departamento de Comunicação e Arte

**DEM** Departamento de Engenharia Mecânica

**DPS** Departamento de Produção e Sistemas

**IDICT** Instituto de Desenvolvimento e Inspeção das  
Condições de Trabalho

**MDF** *Medium Density Fiberboard*

**PCI** *Creative Science Park*

**UA** Universidade de Aveiro

## **Introdução**

A engenharia e o design enquanto áreas distintas e complementares, tendem a acompanhar as necessidades da humanidade, assinalando momentos históricos através de inúmeras tecnologias e artefactos. O ponto de partida deste estudo pretende combinar as duas áreas e incorporar conhecimentos para a execução de um projeto, através de uma tecnologia aliada à materialização de um componente de design. Desta forma, num paralelismo entre a interpretação da linguagem formal de diversos componentes, pretende-se relacionar um método de produção determinante para a execução do produto, condicionando o processo do design na forma, material, contexto, desempenho e espaço.

O interesse por mobiliário de cadeiras desencadeou a necessidade de compreensão sobre o tema, analisando uma sucessão de cadeiras relevantes no enquadramento temporal, formal e tecnológico para a evolução do estudo do design. A investigação surge da vontade de compreender o significado do objeto e perceber a relação formal com o processo de fabrico aplicado, traduzindo os conteúdos da contextualização teórica para uma exploração física, através da manipulação de materiais pela tecnologia. O desencadear do desenvolvimento permite obter uma experiência e contacto físico, impossível de obter em contexto digital, em modelo 3D.

O método de desenvolvimento da investigação iniciou-se por enquadrar um conjunto de significados relativos às características semânticas dos produtos para um entendimento perceptível do envolvimento entre a humanidade e os objetos. A definição significativa do objeto de design permite estabelecer uma relação entre artefacto e utilizador, conduzindo a uma abordagem evolutiva entre artesão, engenheiro e designer.

A representação cronológica remetente ao progresso formal e tecnológico no contexto do design de cadeiras incide na análise de informação do desenvolvimento progressivo do setor, ao longo de gerações. Desta forma, a seleção de cadeiras apresentada é resultado do cruzamento de informação de várias fontes, possibilitando uma análise dos artefactos que se destacaram num determinado período de tempo, no âmbito de parâmetros específicos relativos à forma, função, contexto ou marca, material e processo de produção.

Assim, essa análise e compreensão dos movimentos formais e tecnológicos, através da catalogação do progresso evolutivo das cadeiras, suscitou uma sensibilidade do setor do mobiliário, levando ao encontro do modelo da Cadeira Portuguesa enquanto objeto de estudo para o projeto. A identificação do objeto a customizar orientou a investigação para um contexto mais técnico, através de um estudo Ergonómico e Antropométrico, direcionado ao ato de sentar, através das dimensões antropométricas da população portuguesa – visto que a Cadeira Portuguesa é caracterizada por ser um modelo enraizado na cultura do país.

O projeto de investigação surge como resposta a determinados requisitos, com a intenção de construir um modelo funcional, produzido com auxílio da tecnologia CNC<sup>1</sup>. Assim, a Parte II iniciou pela definição do projeto, uma pesquisa de modelos de referência que adotassem de forma semelhante os processos de fabrico a utilizar e uma abordagem aos processos de fabrico, como método de aprendizagem para uma futura aplicação durante a execução do desenvolvimento do produto funcional. Para a fase de concretização, foi utilizado um método de desenvolvimento progressivo, esboçando, modelando e experimentando em escalas reduzidas ou em escalas 1:1.

<sup>1</sup> CNC - sistema que permite controlo automático de diferentes tipos de máquinas a partir de informações numéricas (Rocha, 2016).



Durante todo o processo, o esquiço esteve presente em todas as fases, auxiliando em anotações relevantes em contextos diferentes. Assim, com a passagem para a modelação 3D, foi possível obter formas mais detalhadas da idealização da peça. Paralelamente, as experimentações físicas de diversas hipóteses foram essenciais para o avanço da cadeira final, porque possibilitou comprovar teorias, pormenores técnicos e observar o desempenho do material selecionado.

Assim, com limites estabelecidos pela tecnologia selecionada a empregar na produção do projeto pela maquinação assistida por computador, leva a utilização de sistemas CAD<sup>2</sup>/CAM<sup>3</sup> para o fabrico de um protótipo funcional. A integração com a vertente do design de produto resulta num projeto de investigação de um artefacto, a Cadeira Portuguesa, para a criação de um novo produto, através do redesign da cadeira.

<sup>2</sup> CAD - sistema combinada entre *hardware* e *software* que permite a projeção de qualquer peça idealizada. Permite ao desenhador visualizar o seu trabalho em qualquer ângulo, permitindo inspecionar todos os detalhes em qualquer perspetiva (Rocha, 2016).

<sup>3</sup> CAM - fabrico assistido por computador consiste num sistema que permite gerar automaticamente programas CNC a partir de modelos desenhados em CAD (Rocha, 2016).

Estas condicionantes, maquinação CNC e Cadeira Portuguesa, posicionam-se em extremos distantes perante o método de produção, material e formato, tornando a sua associação mais interessante e desafiante. Desta forma, o desenvolvimento da dissertação tem como objetivo responder às questões de investigação:

- De que forma se pode executar um novo modelo de cadeira, transpondo um material e um processo de fabrico para outro completamente distinto?
- Como é que, a partir do design se consegue reinterpretar um objeto característico da identidade e contexto português ?

A integração da Cadeira Portuguesa neste projeto implica um pensamento crítico no seu desenvolvimento, adaptando um conceito de customização, mais económico, presente em artigos de baixo custo.

O problema reside na construção de uma cadeira através da maquinação CNC, restrito à utilização de uma fresa giratória de 3 eixos X, Y, Z, para a fresagem de uma placa de material. A Cadeira Portuguesa, datada dos anos 30/40 do século XX, em aço tubular, torna o processo de fabrico incompatível com a tecnologia CNC e impossibilita uma

transmissão direta formal para esta tecnologia. Assim, este projeto parte de uma análise da adequação do material, de forma a empregar encaixes e métodos de ligação mecânica, considerando preponderante para o utilizador a acessibilidade de montagem, através do menor número de peças.

A junção de todos os constrangimentos e características incutidas no projeto permitem que o artefacto final seja uma cadeira construída num material durável, em madeira, resistente e adaptável a diferentes ambientes, considerados os custos de exequibilidade na maquinaria CNC e aplicar métodos de segurança no transporte, através de um sistema *flat-pack*.

O presente documento divide-se em duas partes: Contextualização Teórica e Projeto e Fabrico, paginados sequencialmente, desde a introdução às considerações finais, explicando o enquadramento teórico para o desenvolvimento do projeto.

Na Parte I, é apresentada uma abordagem do enquadramento histórico da cadeira, presente num único capítulo, que segue uma ordem de contextualização geral para a origem da questão. Expõe-se também uma reflexão através das diversas qualidades simbólicas formais, perante conhecimentos pessoais ou sociais dos artefactos (Semântica das Formas) enquanto evolução formal, representativa (Objeto de Design) e técnica (Impacto da Nova Tecnologia), da relação entre a matéria e o manipulador de matérias.

Neste seguimento, através da construção de uma sequência temporal de cadeiras, é esboçada uma cronologia ilustrativa do percurso técnico e formal, centrada sobretudo no século XX. A identificação do modelo inspiracional para intervenção formal e tecnológica a customizar, a Cadeira Portuguesa, conduz a um estudo ergonómico e antropométrico, direccionado à proporção da cadeira em relação à escala humana.

A Parte II do documento apresenta-se dividido em três capítulos, Desenvolvimento do Projeto, Abordagem aos Processos de Fabrico e Customização da Cadeira Portuguesa.

O Capítulo I é introduzido com a definição do projeto, a identificação dos principais fatores que o produto deve responder de maneira a concretizar a tarefa proposta. Posteriormente, segue a descrição do material selecionado e a recolha de diversos exemplos físicos de outros autores que abordam o processo de fabrico imposto na dissertação, como exemplos base a ter em consideração na interpretação do material com o processo de fabrico.

No Capítulo II, são abordados os processos de fabrico utilizados no processo de concretização da cadeira final e ilustrados no Capítulo III, ou seja, os processos de maquinação convencional, o processo avançado de maquinação com tecnologia CNC e os processos de ligação mecânica. Os passos executados por cada tarefa individualmente podem influenciar e determinar cada peça produzida, logo, toda a experiência e informação adquirida neste tópico é crucial para otimização de falhas e tempo despendido, fatores essenciais na planificação do fabrico do protótipo.

Assim, no Capítulo III – Customização da Cadeira Portuguesa, apresenta-se o resultado da análise da original Cadeira Portuguesa, com a interpretação do processo avançado de maquinação com tecnologia CNC.

O primeiro tópico do projeto remete para uma análise crítica das características dos modelos “Cadeira Gonçalves” e “5008” (modelos reais produzidos atualmente pela ARCALO e Adico), para uma observação crítica dos detalhes predominantes do contexto formal. Em seguida, numa das etapas mais importantes, o desenvolvimento formal mostra ser a etapa com maior oportunidade criativa e solucionadora para a geração da nova abordagem de cadeira.

A seguir, o tópico de projeto concetual é dividido em três, Fase I – Maquetas Experimentais, Fase II – Primeiro Protótipo e Fase III – Segundo Protótipo. A primeira fase caracteriza-se por ter materializado o esboço em papel do tópico anterior. Inicia o processo pela realização de maquetas, à escala 1/20, em papel e em MDF, como perspectiva de avaliação da composição e aspeto formal dos modelos. Após uma seleção do exemplar mais eficiente, é realizada uma maqueta à escala 1/1, para

determinar propriedades ergonómicas, antropométricas e configurações técnicas entre componentes. A segunda e terceira fases do projeto concetual descrevem o processo de adequação da maquete para a maquinação CNC, os métodos, processos, desenvolvimento e constrangimentos que foram surgindo. Para a realização destes protótipos, foram indispensáveis a experiência e a comunicação com outras entidades exteriores, que asseguraram e sugeriram indicações pertinentes para a execução, determinando a simplificação do processo.

Posteriormente, é apresentado o resultado obtido e as estimativas dos custos finais de todo o processo de concretização, tanto das maquetas, como dos protótipos. Este tópico inclui todos os componentes e serviços que integraram diretamente com os modelos, obtendo o valor total e individual de cada artefacto.

Em conclusão, as Considerações Finais apresentam o balanço dos resultados e estudos obtidos durante o processo de investigação, abordando os aspetos positivos e negativos encontrados ao longo do desenvolvimento do projeto. Desta forma, este ponto finaliza com uma apreciação geral sobre a investigação, rematando diversas sugestões de alternativas para uma futura continuidade de pesquisa. A customização da Cadeira Portuguesa é apenas uma das poucas possibilidades produzidas com este processo de fabrico, enquanto potenciador de opções disponíveis e consideradas na relação entre o design e a engenharia.

conceção e maquinação assistida por computador ao serviço  
do design: customização da cadeira portuguesa

**Parte I**  
**Contextualização**  
**Teórica**



**Capítulo I**  
**Enquadramento**  
**Histórico da**  
**Cadeira**



## 1.1 Semântica das Formas

O enquadramento histórico da evolução humana pode ser descrita de forma paralela pelas características semânticas dos produtos, através de diversas qualidades simbólicas, apresentadas em formas, conhecimentos pessoais ou sociais, e no manuseamento adquirido dos objetos, que surge como resposta à produção dos seus próprios utensílios para as suas carências do quotidiano (Krippendorff, 1989). O conceito do termo design remonta ao latim de *+signare* e significa: fazer algo, que se distingue por um sinal que pode adquirir mais ou menos significado, conforme a relação com outros elementos. Após a revolução das tecnologias de impressão, no século XV, veiculando a intenção original de que projetar significa traduzir uma ideia num plano escrito ou desenhado, design passou a significar: dar sentido às coisas (Krippendorff, 1989).

O conceito de design reivindica três ideais: a percepção, a experiência e a estética, que, em conjunto, apelam à interpretação de todos os produtos de design, sendo compreensíveis ou significativos para “alguém”. No entanto, a ideia de fazer sempre sentido implica um paradoxo entre o apelo à inovação, com objetivo de produzir algo novo, ou manter a reprodução de continuidades históricas,

de forma a sustentar a ideia de ser compreensível e reconhecível (Krippendorff, 1989). Assim, é perceptível que a humanidade se envolva com os objetos que fazem mais sentido para si mesmo, identificando concretamente cada objeto, descrevendo o que são, como apareceram e em que contexto podem ser usados. Estes objetos dificilmente são considerados como substitutos de outra coisa, à exceção de objetos enraizados na cultura tradicional, que já se revelaram, comunicaram e se apresentaram em experiências pessoais (Krippendorff, 1989). A principal ideia na apresentação de um artefacto do dia a dia é a associação imediata daquilo a que o objeto se assemelha, representa e significa, apontando para uma série de fatores sobre aquilo que efetivamente é. O conhecimento pessoal e o significado construído, contextualizam seletivamente características do objeto perante o seu contexto (em ambiente real ou idealizado) em uma unidade fortemente unida (Krippendorff, 1989).

Contudo, o desenvolvimento de novos produtos não descarta por completo o design de artefactos pré-existentes. Todos os componentes produzidos anteriormente remetem para as futuras gerações fonte de inspiração, história e experiência, de forma a adquirir o enquadramento necessário a futuros ambientes. Este método inicia mudanças em complexos culturais, suportando a autoproteção dos artefactos e questões relativas aos processos de fabrico (Krippendorff, 1989).

Os métodos de produção passam a ter um papel a considerar nos critérios argumentativos do plano do objeto, que leva os designers a preponderarem todas as operações a efetuar, ou seja, passam a integrar uma estratégia no plano de desenvolvimento, adequando as circunstâncias e necessidades específicas do produto, aos processos de fabrico em dispor. Esta evolução decorre paralelamente com a tecnologia e, conseqüentemente, aumenta a compreensão do designer sobre novos métodos de fabrico. Nesse sentido, emerge do poder argumentativo uma nova disciplina de raciocínio e argumentação prática, conduzindo o pensamento do design a avanços numa interação concreta interpretada através de sinais, coisas, ações e pensamentos, que, na prática, representam todo o esboço do projeto, com plantas, fluxogramas, gráficos,

modelos tridimensionais ou qualquer outra proposta de comunicação que defina assertivamente a argumentação do produto (Margolin & Buchanan, 1995).

Dessa forma, o estudo do design direciona-se sobretudo em dois objetivos: o conhecimento e prática. No entanto, identificam-se outras motivações para uma investigação em design, criadas por um pensamento mais flexível, bem-sucedido na assistência à produção, resultando numa sequência de produtos mais económicos, eficientes e satisfazendo as necessidades dos valores humanos. Na atualidade, o design existe simultaneamente focado em três direções: na arte e na estética (pela preocupação formal e a aparência dos produtos), na engenharia e nas ciências naturais (pela preocupação da funcionalidade dos produtos) e nas ciências humanas (pela preocupação comunicacional entre a relação produto e utilizador). Assim, os estudos do design regem-se, objetivamente, pela procura de um ponto de equilíbrio, num centro de tensões e pretendem, assim, estabelecer um equilíbrio no pensamento do design do mundo moderno (Buchanan, 1990)(Margolin & Buchanan, 1995).

A prática do design integra diversas fases indispensáveis até chegar a execução final de um produto e, para além do processo de concepção e planeamento ajustado à produção de cada objeto específico, existe uma segunda fase do projeto, com o objetivo de explicar, comunicar e demonstrar os resultados de todo o processo com base em razões ou princípios. Para além de projetar, o acompanhamento de cada etapa do processo de trabalho permite ao designer avaliar cada tarefa estabelecida no planeamento de produção anterior, certificando trabalhadores, clientes e utilizadores, para a eficácia de determinado produto para a função que lhe é destinada. Assim, o designer pode estabelecer uma análise geral de todas as fases do processo, percebendo a viabilidade e a clareza dos métodos selecionados anteriormente (Margolin & Buchanan, 1995).

## 1.2. Objeto de Design

O ser humano é, por natureza, um solucionador de problemas. Este progresso relaciona-se diretamente com os desafios diários relativos à alimentação, à temperatura, proteção contra predadores, doenças, pragas, ferramentas de trabalho, utensílios domésticos, etc., resultando de uma capacidade extraordinária de adaptação e resposta a diferentes questões. A História relata exemplos de casos de inovações criadas pelo homem, que ilustram que, de modo comum, se relaciona com a natureza, na evolução biológica paralelamente ao surgimento de novas espécies que, por exemplo, podem ser resultado de um erro na transcrição do código genético, ou seja, de um erro de formação. Deste modo, a imaginação surge da utilização metafórica de diversos elementos, imagens e modelos, transferidos de um campo para o outro, resultando em novas hipóteses e possibilidades para experimentar. Conforme a terminologia de George Kubler (1972), as “sequências formais” dos objetos seguem uma série de diversas soluções encadeadas entre si, através de laços de tradição e influência.

Desta forma, no desenrolar de cada sequência, o redesign de objetos apresenta uma sucessão de aperfeiçoamentos que não questionam nem a estratégia técnica enquadrada no tema, nem a estrutura formal do objeto. Portanto, cada sequência começa pelo surgimento de uma invenção e apenas termina quando se proporcionar o aparecimento de uma outra invenção que anule radicalmente as funções do objeto anterior. No entanto, através de uma significativa acumulação de pequenas transformações ou deslocamentos progressivos, que de alguma maneira altere a forma, a função, a técnica aplicada ou significado simbólico da peça, são criadas outras representações desenquadradas da sequência de objetos. Assim, a história de um objeto não é independente da evolução de todos os outros objetos, porque a sequência formal de cada um desenvolve-se no meio de um sistema social, cultural e produtivo (Manzini, 1993).

O desenvolvimento/variação do banco para a cadeira atende a diferentes critérios e não se limita apenas à sua utilização para o ato de sentar. Resulta num objeto que acompanha gerações e satisfaz a necessidade humana (Sudjic, 2009).

As cadeiras apresentam uma função fixa, possibilitando sentar cómoda e confortavelmente, quando utilizadas durante um intervalo de tempo e, enquadradas no momento temporal pela forma, cultura, material, técnica ou dimensão, fabricadas conforme a resposta da sociedade durante o período da sua execução. Portanto, projetar uma cadeira representa um grande desafio, assumido pela maioria dos designers, que traduz a cultura integrada nos estilos e preocupações das características do design. A história da cadeira confunde-se com a própria história do design (Kindersley, 2015).

As qualidades visuais de um artefacto interferem na relação entre objeto e o utilizador. A representação visual ajuda a criar ordem e compreensão na consciência, através da resposta a significados ligados às configurações de cor e forma (Csikszentmihalyi, 1991). No entanto, nos dias de hoje, os objetos carregam um peso simbólico menos significativo, na sua grande maioria passageiro ou temporário, transmitindo sentimentalmente ao utilizador que o objeto de design representa uma ideia concretizada entre a funcionalidade e outros prazeres, excluindo a ideia de pura contemplação considerada numa obra de arte.

“A grande questão que resume a importância da beleza em design pode eventualmente ser colocada nestes termos: há perfeição estética porque há perfeição técnica – a beleza resulta da harmoniosa eficácia da coisa – ou há perfeição estética porque deliberadamente se tem em conta a importância da forma enquanto forma – a beleza resulta da aparência e é independente da eficácia da coisa?” (Pombo, 2020, p.71).

Em geral, ao longo da história, os designers têm optado pelo primeiro termo considerando que a máxima beleza resulta da coerência global de todas as funções do objeto e função estética. Assim, o belo revela-se como resultado dessa coerência, enquanto portador de valor simbólico e cultural (Pombo, 2020).

### 1.3 Impacto da Nova Tecnologia

O pensamento associado à capacidade de utilizar linguagens e produzir símbolos atingiu um nível de complexidade comparável à atualidade, contudo, o pensamento técnico percorreu um percurso diferente e desenvolveu-se lentamente por depender da relação entre matérias e o manipulador das matérias. O artesanato surge como uma figura histórica marcada pelo domínio e sabedoria de realizar algo, obedecendo a todas as limitações da matéria-prima disponibilizada, agrupando, no seu processo de criação, todas as ações e pensamentos associados às limitações do material. O ofício caracteriza-se pelo conhecimento transmitido de geração em geração, ou então, pela observação e manipulação prática dos materiais, convertendo-a na melhor forma de ensino. Porém, o conhecimento adquirido da prática em conceber alguma “coisa”, não significava que sabia exatamente o propósito dos métodos que utilizava.

Através da manipulação prática dos materiais, a inovação surge na ocasionalidade de “tentativa e erro”, alcançada por métodos sintéticos e não analíticos, nascendo novas formas que assumem um papel inicial de produto defeituoso, mas que pode suscitar curiosidade da variação sequencial formal. Após um avanço temporal, surge uma nova estratégia de pensamento que tende a fundir dois modelos mentais, a ciência moderna (Manzini, 1993).

A ciência moderna desenvolve a produção técnica incidindo ativamente nos modelos de pensamento em vez das atividades práticas. Posteriormente, com a Revolução Industrial que ocorreu inicialmente na Inglaterra entre 1760 e 1840, integra um processo radical de mudança social e económica. Este movimento resume-se na passagem do domínio da ferramenta de utilização manual para o da máquina com a descoberta de novos processos envolvendo a utilização do carvão (Kemp, 1985). A energia foi o impulso de mudança para uma transformação agrícola na sociedade industrial, até ao surgimento da máquina a vapor, por James Watt (1736-1819). Com a eletricidade e os motores movidos a gasolina a produtividade aumentou, obrigando a um planeamento do sistema fabril, baseado nas repartições do desenvolvimento de trabalho e à

integração do engenheiro, enquanto corpo crescente de conhecimento científico. Os novos métodos eram aplicados nos processos e nas novas matérias-primas industriais, particularmente o ferro e o aço (Meggs, 2009).

Assim, a Revolução Industrial contribuiu para um forte estímulo na economia e na inovação, convertendo parte da produção artesanal em produção em massa, originando rivalidades entre fabricantes e sectores de fabrico. Contudo, este crescimento exponencial e a disponibilidade dos novos materiais no mercado, implica um decréscimo de utilidade dos comportamentos e conhecimentos do artesão, confrontados com a eficácia dos métodos de produção das novas tecnologias. Logo, o papel do engenheiro proporciona projeções teóricas através do cálculo e de linguagem referencial e de grande precisão, conhecedor da teoria como método, aplicada para propósitos inovadores com confiança no rigor dos resultados obtidos, através da codificação numérica das propriedades do material. O aumento da variedade dos materiais e o ritmo do desenvolvimento gerou uma aproximação dos designers. Os novos conhecimentos conduziram a maior entendimento para o mapeamento de estratégias de produção através da testagem, integração e desempenho das propriedades do material em projetos, garantindo maior fiabilidade e poder de inovação (Manzini, 1993).

No entanto, a atividade agrega um conceito de criatividade, fantasia cerebral, sentido de criação e de inovação técnica, levando o designer a construir uma rede de expectativas e processos no desenrolar da sua ação. A metodologia do design integra reflexos objetivos que se destinam a otimizar métodos, regras e critérios constantemente avaliados e sustentados com pesquisas fundamentadas a fim de melhorar todo o processo. O reconhecimento da importância da relação entre design e engenharia é reconhecido por organizações e empresas internacionais, não apenas na exclusividade de um produto isolado, mas sim como um sistema de produtos, como design de serviços, que integra a forma geral da imagem de uma companhia (Burdek, 2006).

## 1.4. Evolução da Cadeira

A história do design moderno tem vindo a ser contada assumindo um papel de importância numa enorme variação de objetos de design. No entanto, através de uma série de episódios, a cadeira tem vindo a desempenhar um papel fundamental na evolução do design, criando movimentos e tendências.

Após muitos e muitos séculos, entalhar, tornear e a unir definiam os parâmetros do design de cadeiras. No entanto, o ritmo mudou drasticamente no século XIX, quando a família Thonet transforma o fabrico de móveis num processo totalmente industrial (Sudjic, 2009). Na cronologia que se segue, apresenta-se a evolução do design de cadeiras, através de exemplares significativos, do período do século XVIII ao século XXI. Os objetos referenciados destacam-se por conter algo na sua constituição que veio revolucionar a história do objeto, como por exemplo, o surgimento dos novos métodos de moldar madeira sólida, a introdução de aço tubular ou, até, na conceção de novas formas de cadeira, com auxílio a uma impressora 3D.

A seleção das cadeiras é centrada essencialmente em três autores: Charlotte Fiell e Peter Fiell, Dorling Kindersley e Deyan Sudjic, que abordam o tema teoricamente, proporcionando uma análise contextualizada e referenciada para a cronologia das cadeiras. O catálogo das cadeiras descreve uma interpretação de detalhes apresentados a partir de exemplos, onde atentamente se mostram parâmetros específicos, relativos à forma, material, processos de produção, função, contexto ou marca. Este trabalho centra-se, sobretudo, na primeira metade do século XX, pelo facto de permanecer em maior destaque a evolução tecnológica da cadeira (Sudjic, 2009).



figura 1. 1760 Side Chair, Thomas Chippendale, (1718-1779), EUA.

Atravessando formas complexas e bastante trabalhadas, Thomas Chippendale (1718-1779), marceneiro e produtor representante da moda no momento, produz mobiliário com formas e estilos influentes até ao final do século XVIII, do estilo Rococó e Neoclássico, como mostra a figura 1. Até então, permanece uma produção muito artesanal em todo o mobiliário utilitário, que se caracteriza pela



presença da talha, formas simétricas e cada peça pode variar de fabricante para fabricante, pela forma pessoal de manuseio das ferramentas para mostrar as suas formas mais emblemáticas e detalhadas (Kindersley, 2015)(Fiell & Fiell, 2017a).

A partir do século XIX, Michael Thonet (1796-1871) desenvolve novos métodos de fabrico, transformando a produção de móveis num processo totalmente industrial, abdicando dos métodos artesanais utilizados até então. Para isso, construiu e adquiriu maquinaria apropriada para o seu novo método de produção, que permitiu obter peças com formas mais complexas e distintas de outras com funcionalidades semelhantes. Michael Thonet torna-se famoso pelos móveis construídos com madeira dobrada em arco, técnica já conhecida na Europa desde o início da Idade Média. Os blocos de madeira sólida eram tornados maleáveis pela aplicação de calor e humidade através de vapor, que permitia serem moldados em novas formas, arqueando o necessário com o auxílio a moldes e ferramentas de metal. As cadeiras Thonet eram produzidas em componentes independentes modulares, facilmente desmontáveis, leves e desenhadas para ocupar o menos espaço possível para o processo de transporte, como a cadeira de bar, representada na figura 2.



figura 2. 1879 Chair, Model No. 18, Michael Thonet (1796-1871), Áustria.



figura 3. 1900 Ladder-backed Armchair, Ernest Gimson (1864-1919), Reino Unido.

Este método permite ainda executar uma produção de baixo custo com componentes autónomos ligados entre si e facilmente reparados ou substituídos, resultando em móveis leves, simples, fortes, com curvas atraentes e equilibradas. O segredo do sucesso das peças Thonet caracteriza-se por peças elegantes, económicas e de fácil portabilidade, o que possibilitou a distribuidores de todo o mundo entenderem a facilidade de montagem das suas cadeiras Thonet (Kindersley, 2015)(Fiell & Fiell, 2017a).

Posteriormente, surge o movimento *Arts and Crafts*, que foi uma tendência internacional nas artes decorativas e belas artes. Emerge no Reino Unido, acabando por influenciar a Europa, especialmente a Áustria, Alemanha e futuramente os EUA, onde o movimento estimulou diversos artistas, desencadeando obras como ilustra a figura 3. Esta obra caracteriza-se por ser uma cadeira de baixo custo e muito simples, produzida e utilizada por comunidades rurais. Os fabricantes regionais aplicavam detalhes culturais e



figura 4. 1900 Chair for the dining room of the Maison Coilliot, Hector Guimard (1867-1942), França.

elementos moldados, como o encosto em escada, dobrada a vapor em uma leve curva reclinável e uma estrutura em faixa com um assento feito de junco traçado à mão (Kindersley, 2015)(Fiell & Fiell, 2017a).

Por outro lado, em França, Hector Guimard (1867-1942), reconhecido e representante da *Art Nouveau*, utilizando madeira de pereira, explora totalmente o potencial expressivo da madeira entalhada, continuando uma tradição francesa com vários séculos de existência, criando obras com linhas sinuosas, talha floral e assento em couro (Kindersley, 2015) (Fiell & Fiell, 2017a), como representa a figura 4.

Após a I Guerra Mundial, nasceu a famosa escola alemã de design que se caracterizou por criar um modelo pedagógico inovador e agrupar as diversas tendências das vanguardas Europeias. A Bauhaus surge em 1919, na cidade de Weimar, a cargo de diretor Walter Gropius (1883-1969). A história da escola subdivide-se em três períodos, nas diversas cidades onde esteve sediada: Weimar (1919-1924) o Expressionismo; Dessau (1925-1930) a esperança racionalista; e Berlim-Steglitz (1930-1933) o racionalismo; ou correspondente aos seus três diretores: o período de direção de Walter Gropius, de 1919 a 1928, que é frequentemente dividido em duas fases, a fase de Itten, até 1923, e a fase pós-Itten, de 1923 até 1928; segue-se Johannes Itten (1888-1967), que é chamado à Bauhaus como professor, e teve forte influência no desenvolvimento didático da escola, com a representação da tendência do expressionismo enquanto “Sentimento da vida” (Maldonado, 2012, p.55); posteriormente, o diretor Hannes Meyer (1889-1954), de 1928 a 1930; e, por último, Ludwig Mies van der Rohe (1886-1969) de 1930 até ao encerramento definitivo do instituto, em 1933 (Maldonado, 2012).

Para a renovação da Bauhaus, contribuiu um elemento chave, Theo van Doesburg (1883-1931), diretor da revista holandesa “*De Stijl*”, residente em Weimar, a partir de 1921, que lecionava sobre o movimento *De Stijl*, fora da famosa escola alemã, frequentada, essencialmente, por alunos pertencentes à Bauhaus. Este revela duras críticas sobre os conteúdos adotados por Itten e Gropius, chamando a atenção para a importância da estética

mecânica que se tinha tornado possível graças à utilização da máquina. Bauhaus, que aclamava o artesanato e o expressionismo irracional, levou van Doesburg a contrargumentar com a estética *Stijl*, correspondendo a um estilo elementar, com meios elementares (Maldonado, 2012). Assim, “glorifica a máquina e o controlo racional do processo criativo. Anuncia um reportório de formas “puras”, que brotaram de um drástico reducionismo: um limitado número de figuras (só quadrados e retângulos), de sólidos geométricos (só paralelepípedos) e de cores (só as fundamentais)” (Maldonado, 2012, p.63). Desta forma, a morfologia de *Stijl* acaba por se transformar na morfologia *Bauhaus*.

A influência de *Stijl* não inspira apenas no plano das escolhas formais em abstrato, mas também sobre aspetos muito concretos, como a criação de objetos. Como a cadeira revolucionária de Gerrit Rietveld (1888-1964), concebida originalmente em 1917/18, com um acabamento em madeira natural, no entanto, aparece publicada pela revista “De Stijl”, em 1923, pintada como resultado da associação ao movimento *Stijl*.



figura 5. 1923 Red and Blue Chair, Gerrit Rietveld (1888-1964), Países Baixos.

Representada na figura 5, a cadeira Rietveld atende à estética e à pureza funcional, caracterizada por ter uma concepção simples, barata e utilitária, com uma estrutura em contraplacado e faixa maciça pintada (Kindersley, 2015) (Fiell & Fiell, 2017) (Sudjic, 2009). Este movimento surge em posição aos excessos decorativos da *Art Nouveau* e como resultado da necessidade de evidenciar um novo começo: a era da mecanização.

Depois da madeira vergada, inicia-se a implementação de um material recém-chegado, o aço tubular e de seguida, surge uma enorme gama de polímeros e resinas reforçadas com fibra de vidro, moldagem por sopro, moldes em alumínio e extrusões, tanto em plástico como em alumínio. Desta forma, a cadeira torna-se um reflexo impactante das mudanças tecnológicas, agregando a técnica de produção à estética. No início da década 20, o aço tubular torna-se um material emblemático, levando três grandes nomes do design a desenvolver as suas próprias versões de cadeiras - Marcel Breuer (1902-1981), Mart Stam (1899-1986) e Ludwig Mies van der Rohe (1886-1969) (Fiell & Fiell, 2017a)(Sudjic, 2009).



figura 6. 1926-27  
Wassily, Marcel Breuer  
(1902-1981), Alemanha.



figura 7. 1930 Chaise  
Standard desmontable,  
Jean Prouvé (1901-  
1984), for Vitra, França.



figura 8. 1935 Model  
No. 69, Alvar Aalto  
(1898-1976), for Artek.  
Finlândia.

Ao longo da década de 20, Marcel Breuer, de origem Húngara, treinado e inspirado pela Bauhaus, desenvolveu projetos ao longo da Europa e nos EUA, projetando móveis e edifícios inovadores, com a aplicação de materiais modernos com formas novas e distintas. Em 1926, desenvolve a primeira cadeira em aço tubular, a “Wassily” representada na figura 6, com uma estrutura de aço tubular cromado, conjugando uma fusão de materiais complementares no assento, estofado com um tecido industrial resistente. Este material apresenta possibilidades únicas, pois pode ser dobrado em curvas apertadas e flexíveis, que suportam o formato convencional de uma cadeira. Rapidamente influenciou toda a Europa a partir deste novo conceito que leva ao aparecimento de novas ideias. Mais tarde, Jean Prouvé (1901-1984) reinterpreta esta nova matéria prima, através da integração de tubo de aço em perfil nas pernas traseiras, levando à construção de uma nova cadeira, a “Chaise Standard Desmontable”, na Figura 7. Este método assegura a sustentação e o reforço nas zonas de maior impacto, garantindo maior durabilidade, leveza e conforto, facilitando o ato de montagem.

Nos anos 30, na Finlândia e em Itália, exploram-se outros materiais inovadores, o contraplacado. O arquiteto e designer Finlandês Alvar Aalto (1898-1976) é considerado uma das principais figuras da arquitetura moderna a produzir edifícios modernistas e peças de mobiliário icónico no século XX. O arquiteto destaca-se pelos seus serviços arquitetónicos na Finlândia, em casas, prédios e em edifícios públicos, como o Paimio Sanatorium e a Biblioteca Viipuri, caracterizados pela sua leveza, assimetria, funcionalidade e facilidade de utilização. Em simultâneo, como forma de preencher o interior das suas obras arquitetónicas, Alvar Aalto desenvolve peças de mobiliário, iniciando a manipulação e conformação de contraplacado de bétula através do calor. Este estudo das propriedades dos materiais permite a configuração de produtos como ilustra a figura 8, “Model No. 69”. Desta forma, o designer transmite uniformemente o mesmo conceito, através da simplicidade, do reduzido número de componentes e com detalhes curvados, para garantir maior conforto na utilização. Mais tarde, juntamente com Aino Aalto (1894-1949), designer e arquiteta, é fundada a Artek, com o objetivo de produzir peças em contraplacado e trabalhar no aperfeiçoamento da técnica (Kindersley, 2015)(Fiell & Fiell, 2017a).



figura 9. 1938 Butterfly, Model No. 198, Antonio Bonet (1913-1989), Jorge Ferrari Hardoy (1914-1977) e Juan Kurchan (1913-1975), Argentina.



figura 10. 1945 Model No. U64, Lloyd Loom Studio, Reino Unido.



figura 11. 1947 Peacock Chair, Hans Wegner (1914-2007), for PP Mobler, Dinamarca.

Em 1938, na Argentina, com a utilização da técnica do aço tubular, nasce a cadeira Butterfly Model No. 198 (figura 9), composta por uma estrutura em aço tubular esmaltado e um assento em couro. Esta peça é inicialmente fabricada pela Artek-Pascoa e a partir de 1945 passa a ser produzida pela Knoll. Mais tarde, com a perda de direitos de reprodução pela empresa Knoll permite que o modelo Butterfly, com um design intemporal, passe a ser produzida por inúmeros fabricantes.

Nos anos 40, no Reino Unido, Lloyd Loom Studio desenvolve uma nova fibra, simplesmente composta por papel, aplicada em diversos modelos, como ilustra o exemplar da figura 10. Esta técnica consiste na transformação de rolos de papel *Kraft* convertidos em rolos de fio fibroso. Este material caracterizava-se pelas suas particularidades impermeáveis, higiénicas, duráveis, com uma trama forte, mas suave ao toque e sem entortar com o calor. Assim, Lloyd Loom apresentou um novo produto no mercado, aplicando a técnica do entrelaçamento, utilizando apenas fibras naturais que garantem um assento grande e confortável para os utilizadores (Kindersley, 2015)(Fiell & Fiell, 2017a).

Em seguida, através da inspiração da cadeira clássica Windsor, Hans Wegner (1914-2007,) em 1947, apresenta um novo modelo de cadeira que integra as características formais da cadeira do século XVI e pretende responder a critérios ergonómicos, para que seja envolvente e confortável. O conceito formal da cadeira é assumido essencialmente pelo encosto em barras, por constituírem uma parte alargada e plana, posicionadas exatamente onde as omoplatas de um utilizador irão incidir. No entanto, a forma da cadeira representa uma espécie de coroa, associada à cauda de um pavão, batizada com o nome "Peacock". Representada na figura 11, a cadeira destaca-se por uma combinação única de técnicas e diversidade de materiais, incorporando uma estrutura em madeira de freixo, os braços em madeira de teca e um assento em fibras de corda em papel traçado, para reforçar e embelezar a ideia principal (Kindersley, 2015)(Fiell & Fiell, 2017a).

Charles & Ray Eames, conhecidos pelas suas obras e por mudar a perceção pública do design moderno no século XX, destacam-se na prática do design industrial, mas também,

na arquitetura, no design e nas artes fotográficas. Ao longo da sua carreira, produziram um trabalho muito bem-sucedido e extraordinariamente inovador que exemplificou os ideais intemporais do bom design.

Charles Eames (1907-1978) e Ray Eames (1912-1988) iniciaram o seu percurso no ramo do design de móveis, com a técnica de moldar contraplacado, onde puderam adquirir uma vasta experiência com a realização de diversas cadeiras. No entanto, através de ligações à tecnologia avançada no fabrico de aeronaves, no ano de 1940, resolveram adaptar a tecnologia aplicada em aeronaves em novos projetos. Em 1948, projetaram a elegante poltrona ilustrada na figura 12, “La Chaise”, propondo-a para o “*International Competition for Low-cost Furniture Design*”, do museu de arte moderna, da cidade de Nova Iorque, no entanto, devido ao modelo de design ser muito orgânico e abstrato, revelou ter um custo de produção demasiado elevado.



figura 12. 1948 La Chaise Charles Eames (1907-1978) & Ray Eames (1912-1988), USA.



figura 13. 1945 - 50 Model RAR [Rocking Armchair Rod], Charles Eames (1907-1978) & Ray Eames (1912-1988), USA.

A vasta realização de experiências a moldar contraplacado, culminou numa revolucionária série de cadeiras, *Plastic Shell Group*, distinguidas pelos assentos de poliéster moldado reforçado com fibra de vidro, estruturas em veios de aço unida ou não a uns pés em madeira de bétula. O “Model RAR” (Rocking Armchair Rod) da figura 13, ou o modelo “DAR” (Diving Armchair Rod), de Charles & Ray Eames, estão entre as primeiras peças de mobiliário plástico liso a serem verdadeiramente produzidas em massa. As primeiras peças a serem produzidas não tinham integrado qualquer tipo de forro ou acabamento, com um objetivo de simplificar a fabricação. As formas da cadeira idealizada baseiam-se no aspeto formal de uma concha, possibilitando aplicar uma grande variedade de bases, adquirindo diversas combinações distintas (Kindersley, 2015)(Fiell & Fiell, 2017a)(Sudjic, 2009)(Fiell & Fiell, 2017b).

Ao longo de uma representação dinâmica no mobiliário moderno e pós-moderno, a empresa Knoll ajudou a definir o estilo de cadeiras que têm sido escolhidas para escritórios e casas durante grande parte do século XX. A empresa é fundada por Hans Knoll (1914-1955), na cidade de Nova Iorque, em 1938, e tinha como principal objetivo importar móveis da Europa para os EUA, contudo,



figura 14. 1952 Large Diamond Chair, Harry Bertoia (1915-1978) for Knoll, EUA.



figura 15. 1952 The Bird Chair, Harry Bertoia (1915-1978) for Knoll, EUA.



figura 16. 1955 - 56 Tulip Model No.150, Eero Saarinen (1910-1961), for Knoll, EUA.

a II Guerra Mundial dificultou a comercialização entre continentes, levando a empresa a criar a sua própria linha de produtos (Kindersley, 2015)(Fiell & Fiell, 2017a). A história de Harry Bertoia (1915-1978) começou em 1949, com o pedido de Hans e Florence Knoll (1917-2019), que ofereceram carta branca ao artista para trabalhar em qualquer design ou escultura que desejasse. Ao longo do processo de desenvolvimento, Bertoia experimentou estruturas em veios de aços dobrados e produziu diversos desenhos e modelos que o levaram a aperfeiçoar a técnica para a composição visual das peças. Então, sob uma estrutura plana em malha de veios de aço, conformou tridimensionalmente o formato do ser humano sentado (Remmele, 2020). No ano de 1952, lança uma coleção icónica de móveis em arame, com uma estrutura em veios de aço dobrados, soldados com cobertura de vinil ou cromados, podendo ser aplicadas almofadas removíveis ou estofamentos em espuma, o que leva a peça a ter uma característica escultural. A coleção integra diversos tipos de cadeiras distintas, como a Diamond, como mostra a figura 14, a Bird Chair, na figura 15, ou a Side Chair, produzidas pela Knoll até à atualidade (Knoll, 2020).

Eero Saarinen (1910-1961), descendente de grandes artistas, rodeado de design durante toda a vida, iniciou a sua carreira ajudando o pai a projetar e a construir utensílios para o campus de Cranbrook. Estudou escultura em Paris e arquitetura em Yale, regressando a Cranbrook. Na década de 1940, na altura um jovem promissor, é convidado a projetar para a Knoll. Saarinen passou a projetar das peças mais reconhecidas da marca, das quais se destaca a “*Pedestal Collection*”.

Esta coleção consistiu em alterar o modelo *standard* de uma cadeira e mesa até então, alterando o suporte base para somente uma perna central. Até adquirir a forma final, como mostra a figura 16, foi necessário realizar centenas de desenhos e diversos modelos experimentais, inicialmente em escalas reduzidas e, posteriormente, com auxílio da equipa de desenvolvimento da Knoll, por terem sido introduzidos novos métodos engenhosos de moldagens que permitiram a sua execução e produção à escala real. A cadeira “Tulip”, peça integrante da coleção de Saarinen, com um design futurista, apresenta uma combinação com uma base em alumínio e um assento

em fibra de vidro, criando uma cadeira com uma base revolucionária, em forma de pedestal. A tecnologia do plástico não permitia projetar uma cadeira com uma só forma, mas com esta coleção cumpriu com o seu objetivo: eliminar a confusão de pés nos interiores domésticos (Kindersley, 2015)(Fiell & Fiell, 2017a).

Durante a segunda metade do século XX surgiram novas cadeiras emblemáticas e bastante conhecidas. Com a evolução tecnológica, os designers começaram a ter maior facilidade na produção das suas criações. Assim, neste momento da história das cadeiras não houve evolução no âmbito dos materiais, mas do ponto de vista da forma, como resposta aos critérios estéticos da sociedade sempre em transformação.



figura 17. 1952-55  
Model No. 3100, Ant,  
Arne Jacobsen (1902-  
1971), for Fritz Hansen,  
Dinamarca.

Com tanto carácter e afirmação visual, “The Ant”, cadeira representada na figura 17, de Arne Jacobsen (1902-1971), revelou ser um dos verdadeiros clássicos do design de cadeiras. Produzido pelo fabricante dinamarquês Fritz Hansen, desde o início dos anos 50, este modelo reflete a técnica da madeira contraplacado, aplicada simultaneamente a um formato complexo, composto com uma única peça de madeira. A cadeira é constituída por um contraplacado em madeira de teca que moldava o encosto e o assento, tinha a opção de acabamento ebanizado e era fixa numa base em aço tubular, que inicialmente tinha apenas três pernas e uns pés em borracha. A peça consiste na representação do formato de uma formiga com a cabeça levantada, projetada para garantir estabilidade em pisos irregulares e com um formato apto para empilhar (Fritz Hansen, 2019). Modelo rebelde e revolucionário, atualmente, disponível em várias versões de design variando com três ou quatro pernas. “The Ant” possui versatilidade e distinção destacando-se dos estilos de cadeiras do movimento modernismo (Kindersley, 2015).

Em 1965 surge um dos projetos emblemáticos desenvolvido pelo designer Eero Aarnio (\*1932). Desde cedo, torna-se notório a visualidade e a funcionalidade nos seus projetos, realçando aptidões muito significativas, como a capacidade de fazer transmitir expressão e personalidade a partir dos objetos. Assim, pretendia criar formas que se destacassem e resistissem ao tempo. A chave por trás do sucesso do designer passava por uma





figura 18. 1965 Ball [or  
Globe], Eero Aarnio  
(\*1932), for Asko,  
Finlândia.

personalidade ousada e inovadora. Na figura 18, a cadeira “Ball”, projetada em 1963 e apresentada em 1966 em “Cologne Furniture Fair”, foi uma cadeira que se tornou um dos clássicos mais simbólicos do design finlandês.

O modelo integrava na sua constituição uma armação de poliéster moldado, reforçado com fibra de vidro, uma base de alumínio pintado e apresentava um acabamento interno em estofado com espuma coberta de tecido. Portanto, Aarnio mostrava-se convicto de que “o design significa renovação constante, realinhamento e crescimento” (Fiell & Fiell, 2017a, p.371). Desta forma, encara o espírito dos anos 60, com formas diferentes e com criações visualmente inovadoras. O artista não enlaçou a cultura pop do momento e do descartável, mantendo o seu mobiliário a ser produzido com alta qualidade e apto para durar (Fiell & Fiell, 2017a).



figura 19. 1967 Panton  
Chair, Verner Panton  
(1926-1998), for Vitra.  
Dinamarca.

No entanto, convertida num clássico da história do design de cadeiras, a cadeira Panton representada na figura 19, concebida por Verner Panton (1926-1998) em 1960, mas apenas em 1967 em colaboração com a Vitra é orientada para ser produzida em série (Vitra., 2021).

Esta cadeira empilhável foi o primeiro modelo a ser moldado por injeção de um só material e de uma só peça (Fiell & Fiell, 2017a), plástico, vindo a sofrer diversas alterações ao longo décadas até obter a cadeira de conceção original. O conforto da cadeira resulta da combinação formal ergonómica e das propriedades do material por permitir uma ligeira flexibilidade. Apresenta uma variada combinação de utilizações, sozinha ou em grupo, apta a diferentes ambientes, tanto interior como exterior (Vitra., 2021).

Durante a década de 70 emerge uma nova corrente centrada sobretudo nos métodos de manipular os materiais, da tecnologia avançada para a execução de novos projetos, sobretudo na arquitetura e no design. Mantendo um estilo modernista, surgiram novas representações, integrando novos processos de produção e materiais inovadores.



figura 20. 1971  
Omkstak, Rodney  
Kinsman (\*1943), for  
OMK, Reino Unido.

O movimento inspirou diversos artistas no design de cadeiras. Rapidamente, a “Omkstak”, de Rodney Kinsman (\*1943), representada na figura 20, se torna um clássico britânico, inspirado pelo estilo *High-Tech* dos anos 70. A cadeira empilhável é considerada um modelo muito racional, apreciada pela sua simplicidade de forma e funcionalidades combinadas, estudada para uma produção em larga escala. A cadeira integra uma estrutura de aço tubular, assento e costas em folha de aço prensado com perfurações circulares, evidenciadas com uma cobertura de resina epóxi. Todos os elementos da cadeira foram submetidos a uma análise, reduzindo toda a espessura para o mínimo possível, tirando o melhor partido de toda a composição. Assim, resultou uma peça com maior leveza, com extrema durabilidade, com uma forma fluída em linhas e orifícios decorativos, que facilitaram a mobilidade da cadeira apta tanto para uso interior como exterior (Kindersley, 2015)(Fiell & Fiell, 2017a).



figura 21. 2015 LOOP,  
3D-printed Fibreglass  
Chair, Markus Johansson  
(\*1982), Suécia.

Após a década de 70, surgem muitas outras obras significativas. No entanto, a inovação no âmbito da forma ou material é escassa, salientando-se apenas, em 2015, a introdução de nova combinação de tecnologias complementares. A construção da cadeira “Loop”, desenvolvida por Markus Johansson (\*1982), designer sueco que atua em segmentos de produto, mobiliário, design gráfico e design de interiores. Este designer procura inspiração em ambientes da sociedade, atuais ou passados, com a finalidade de contextualizar os seus trabalhos, como o projeto da figura 21. A cadeira é inspirada na digressão da mente, a qual remete para uma construção física do fluir dos pensamentos e ideias, transmitidos a partir das linhas naturais do material. O objetivo do projeto recai na exploração das capacidades dos materiais, da fibra de vidro e do plástico que reforça a fibra. Perante as complexidades do formato e com auxílio de uma impressora 3D, executou-se um modelo da cadeira à escala 1/1, para efetuar moldes em silicone que levarão à peça final. Assim, com a combinação de duas tecnologias que funcionam bem separadamente, podem elaborar peças com um grande grau de complexidade. Não descartando fatores como a funcionalidade, conforto, durabilidade, resistência, empilhável e de facilidade de utilização, apta a diferentes contextos, tanto interior como exterior (Johansson, 2018) (Kindersley, 2015).

## 1.5. Cadeira Portuguesa

Ao longo de gerações a cadeira tubular metálica faz parte de uma tipologia de mobiliário que teve protagonismo em Portugal, contribuindo sobretudo para melhorar a qualidade de vida das populações. A entrada do mobiliário tubular metálico em território nacional ocorre a pedido de encomenda pelo médico e professor de medicina da universidade de Coimbra, Fernando Baeta Bissaya – Barreto Rosa (1886-1974), que impulsionou diversas instituições com novos produtos e lançou programas de equipamentos sociais, entre 1929 e 1936. Inicialmente produzidos pela metalúrgica Martins e irmãos Teixeira/MIT (futura Metalúrgica Longra), que depois se estendeu a outras metalúrgicas como a Adelino Dias & C, Lda/ADICO e a Fábrica Portugal. Este mobiliário assume um papel inovador perante o mobiliário utilizado até então, por serem peças mais económicas, leves, higiénicas e adequados à produção industrial. Este género de mobiliário, que assume várias configurações inspiradas em modelos Bauhaus, equipou hospitais, cinemas, hotéis, cafés um pouco por todo o país, obtendo um destaque na história do design português. Confirmada pela “Cadeira Portuguesa”, um dos ícones do design nacional (Parra, 2011). Inicialmente, foram produzidos móveis para hospitais, consultórios e farmácias, pelas suas qualidades estéticas e funcionais, mas rapidamente se estenderam a outros espaços públicos, como cafés, cinemas, hotéis, escolas, bibliotecas ou escritórios (Parra, 2011). A necessidade de equipar estes espaços, cujo serviço também implicava estar ao ar livre, proporcionando o aparecimento de um conjunto de equipamentos enquanto resposta aos requisitos dos clientes (Branco et al., 2015), visível de modo semelhante à figura 22 em inúmeras esplanadas portuguesas.



figura 22. Cadeira Portuguesa em contexto de utilização.

A Cadeira Portuguesa, nome acarinhado e atribuído pelo público, habituou-nos à sua presença nas esplanadas de diversas cidades. Inicialmente foi pensada para o café “Chave de Ouro”, mas posteriormente estende-se a outros cafés. A cadeira é projetada entre os anos 30 a 40, pelo mestre serralheiro Gonçalo Rodrigues Santos (18[9-]-197[-]), numa serralharia em Algés, mas pouco se conhece do autor. Nos anos 50, iniciou a produção na empresa ARCALO, atualizando o modelo inicial da cadeira (de costas totalmente em aço tubular, limitada a um empilhamento de três cadeiras), com ajustes ergonómicos, para uma nova composição, de costas em chapa e assento inclinado, que permitia um maior empilhamento, limitado agora a dez cadeiras. O mestre serralheiro Manuel Caldas (\*1948) aprendiz do mestre Gonçalo na empresa ARCALO desde 1965, no sentido de prestar homenagem ao seu criador, atribuiu o nome próprio do seu mestre a esta criação, intitulando a cadeira com o nome “Cadeira Gonçalo” (Branco et al., 2015).

Assim, desperta um produto resistente e durável, habilitado a permanecer em diferentes condições meteorológicas, através de uma produção pouco dispendiosa. O conjunto destas características era atrativo para os proprietários de estabelecimentos comerciais e, paralelamente, apresentava uma estética que se diferenciava da restante produção de cadeiras que usavam outros materiais, espelhando, por isso, uma ideia de modernidade (Branco et al., 2015). Esta marca assegurou a preservação do mobiliário tubular metálico português num exemplar de sucesso comercial, caracterizado pelo grande conforto e funcionalidade que esta cadeira apresenta (Parra, 2011).

A Cadeira Portuguesa é composta por quatro elementos: uma base e um encosto em chapa metálica e dois tubos de aço tubular metálicos curvados, conformados geometricamente, para suportar o encosto e o assento da cadeira. Inicialmente, com a falta de máquinas adequadas para o serviço, existiu a necessidade dos próprios mestres serralheiros criarem as suas ferramentas e instrumentos de trabalho ajustados às formas a produzir. As peças eram cortadas e alinhadas, permitindo que, fase a fase, obtivesse o maior rigor e qualidade possível, no entanto, eram trabalhadas exclusivamente de forma manual. Os elementos eram unidos através de soldadura a gás e,

posteriormente, com o avanço das tecnologias, adequaram-se métodos mais eficientes na produção. Contudo, surgiram fatores que até então não eram tão evidentes, como o preço final de cada cadeira e a exigência do consumidor (Branco et al., 2015).

Resumidamente, a Cadeira Portuguesa pode ser identificada através da seguinte Ficha Técnica acompanhada pela figura 23:



**Título**

“Cadeira Portuguesa”

**Autoria**

Gonçalo Rodrigues dos Santos  
(n. 18[9-] - 197[-])

**Ano de origem**

19[30-40]

**Materiais**

Ferro e Alumínio

**Dimensões exteriores máximas**

510x565x700mm

**Peso da peça**

6 a 7 kg

**Nº de componentes**

Quatro

**Fabricantes (2021)**

ADICO  
(modelo “5008 Cadeira  
Portuguesa”)

ARCALO  
(modelo “Cadeira Gonçalo”)

figura 23. 2002 Modelo  
“5008” da empresa  
Adico.

## 1.6. Ergonomia e Antropometria

4 Na utilização os conhecimentos da antropometria na compreensão dos alcances e movimentos em espaços de trabalho, adequados às proporções corporais humanas.

5 Na utilização os conhecimentos da antropometria na compreensão dos alcances e movimentos em espaços de trabalho, adequados às proporções corporais humanas.

6 Na identificação situações de risco associadas ao desenvolvimento de determinadas patologias e para aliviar o estado nutricional dos indivíduos.

7 Para professores de educação física ou outros, apropriar os seus métodos de ensino à composição corporal dos docentes, tendo em conta os aspetos individuais de cada aluno, de forma a alcançar a melhor performance.

A ergonomia define-se como a disciplina científica que estuda a adaptação do trabalho do homem. Desta forma, afirma estudar as formas de otimização da interação estabelecida entre o homem, sistema e o meio envolvente, considerando todos os elementos possíveis que o homem poderá encontrar no seu espaço de ação. Esta área de estudo segue fatores determinantes, tais como a usabilidade, o conforto, a eficiência, a segurança, a fiabilidade e as suas dimensões que, combinadas, descrevem o raio de ação da ergonomia. Assim, a ergonomia projeta com fins de rentabilizar e se adequar a diferentes sistemas, aplicando teorias, princípios, dados e métodos, com o objetivo de otimizar o bem-estar humano e melhorar o desempenho dos sistemas (Pheasant & Haslegrave, 2003). As ações executadas pelo ser humano pressupõem o uso de ferramentas adequadas à ação, por isso, esta disciplina preocupa-se com o desenho destes instrumentos para um ambiente adequado. Assim, se um artefacto é usado para desempenhar alguma tarefa ou atividade, a ergonomia pretende, objetivamente, que estes dois elementos alcancem a melhor correspondência possível entre o produto e utilizador, dentro do contexto de tarefa a ser realizada. Portanto, esta área de investigação corresponde à forma de montagem do trabalho para o trabalhador e do produto para o utilizador (Pheasant & Haslegrave, 2003).

A antropometria representa o ramo das ciências humanas que estuda as características físicas do corpo humano, as medições corporais, que, de modo geral, se traduzem nas proporções da estrutura, das quais, pesos, alturas, larguras, distâncias, alcances, espessuras e comprimentos.

Desta forma, o estudo antropométrico da ergonomia relaciona-se intimamente com a implementação da disposição de diversos setores, como a criação de novos produtos. O conceito de antropometria não se limita somente ao estudo das proporções humanas, complementando também áreas tão diversas como a ergonomia<sup>4</sup>, no desporto<sup>5</sup>, na saúde<sup>6</sup>, nos princípios da educação<sup>7</sup> ou até mesmo na variabilidade física, existente entre a antropometria, ergonomia e o design.

No processo de design, a pertinência do desenvolvimento de um produto deve considerar todos os parâmetros que condicionem a sua utilização enquanto objeto final. Todos os aspetos e detalhes que possam responder a perguntas sobre o utilizador e as suas características físicas devem ser ponderados neste ponto de vista, visando um melhor desempenho e execução de todas as tarefas propostas (Pheasant & Haslegrave, 2003).

No âmbito da antropometria a indústria representa uma das principais entidades na contribuição do seu desenvolvimento, necessitando cada vez mais de medidas antropométricas rigorosas e fiáveis, estimuladas pelo progresso da produção em massa, sobretudo no fabrico de vestuário e calçado. Do ponto de vista industrial, a padronização das proporções de um produto permitiria a redução dos custos na produção, com a fabricação de um único modelo do produto (Iida, 2005). Contudo, para a produção de novos produtos, existe a necessidade de seguir e ter em conta determinados fatores que possam influenciar os padrões do objeto. Assim, para otimizar o processo de decisão, deve-se ter em consideração alguns fatores.

O primeiro fator aplica-se às características antropométricas da população (Pheasant & Haslegrave, 2003). Na cultura, as divergências antropométricas distinguem-se nos contextos geográficos. Por exemplo, no continente africano as variações são extremas, variando entre os menores homens do mundo na África Central<sup>8</sup> e os homens da região do Sudão. Desta forma, a produção e desenvolvimento de um produto para uma área geográfica, não é necessariamente adaptável a outra região. Assim, os produtos destinados à exportação devem considerar os parâmetros proporcionais adequados ao seu destino.

Através de uma das demonstrações interessantes das diferenças inter-individuais, dentro da mesma população, William Sheldon (1898-1977) (Iida, 2005), na década de 40, apresentou a realização de um estudo minucioso a cerca de 4000 estudantes norte-americanos. Para esse estudo foi efetuado um levantamento de medidas antropométricas dessa população, fotografando todas os indivíduos em determinadas posições, frente, perfil e costas, constatando a existência, de forma mais evidente,

<sup>8</sup> Uma média de 143,8 cm de altura e os povos com mais estatura do mundo, os negros nilóticos, da região do sudão que medem uma média de 182,9 cm de altura.

de três tipos de físicos distintos, que se denominam por ectomorfo, mesomorfo e endomorfo (Iida, 2005, p.104).

“Ectomorfo - Tipo físico de formas alongadas. Tem corpo e membros longos e finos, com um mínimo de gorduras e músculos. Os ombros são mais largos, mas caídos. O pescoço é fino e comprido, o rosto é magro, queixo recuado, testa alta e abdômen estreito e fino.

Mesomorfo - Tipo físico musculoso, de formas angulosas. Apresenta cabeça cúbica, maciça, ombros e peitos largos e abdômen pequeno. Os membros são musculosos e fortes. Possui pouca gordura subcutânea.

Endomorfo - Tipo físico de formas arredondadas e macias, com grandes depósitos de gordura. Em sua forma extrema, tem a característica de uma pera (estreita em cima e larga em baixo). O abdômen é grande e cheio e o tórax parece ser relativamente pequeno. Braços e pernas são curtos e flácidos. Os ombros e a cabeça são arredondados. Os ossos são pequenos. O corpo tem baixa densidade, podendo flutuar na água. A pele é macia.”

Assim, Sheldon reteve uma compreensão da diversidade humana e percebeu como a estrutura morfológica do ser humano pode ser condicionante na projeção de novas máquinas, postos de trabalho, mobiliário ou outros, quando desenvolvidos e fabricados para a sociedade em geral (Iida, 2005).

O segundo fator apresenta as características que podem impor restrições ao projeto, representando na grande maioria, problemas quotidianos, como folga, alcance, postura e a força (Pheasant & Haslegrave, 2003). Na conceção da área de ofício de um trabalhador, é necessário enquadrar a forma como o seu corpo se adequa ao espaço: a folga proporciona ambientes de acesso e circulação apropriados, apurando as dimensões mínimas aceitáveis da tarefa a efetuar. O alcance é a capacidade de o operador agarrar e manipular os controles. Por exemplo, alterar a altura do assento ou a capacidade de ver sobre uma suscetível obstrução. Restrições de alcance, determinam a dimensão máxima aceitável do objeto. A postura determina-se pela relação proporcional corporal do trabalhador com as dimensões do espaço de trabalho.



Esta restrição pode apresentar problemas com mais complexidade, conseguindo limitar o operador em todas as restrições. Por último, a força, esta restrição reflete a força exercida para o funcionamento de controles ou de tarefas físicas. Desta forma, as limitações de força são impostas no sentido único, de determinar o nível de força necessário para que duas pessoas, com mais ou menos força, possam ambas exercer a mesma função;

O terceiro fator define os critérios de correspondência entre o produto e utilizador. Com a produção em massa e a padronização dos produtos, pode desenvolver-se uma certa insegurança e desconforto no ponto de vista do consumidor. Nesse sentido, a falta de adaptação pode reduzir a eficiência do produto, justificando ou não os custos envolvidos. Lida destaca cinco princípios de referência destinados à produção, apresentando as principais considerações na aplicação das medidas antropométricas (Lida, 2005):

Primeiro princípio: produtos que são dimensionados para a média da população. As medições antropométricas dos produtos em geral, estão ajustadas à estatura média da população. Este princípio é aplicado sobretudo a produtos de uso coletivo, que devem servir para diversos utilizadores. Contudo, este método não é conveniente a todas as pessoas, causando dificuldades na maioria. Desta forma, são aplicadas proporções médias para produtos de uso coletivo ou para produtos de que seja difícil definir a precessão das proporções do assento.

Segundo princípio: produtos que são dimensionados para um dos extremos da população. Este princípio enquadra, enquanto produção, medidas antropométricas da população em geral, mas também engloba uma reduzida percentagem da população. Este pequeno número pode apresentar características diferenciadores de todos os outros, tendo em conta a consideração das seguintes variáveis em determinados produtos, como, no caso das saídas de emergências, enquadrar as proporções do produto, satisfazendo as necessidades ao padrão médio e ao valor máximo da cultura. Assim, a maioria dos produtos industrializados são dimensionados para acomodar até 95% da população, tudo por uma questão económica e de segurança.

Terceiro princípio: projetos que são dimensionados para diferentes tipos da população. Apresentando variações de tamanho na produção de determinados produtos, que possam acomodar diferentes tipos de pessoas, ou, nos casos que requerem melhor adaptação, a escala de números produzidos pode aumentar conforme a necessidade da população. Por exemplo, nas proporções da roupa, uma *t-shirt* disponibiliza vários tamanhos, S, M ou L com a possibilidade de estender o número de amostras, satisfazendo o maior número de tipos de diferentes da população. Embora as produções obedeçam a produções contínuas, estes produtos são fabricados em tamanhos discretos, para aumentar o conforto e, ao mesmo tempo, não oscilar demasiadamente os custos de fabricação.

Quarto princípio: projetos que apresentam dimensões reguláveis. Determinados produtos apresentam características de adaptação, proporcionando a cada indivíduo ajustar o seu dimensionamento padrão. Essas irregularidades geralmente não abrangem o produto como um todo, apenas algumas variáveis consideradas fundamentais para o desempenho da ação. Como o caso dos veículos, que apresentam a regularização do ângulo do encosto, altura do assento ou a distância ao volante. No entanto, este género de funcionalidades implicam maiores custos de produção e devem ser aplicadas no caso de potenciarem o aumento da segurança, conforto e eficiência do indivíduo, justificando esses investimentos adicionais.

Quinto Princípio: projetos que são adaptados ao indivíduo. Existem casos, embora cada vez mais raros no meio industrial, de produtos projetados especificamente para o indivíduo. Como é o caso de roupas feitas sob medida por um alfaiate, ou pessoas que calcem números superiores ao tamanho 44. Naturalmente, esse princípio proporciona melhor adaptação entre o produto e utilizador, mas também é o mais caro. Na produção industrial, só se justifica em casos de extrema necessidade ou quando as consequências de uma falha podem ser tão elevadas que, considerações de custo, são postas de lado. Como, por exemplo, no caso de carros Fórmula 1 ou fatos de astronautas, cujos custos de adaptação individual dos projetos são elevados, mas que tornam-se irrelevantes comparativamente ao custo total desses projetos.

Do ponto de vista industrial, quanto mais padronizado for um produto, menor será o seu custo de produção e de *stock*. Assim, implicações dos primeiros e segundos princípios são mais económicas e o custo aumenta consideravelmente para o terceiro e quarto princípio, sendo quase interdito para o quinto princípio. Os produtos projetados para a estatura média da população sugerem que essa opção possa maximizar e proporcionar o conforto necessário para a maioria. Na prática, pode não se verificar, porque se devem considerar sempre diferenças significativas entre as medidas antropométricas masculinas e femininas. Assim, ao adotar uma média geral, tende-se a beneficiar apenas uma faixa relativamente pequena da população.

### **1.6.1. Dimensionamento da Cadeira**

Anteriormente, como foi referido no tópico “Objeto de Design”, a cadeira apresenta uma função muito específica, em que o objetivo fundamental do assento e encosto de uma cadeira devem proporcionar uma postura e um suporte corporal estável, preferencialmente confortável ao longo de um período de tempo, fisiologicamente satisfatório e apropriado para a tarefa ou atividade em questão (Pheasant & Haslegrave, 2003).

Todos os assentos, a longo prazo, tendem a causar insatisfação e incómodos, no entanto, alguns podem desencadear mais rapidamente essa característica do que outros, podendo ser, ou não, influenciada pelas tarefas ou atividades que o utilizador executa. Deste modo, conclui-se que a variação do conforto dependerá da interação das características do assento, das características do utilizador e das características da tarefa (Pheasant & Haslegrave, 2003). O assento contribuiu para a alteração do comportamento humano, conferindo vantagens em ato laboral (como, na redução de energia, redução de esforço nos membros inferiores, redução da pressão hidrostática

da circulação nas extremidades, aliviando o trabalho do coração, facilita manter um ponto de referência no trabalho e permite o uso simultâneo dos pés e mãos). No entanto, a principal desvantagem desta posição é o aumento da pressão sobre as nádegas e a restrição do alcance do utilizador. Um assento mal projetado pode provocar estrangulamento da circulação sanguínea, nas coxas e pernas (Iida, 2005).

Com o ato de sentar, todo o peso do tronco, acima da bacia, é transferido para o assento, aliviando a pressão sobre os membros inferiores. O corpo entra em contacto com o assento praticamente só através da sua estrutura óssea, com dois ossos de forma arredondada, situados na bacia chamados de tuberosidades isquiáticas, que se assemelham a uma pirâmide invertida. Essas tuberosidades são cobertas apenas por uma camada fina de tecido muscular e uma pele grossa, adequada a suportar grandes pressões. Desta forma, para atenuar a pressão exercida neste osso, aconselha-se um estofamento pouco espesso de 2 a 3 cm, colocado sobre uma base rígida, que não se afunde com o peso do corpo, para ajudar a distribuir a pressão e proporcionar maior estabilidade ao corpo, contribuindo para a diminuição do desconforto e da fadiga. Os materiais aconselhados para revestir o assento devem ter características antiderrapantes e ter a capacidade de dissipar o calor e suor gerados pelo corpo, sendo desaconselhados plásticos lisos e impermeáveis (Iida, 2005).

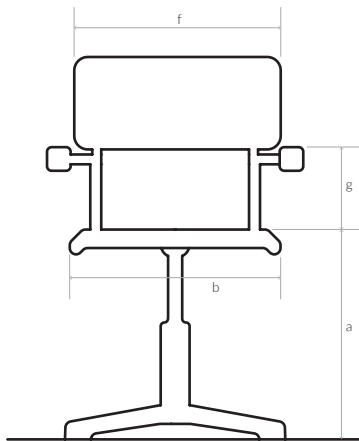


figura 24. Dimensões Básicas para assentos em postura reta.

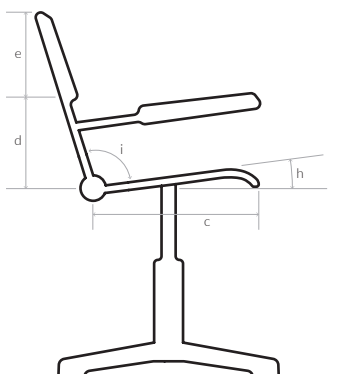


figura 25. Dimensões Básicas para assentos em postura relaxada com inclinação para trás.

Em seguida, seguem-se as dimensões padrão de assento e encostos, estudadas e normalizadas na execução de um produto deste tipo, uma cadeira. A partir deste balanço numérico apresentado, surgem parâmetros adequados na execução de novos produtos, correspondentes às necessidades do homem, como a consideração de aspetos antropométricos do design de uma cadeira, com medições padrão da população em geral. Existem dois tipos de posturas, que podem ser classificadas em: postura reta, coluna vertical com o tronco sustentado pelos músculos dorsais preenchendo a superfície do assento; e a postura relaxada, que pode assumir uma postura ligeiramente curvada para a frente e para trás, juntamente ao encosto preenchendo o assento da cadeira. Então, a figura 24 e 25 e a tabela 1 apresentam um conjunto de dimensões básicas

recomendadas para assentos destinados a diferentes ações. Os valores são exibidos com uma faixa de variação, aptos para acomodar a diferenças antropométricas dos utilizadores. Grandjean e Huting (1977) observaram 378 pessoas no seu local de trabalho e constataram que apenas uma pequena parte dos trabalhadores mantém uma postura reta, ocupando a superfície total do assento (Iida, 2005).

	<b>Variável</b>	<b>Postura reta</b>	<b>Postura relaxada</b>
tabela 1. Dimensões básicas de assentos para uma postura reta e uma postura relaxada. Fonte: Iida, I. (2005). <i>Ergonomia Projeto e Produção</i> (2nd ed.). São Paulo: EDGARD BLÜCHER LTDA.	a. Altura do assento	35 a 42	40 a 47
	b. Largura do assento	40 a 45	40 a 45
	c. Comprimento do assento	35 a 40	40 a 43
	d. Espaço livre assento-encosto	15 a 20	-
	e. Altura máxima do encosto	48	63
	f. Largura do encosto	35 a 48	35 a 48
	g. Altura dos braços	21 a 22	21 a 22
	h. Ângulo do assento	Até 3°	19 a 20°
	i. Ângulo assento-encosto	101 - 104 °	105 - 115°

## 1.6.2. Estudo Antropométrico da População Portuguesa

<sup>9</sup> Departamento de Produção e Sistemas, departamento da Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

<sup>10</sup> Laboratório de Ergonomia da Universidade do Minho.

<sup>11</sup> Consultor.

O estudo realizado pelos autores, Pedro M. Arezes, Mónica P. Barroso, A. Sérgio Miguel (ambos do DPS<sup>9</sup>), Patrício Cordeiro<sup>10</sup> e Luís Gomes da Costa<sup>11</sup>, culminou, essencialmente, na criação de uma base de dados antropométricos da população portuguesa, envolvendo um número total de 891 pessoas, enquanto modelos do caso de estudo. Este projeto teve apoio da IDICT e contribuiu com as empresas Lameiro, Somelos, Modelo Continete, Continental Mabor, Flor Do Campo, Adereminho e Blaupunkt para a concretização do estudo (Arezes, Barroso, Cordeiro, Costa, & Miguel, 2006).

O estudo centra-se na pesquisa das medidas antropométricas em Portugal, com um foco direcionado para sectores específicos, do âmbito militar, sector infantil ou a indivíduos com características particulares. No entanto, por parte de uma forte carência desta análise por parte de diferenciados departamentos, no design, na produção de equipamentos, mobiliário ou maquinaria, este estudo visa apresentar maior fiabilidade nas representações recomendadas no projeto de equipamentos, ferramentas, postos e espaços de trabalho. Assim, os objetivos principais deste estudo centraram-se no desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados e a aplicação desse mesmo sistema na construção de uma base de dados antropométricos da população portuguesa adulta (Arezes et al., 2006).

Contudo, embora a realização de um estudo com uma abordagem prática não garanta resultados de 100% de fiabilidade, porque possivelmente puderam existir erros significativos na conceção e na evolução do crescimento ou diminuição da população padrão. A recolha de dados antropométricos foi obtida por população ativa de determinadas empresas do sector industrial e comercial de diversos departamentos de trabalho e a um número considerável de indivíduos. Constituído por 492 homens e 399 mulheres, com idades compreendidas entre os 17 e os 65 anos (Arezes et al., 2006).

#### **1.6.2.1. Dimensões Antropométricas Consideradas para o Projeto**

Deste modo, de acordo com este estudo, foram analisadas 24 dimensões antropométricas distintas (unidade de medida representada – milímetros/mm). E a incorporação da medição do peso (unidade de medição de peso – quilogramas/kg) de cada sujeito.

tabela 2. Dimensões Antropométricas Consideradas. Fonte: Arezes, P. M. F. M., Barroso, M. P., Cordeiro, P., Costa, L. G. da, & Miguel, A. S. (2006). *Estudo Antropométrico da População Portuguesa* (1st ed.). Lisboa: ISHST.

### **1. Estatura**

Distância vertical do solo até ao ponto mais alto da cabeça (Vértex).

### **2. Altura dos Olhos**

Distância vertical entre o solo e o canto exterior do olho.

### **3. Altura do Ombro**

Distância vertical entre o solo e o acrómio.

### **4. Altura do Punho**

Distância vertical entre o solo e o eixo da pega no punho.

### **5. Largura dos Ombros (Bideltóide)**

Distância entre as máximas saliências dos músculos deltóides, direito e esquerdo.

### **6. Altura do Cotovelo**

Distância vertical entre o solo e o ponto mais baixo do osso na dobra do cotovelo.

### **7. Distância Cotovelo-Punho**

Distância horizontal entre a parte posterior do braço e o eixo da pega, com o cotovelo dobrado em ângulo reto.

### **8. Alcance Funcional Anterior**

Distância horizontal entre a superfície de apoio vertical e o eixo da pega, mantendo as omoplatas encostadas aquela superfície.

### **9. Alcance Funcional Vertical (de pé)**

Distância vertical entre o solo e o eixo da pega, mantendo o braço esticado.

### **10. Altura Sentado**

Distância vertical entre o assento e o ponto mais alto da cabeça (Vértex).

### **11. Distância Olhos-Assento**

Distância vertical entre o plano do assento e o canto exterior do olho.

### **12. Altura Lombar**

Distância entre o assento e a região lombar.

### **13. Espessura da Coxa**

Distância vertical entre o plano do assento e o ponto mais alto da coxa.

### **14. Altura do Joelho**

Distância vertical entre o solo e o ponto mais alto da parte superior da rótula do joelho.

### **15. Altura do Poplíteo**

Distância vertical entre o solo e a concavidade anterior do joelho.

### **16. Comprimento Máximo da Coxa**

Distância horizontal entre o ponto mais extremo da parte superior do joelho e o extremo das nádegas.

### **17. Distância Coxa-Poplíteo**

Distância horizontal entre a concavidade anterior do joelho e o extremo das nádegas.

### **18. Espessura do Peito (Busto)**

Máxima espessura do tórax ao nível do mamilo.

### **19. Espessura Abdominal**

Máxima espessura do abdómen estando o indivíduo sentado.

### **20. Alcance Funcional Vertical (Sentado)**

Distância vertical entre o assento e o eixo do punho, com o braço esticado.

### **21. Distância Ombro-Assento**

Distância vertical entre o plano do assento e o acrómio.

### **22. Distância Cotovelo-Assento**

Distância vertical entre o plano do assento e o ponto mais baixo do osso na dobra do cotovelo, formando este um ângulo reto com o antebraço na horizontal.

### **23. Largura dos Ombros (Biacromial)**

Distância entre acrómios.

### **24. Largura das Ancas (Sentado)**

Largura do corpo medida na zona mais larga das ancas.

### **25. Peso (kg)**

No entanto, no desenvolvimento do projeto não são relevantes todas as medições realizadas pelo estudo antropométrico da população portuguesa. Em seguida, representados na tabela 3, estão referidos todos os valores realizados pelo estudo. Assim, apenas as dimensões significativas pertinentes se apresentam destacadas a *Bold* para a elaboração do desenvolvimento da cadeira final, acompanhadas pela ilustração da figura 26 e 27.

Dimensões	Média (Masculina-Feminina)	Desvio Padrão (Masculina-Feminina)
01. Estatura	1.690 - 1.565	76 - 66
02. Altura dos olhos	1.585 - 1.465	74 - 66
03. Altura do ombro	1.395 - 1.295	65 - 56
04. Altura do punho	735 - 685	43 - 40
05. Largura dos ombros (bideltóide)	1.050 - 965	51 - 46
06. Altura do cotovelo	350 - 320	18 - 17
07. Distância cotovelo-punho	730 - 675	62 - 33
08. Alcance funcional anterior	2.030 - 1.860	94 - 85
09. Alcance Funcional (vertical de pé)	920 - 865	37 - 35
<b>10. Altura sentado</b>	<b>810 - 760</b>	<b>34 - 35</b>
11. Altura dos olhos (relação ao assento)	215 - 220	20 - 20
<b>12. Altura lombar (relação ao assento)</b>	<b>175 - 165</b>	<b>17 - 15</b>
<b>13. Espessura máxima da coxa</b>	<b>525 - 480</b>	<b>30 - 27</b>
<b>14. Altura do joelho</b>	<b>400 - 365</b>	<b>26 - 23</b>
<b>15. Altura do poplíteo</b>	<b>485 - 470</b>	<b>32 - 30</b>
<b>16. Comprimento coxa-poplíteo</b>	<b>590 - 570</b>	<b>33 - 32</b>
<b>17. Comprimento máximo da coxa</b>	<b>265 - 275</b>	<b>23 - 30</b>
<b>18. Espezeito (busto)</b>	<b>265 - 260</b>	<b>32 - 36</b>
19. Espessura abdominal	1.250 - 1.165	55 - 57
20. Alcance funcional vertical (sentado)	630 - 595	33 - 34
<b>21. Distância ombro-assento</b>	<b>255 - 250</b>	<b>30 - 28</b>
<b>22. Distância cotovelo-assento</b>	<b>335 - 300</b>	<b>22 - 25</b>
<b>23. Largura dos ombros (biacromial)</b>	<b>475 - 445</b>	<b>30 - 31</b>
<b>24. Largura das ancas</b>	<b>380 - 400</b>	<b>24 - 27</b>
<b>25. Peso (kg)</b>	<b>74 - 64</b>	<b>11 - 10</b>

tabela 3. Média, Desvio padrão e Percentis dos dados antropométricos da População Masculina (n=492) - Feminina (n=399). Fonte: Arezes, P. M. F. M., Barroso, M. P., Cordeiro, P., Costa, L. G. da, & Miguel, A. S. (2006). *Estudo Antropométrico da População Portuguesa* (1st ed.). Lisboa: ISHST.



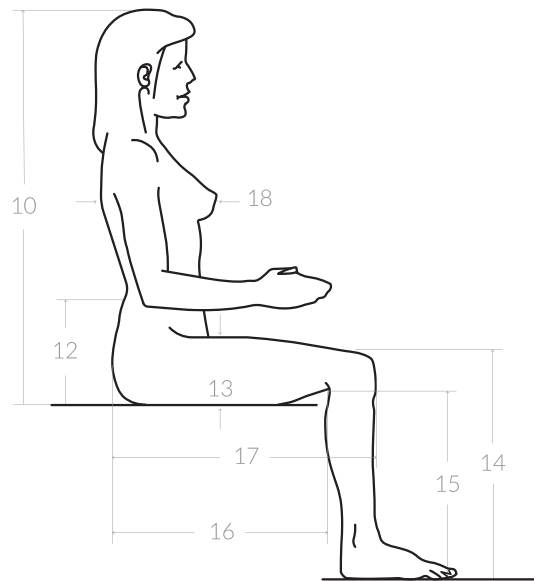


figura 26. Vista lateral da  
figura humana sentada.

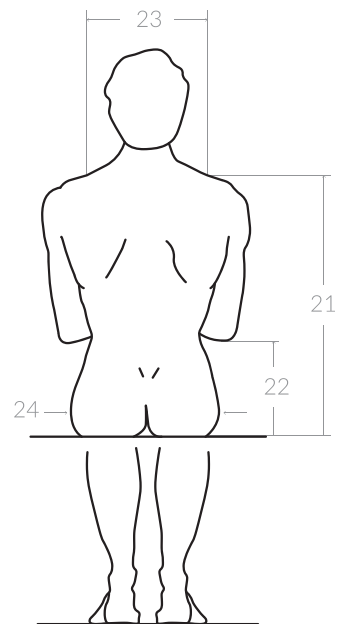


figura 27. Vista lateral da  
figura humana sentada.

**Parte II**  
**Projeto e**  
**Fabrico**



**Capítulo I**  
**Desenvolvimento**  
**do Projeto**

## **1.1. Definição do Projeto**

O desejo de projetar produtos adequados às suas atividades quotidianas, obriga a que a engenharia e o design estabeleçam uma relação benéfica na resolução de problemas. Assim, os processos de produção disponíveis condicionam o desenvolvimento de um produto e, por isso, suscitam uma análise crítica e comparativa, de forma a que o objeto final supere as necessidades e expectativas do utilizador.

O projeto incide sobre a investigação e interpretação da icónica Cadeira Portuguesa, assinalada por um desenho intemporal. Ao longo de gerações, habituou-nos à sua presença nas esplanadas de diversas cidades. Contudo, a Cadeira Portuguesa permite inspirar novos paradigmas, customizando representações familiarizadas com a cadeira inicial. Desta forma, a fonte de inspiração revela significado em experiências pessoais para novas abordagens, logo os novos componentes devem ser projetados de acordo com a significação e adequados aos novos processos de fabrico, que podem constituir um carácter diferenciador na atualidade.

A Parte II, o Projeto e Fabrico da dissertação tende a transmitir e unificar os conhecimentos adquiridos teoricamente para um formato físico, traçando o acompanhamento de todo o processo de desenvolvimento do novo modelo de cadeira que apresenta uma abordagem customizada de autoria pessoal. Antes de proceder à fase de desenvolvimento, foi necessária uma análise de diversos exemplos existentes, relacionados com a temática, onde se puderam observar detalhes semelhantes para a execução do novo modelo (processo de fabrico, ligação entre componentes, material...), de forma a adquirir noções base que esta tipologia de produtos tem em consideração e uma investigação aos processos de fabrico utilizados – Capítulo II.

Posteriormente, tendo em conta uma análise formal da original Cadeira Portuguesa, segue a definição do conceito chave do novo modelo e os requisitos a que deve responder. Assim, como resposta às questões originais da Cadeira Portuguesa e com a implementação da tecnologia CNC, o processo de customização deve responder aos seguintes fatores: acessibilidade de montagem, número reduzido de peças presentes na sua constituição, exequível em CNC, durável, resistente, económico e adaptável a diferentes ambientes, tudo contido num *flat-pack*.

Após a definição dos fatores determinados, procede-se à execução das tarefas necessárias para o desenvolvimento da cadeira (esboços formais, modelação 3D, gerar o CAM, maquinar em tecnologia CNC, acabamentos finais e montagem). Contudo, numa vertente mais técnica, todos os detalhes são importantes, como: a investigação dos processos de maquinagem; a seleção adequada de materiais, que permitam responder de forma fiel às necessidades do produto; o método de ligação mecânica, forma de união entre as peças, permitindo montar, desmontar ou substituir conforme a necessidade; e a estimativa do custo total do produto.

No decorrer da fase de projeto foram tidos em conta todos os pormenores e características da cadeira, sobre o ponto de vista do design e da engenharia, por todo o trabalho estar sujeito a numerosas correções e verificações, de forma a tornar a cadeira o mais fiável possível.

## 1.2. Material Selecionado

A tecnologia do mundo dos materiais entende-se por descrever um conjunto de possibilidades técnicas que podem ser utilizadas para produzir um sistema de artefactos que nos rodeia. Com o mundo a encher-se de desperdícios de toda a espécie, a área da tecnologia passa a contrastar entre o potencial oferecido pela inovação e os limites do ambiente, por exemplo, a produção em série tem criado um fluxo contínuo de soluções, permitindo fazer mais com menos, executar mais rapidamente, simplificar mecanismos, variar e multiplicar as formas. Esta integração pode produzir uma transformação no modo como a matéria pode ser utilizada nas atividades humanas. Uma transformação profunda implica, não só os materiais de criação mais recentes, mas também os de origem mais antiga, como a madeira, que tem vindo a passar por uma espécie de segunda vida (Calçada, Mendes, & Barata, 1993).

O contraplacado e o aglomerado de partículas são as soluções que a tecnologia encontrou para resolver os problemas das diferentes direções da madeira e a falta de homogeneidade de partículas. Daí a madeira ser tema de ideias novas e avançadas. Estas placas apresentam uma flexibilidade enorme na produção, como um material excelente para fabricar séries limitadas de objetos com maquinaria automatizada e flexível (Manzini, 1993). Assim, o material selecionado para a realização do protótipo funcional é o contraplacado.



figura 28. Contraplacado de Bétula.

“O termo contraplacado designa qualquer placa derivado de madeira, resultante da colagem de várias folhas de madeira, dispostas com os fios cruzados folha a folha, geralmente em ângulo reto.” (Machado, 2005, p.11). Este material apresenta, na sua constituição, folhas de variadas espécies de madeira, que são coladas por um meio de resina. Os tipos de folhas de madeira e resina são selecionados em função do ambiente de exposição da placa (interior seco, interior húmido e exterior). Geralmente, as folhas interiores e exteriores são dispostas simetricamente em relação à folha central, formando um número ímpar de camadas, como ilustra a figura 28. A simetria de folhas em relação a folha central da placa garante uma maior

<sup>12</sup> Composição – Sobreposição de folhas sobre folhas de madeira com cruzamento das fibras entre camadas.

resistência mecânica na direção perpendicular às fibras da camada exterior e uma maior estabilidade dimensional, comparada a uma placa de madeira maciça. Assim, pela composição<sup>12</sup> da placa, a tendência de a folha inchar ou retrair na direção perpendicular às fibras é restringida pela estabilidade ao longo das fibras das folhas adjacentes. Esta estrutura do contraplacado garante resistência superior à fissuração, podendo ser pregado ou aparafusado, junto aos bordos da placa sem perigo de fendimento (Machado, 2005).

### **1.3. Projetos obtidos por Maquinagem CNC**

O fabrico de produtos por maquinagem CNC necessita de um estudo prévio, de maneira a saber enquadrar as limitações da tecnologia ao contexto formal do produto. Isto é, tirar o melhor partido dos constrangimentos impostos pela máquina. Assim, a seleção do material e do processo de fabrico possibilitou direcionar uma pesquisa de outros modelos de inspiração, semelhantes ao do desenvolvimento do projeto. Através de seis exemplos elaborados e analisados por outros designers, foi possível reter pequenos aspetos, para proceder à fase seguinte, o projeto, que terá o mesmo método de produção.





figura 29. Cadeira de jantar “Sr. Felt”, de Rik Van Mierlo, 2018.

**Felt Family** representa um conjunto de peças de mobiliário modular, criadas por Rik Van Mierlo em 2018, na Holanda. O principal objetivo deste projeto deriva de uma questão: se seria possível realizar um produto com apenas uma tecnologia, maquinação CNC. A partir da experimentação e combinação de materiais, Mierlo produziu uma cadeira de jantar (Sr.Felt) representada na figura 29, um banco de bar (Miss Felt), uma poltrona (Felt Sr.) e um banco (Felt Jr.). Desenvolvidos com uma estrutura em placa de madeira contraplacado e feltro em PET (Politereftalado de Etileno). O assento neste material aparenta transmitir uma sensação de conforto e através de rasgos com alturas e espessuras previamente definidas, como ilustra a figura 30, permite fazer chegar ao utilizador um toque de leveza a partir da sua dobragem.

Todos os componentes antes do processo de fabrico, passaram por uma análise minuciosa, garantindo uma planificação dos passos a ter na fresagem, para que possibilite que os materiais conectem bem entre si, proporcionando ao utilizador a montagem do mobiliário sem a necessidade de ferramentas ou colas (Mierlo, 2018).

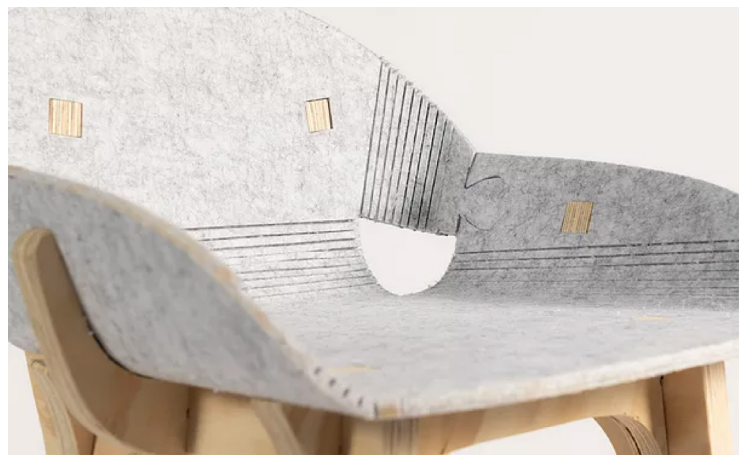


figura 30. Banco de bar “Miss Felt”, de Rik Van Mierlo, 2018. Detalhe no assento, rasgos pré-definidos para dar curvatura à peça.



figura 31. Mix Armchair,  
de Máté Horváth e  
Sarolta Csoma.

**Mix**, exibida na figura 31, é uma poltrona premiada por *Hungarian Design Award 2018*, que tem como objetivo representar os hábitos alterados da geração mais jovem, como a mudança frequente de habitação ou espaço. Desenhada por Máté Horváth e Sarolta Csoma. A ambição na seleção dos materiais para Mix era sobretudo encontrar uma combinação de materiais esteticamente apelativos e inovadores.

A poltrona combina madeira maciça com krypton (material quente ao toque e semelhante à pedra natural, não possui poros, é antibacteriano sem qualquer tipo de aditivo, resistente, fácil de reparar e é de fácil remoção) e tem encaixes fixos com parafusos (liberáveis para garantir uma montagem e desmontagem segura e forte). A tecnologia CNC é o principal processo de fabrico para a construção dos componentes, através de placas planas de madeira e um molde metálico (forma externa para a conformação do encosto e do acento da cadeira). Este projeto tem por base uma produção em série económica, uma escolha de materiais duráveis e de alta qualidade, uma fácil montagem, com uniões simplesmente destacáveis, como mostram as figuras 32.a e 32.b, de forma a criar um produto compacto com simples embalagem (Horváth & Csoma, 2019).



figura 32.a e 32.b Mix  
Armchair, de Máté  
Horváth e Sarolta  
Csoma, encaixe  
destacável.





figura 33. Eutopia de  
Gomes Paz, Argentina.

**Eutopia** é uma cadeira de madeira projetada por Gomes Paz na Argentina, ilustrada na figura 33 e 34, que nasce da ideia de ser desenvolvida e produzida utilizando apenas tecnologias flexíveis, como corte a *laser* e maquinação CNC. O maior desafio e inovação na construção da cadeira, centra-se no rigor necessário de cada elemento, investigando, encaixes, forças, tensões e todos os elementos que proporcionassem estabilidade para o utilizador. Cada peça desta cadeira foi desenvolvida através de uma placa de material, maquinada (figura 35) ou cortada a *laser*, para se proceder a testes e análises.

figura 34. Vista frontal  
e vista alçado direito da  
cadeira Eutopia.



Assim, resultou num produto executado em madeira Kiri, construída sem a necessidade de um único prego ou parafuso, e apresenta uma forma bastante robusta, tirando o melhor partido das propriedades do material, surpreendentemente leve, pesando apenas 1800 gramas (Paz, 2018).

figura 35. Eutopia de  
Gomes Paz, Argentina.  
Método de fabrico  
do apoio de braços e  
encosto através de  
maquinação CNC.





figura 36. P9L Lounge Chair de Alejandro Palandjoglou.



figura 37. Conexão entre componentes.



figura 38. Ideia de organicidade transmitida pelo assento e encosto da cadeira.

figura 39. Planificação da placa de contraplacado.

**P9L Lounge chair** é uma poltrona produzida através de uma fresadora CNC, ilustrada na figura 36. A obra surge da inspiração do modelo de cadeira de Charles & Ray Eames, a LCW (Lounge chair wood) de 1945. Considerada um forte exemplo durante gerações, que levou o autor a realizar um redesign da cadeira introduzindo tecnologia completamente diferente, a tecnologia CNC (Palandjoglou, 2021).

O autor Alejandro Palandjoglou tinha como objetivo transmitir uma ideia de fluidez, semelhante às características do exemplar original, ao mostrar que seria possível realizar uma cadeira com atributos idênticos utilizando uma tecnologia complexa para formas orgânicas e com curvaturas, considerando que o maior desafio da peça seria criar um design orgânico a partir de superfícies planas.

A cadeira é composta por quatorze peças interligadas e conectadas (figura 37) entre si através de cola específica para madeira. A figura 38 mostra o resultado do modo como foi transmitida a ideia de organicidade. O assento e o encosto constituem três placas planas que se adaptam de forma ergonómica ao corpo do utilizador.

Um dos aspetos fundamentais na conceção de um projeto que integre a técnica de maquinagem CNC é a facilidade na planificação da placa de material (figura 39), otimizando o seu consumo conforme a utilidade necessária (Palandjoglou, 2021).

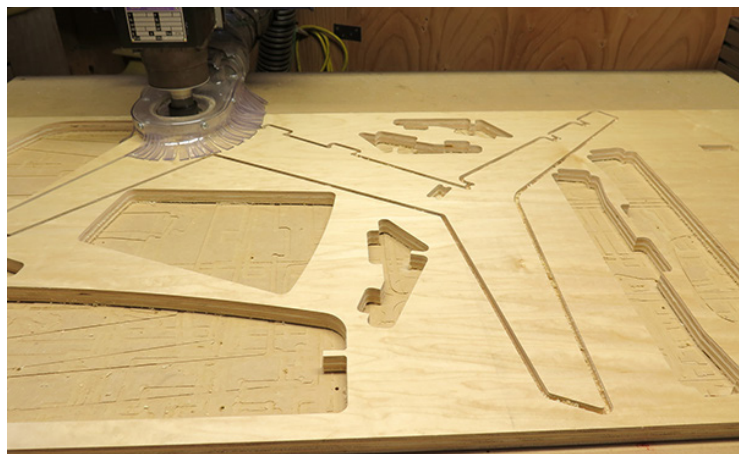




figura 40. Shell Lounge Chair de Marco Sousa Santos.

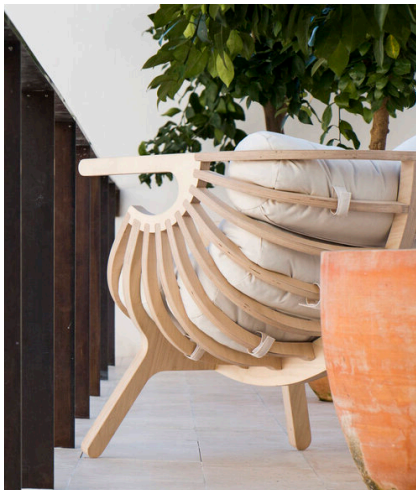


figura 41. Processo de ligação por adesivo entre estrutura e estofado.

figura 42. Shell Lounge Chair em contexto de utilização.

**Shell Lounge Chair** representada pela figura 40, nasce da ideia de uma coluna vertebral orgânica que se vai desenvolvendo e crescendo formando linhas estruturais como uma concha. A cadeira é composta por uma série de peças orientadas em forma de coluna e sustentada por pernas que emergem ao longo da cadeira de forma estrutural.

Todos os seus componentes são obtidos através de maquinação CNC, relacionando técnicas modernas com técnicas artesanais, unida por artesãos portugueses. A cadeira é produzida numa placa de madeira de contraplacado de bétula e unida através de encaixes e colas. A conformação do assento da cadeira como mostra a figura 41 foi concebido com a intenção de alojar almofadas, adaptáveis de forma ergonómica ao perfil do utilizador. O revestimento tem o propósito de ser versátil ao permitir que cada utente personalize o próprio modelo.

O autor da cadeira é Marco Sousa Santos, designer português que tem vindo a desenvolver inúmeros projetos na ideia de que cada peça é o resultado de uma abordagem experimental, suportada por uma investigação detalhada das qualidades estéticas e estruturais dos materiais bem como dos métodos de produção mais adequados, como é o caso da figura 42 (Santos, 2009).





figura 43. Felix de Franco Raggi, para o concurso “Back to Stool – Second edition”.



figura 44. Felix de Franco Raggi, método de articulação das pernas de maneira a sustentar o assento.

**Felix**, peça representada na figura 43, é um banco desenvolvido para o concurso de design “Back to Stool – Second edition”. Divulgado pela Fuorisalone, organizado com a Miocugino (oficina de prototipagem e design de Milão) e com a colaboração do Leroy Merlin Itália, Opendesk (plataforma global para a produção de móveis) e Vectorealism (serviço online de corte a *laser*, impressão 3D e fresagem CNC).

O formato a concurso consiste na representação de um banco de bar, convertendo as antigas técnicas artesanais, entalhar madeira, para novos métodos de produção industriais. Desta forma, o exercício parte em desenvolver e materializar um produto, que posteriormente será exposto e comparado.

Felix é composto por 10 peças e as suas pernas dobram-se sobre uma ponta, permitindo a conexão com as outras pernas, para compor a superfície do assento, como mostra na figura 44. A curvatura realizada é possibilitada pela estratégia formal e pelo método de execução da maquinagem, permitindo retirar o melhor partido de uma placa de madeira contraplacado que proporciona uma diversidade enorme de operações tiradas de uma exploração das propriedades do material, em face das limitações da máquina (Raggi, 2016).

conceção e maquinação assistida por computador ao serviço  
do design: customização da cadeira portuguesa

**Capítulo II**  
**Abordagem aos**  
**Processos de**  
**Fabrico**



## **2.1. Processos de Maquinação**

Um dos principais critérios da proposta do projeto, inclui diretamente a concretização de um produto por processos avançados de maquinação com a tecnologia CNC. No entanto, para completar todo o ciclo de desenvolvimento do objeto são utilizados outros processos de fabrico complementares, de modo a obter o objeto idealizado.

Os processos de fabrico por maquinação são diferenciados por duas categorias: processos em equipamentos convencionais ou em tecnologia CNC. Estes métodos consistem no corte por arranque de aparas, resultante do movimento relativo entre a peça a maquinar e a ferramenta de corte (designa-se de aparas o excesso de material levantado pela ferramenta de corte). Deste modo, a seleção do processo de maquinação deve ter em consideração diversos fatores, como, por exemplo, a forma da superfície a obter, dimensão da peça, precisão pretendida, número de peças a fabricar, análise económica e determinação da máquina mais adequada na produção da série (máquina automática ou semiautomática). A seleção da máquina a utilizar demarca um fator essencial das características referidas. Neste sentido, são analisadas e comparadas neste ponto o tempo de preparação e o tempo de execução das máquinas ao dispor para a realização

da tarefa. A que realizar a maquinagem de forma mais eficiente será a máquina selecionada para desenvolver as peças da produção. No entanto, o dimensionamento da peça também deve ser um fator relevante na seleção do mecanismo, as máquinas de grande porte devem ser usadas para maquinar peças de grandes dimensões e os produtos com medidas inferiores devem evitar máquinas de porte superior, poupando custos acrescidos e desgaste desnecessário (Completo et al., 2009).

Esta análise económica pretende avaliar todos os fatores cruciais para a produção de uma série de peças, analisando e calculando todos os elementos importantes, considerando o número de peças a produzir, tempo de preparação da máquina, tempo de produção de cada peça, custo de mão de obra e custo total de ferramentas para produzir a linha de produtos (Completo et al., 2009).

## **2.2. Processo de maquinagem em equipamentos convencionais**

Os processos de maquinação alteram a geometria do material através de forças aplicadas por ferramentas adequadas. Esses movimentos aplicados podem-se designar por movimento de corte e movimento de avanço. O movimento de corte corresponde a um elemento que se encontra em movimento sobre algo fixo, por exemplo, a rotação da ferramenta, ou rotação da peça ou apenas por translação. O movimento de avanço, corresponde à posição relativa da peça e da ferramenta, por exemplo, movimentação da ferramenta em movimento durante a penetração na peça (Completo et al., 2009). A execução do projeto tem enquanto auxílio três processos de maquinagem convencional: serragem mecânica, furação e acabamento por alta precisão.

A serragem mecânica utiliza uma serra para o seu processo de maquinagem, ferramenta que consiste numa folha de aço com dentes num dos seus lados. Este método

efetua um corte sobre a superfície do material de modo contínuo ou alternado, originando fricção que resulta, então, na divisão desse material. A ferramenta multi-cortante pode ser classificada em três tipos, em serrotes alternativos, serrotes de disco ou circulares e serrotes de fita. Da classificação, a ferramenta mais apropriada para a divisão de alguns componentes da cadeira é o serrote alternativo, que se caracteriza pela sua deslocação retilínea alternada determinada pela forma de laminas dentadas. O movimento de avanço desta ferramenta é provocado pelo cabeçote, elemento batente incorporado no limite da lâmina. Esta ferramenta, devido à sua rigidez, permite avanços mais elevados, atravessando maiores espessuras (Completo et al., 2009).

O processo de maquinação por furação permite realizar diversas operações dentro do mesmo contexto, como abertura de furos, mandrilar, furação escalonada, roscagem com macho de roscar, rebaixar e escarear peças. Este processo apresenta um papel importante para a ligação de diferentes componentes, através de uma furação pré-definida. Os furos desempenham na construção mecânica das peças duas vertentes, passantes ou cegos, de maneira a assegurar a fixação por outros elementos de ligação mecânica desmontáveis ou fixas.

Esta máquina-ferramenta, geralmente, constitui uma árvore rotativa, onde se encaixa a ferramenta e possui um movimento de avanço axial. Este movimento pode ser realizado de forma manual ou mecânica. Através da broca, uma das ferramentas adequadas, a máquina realiza uma operação com a execução de dois movimentos, o de rotação (o movimento de corte realizado pela ferramenta) e o de translação (movimento de avanço realizado pelo deslocamento da árvore, eixo da vertical onde permanece a ferramenta). A máquina é constituída por uma coluna de suporte que liga à base e fixa ao solo. No cabeçote, pode-se encontrar o motor elétrico, a árvore e a caixa de velocidades e de avanços. O movimento de avanço pode ser acionado manualmente ou mecanicamente, com a seleção da gama de velocidades. Para a execução deste processo de maquinação, as ferramentas utilizadas designam-se por brocas e mandris. A ferramenta mais comum para a furação chama-se broca helicoidal, esta gera uma superfície interna cilíndrica e encontra-se sempre apertada num dispositivo de aperto, de forma a poder executar o movimento em

segurança. Caracteriza-se por ter dois canais em hélice que se inicia na ponta da broca e permitem uma deslocação de material durante a perfuração, da ponta da broca para o seu fim (Completo et al., 2009).

Assim, posteriormente ao processo de maquinagem das peças, todas as imperfeições e acabamentos são terminados pelo processo de acabamento de máxima precisão. Este sistema trabalha sobretudo sobre peças de superfícies metálicas, de forma a remover irregularidades nocivas para o funcionamento de alguns mecanismos. No entanto, o processo pode dividir-se em diversos tipos de acabamento e para o projeto foi aplicado o sistema de polimento. Esta operação representa um processo concretizado manualmente ou recorrendo a processos mecânicos. O polimento decorre através de discos ou conjunto de discos revestidos de abrasivo, revestidos de feltro ou de tecido. O método permite deixar um acabamento sem rugosidade, contudo, não garante precisão geométrica e de forma (Completo et al, 2009).

### **2.3. Processo avançados de maquinagem com tecnologia CNC**

A máquina-ferramenta<sup>13</sup> tem desempenhado um papel fundamental no mundo tecnológico, de forma a que o desenvolvimento industrial dependa da evolução destas máquinas. Nos tempos primórdios, ainda sem possibilidade, a necessidade do progresso destas máquinas-ferramentas já seria notória. A partir deste momento, o desenvolvimento industrial foi acelerado, condicionado por sistemas de produção convencionais. As máquinas-ferramentas são integradas, dividindo individualmente cada operador, possibilitando realizar o serviço mais adequado à experiência de cada um (Arnold, 2001). Este serviço tem como objetivo a obtenção de maior eficácia e rentabilidade, de maneira a que cada máquina estivesse distribuída sequencialmente consoante o número

<sup>13</sup> Máquina-Ferramenta – Máquina acionada por processos mecânicos que faz funcionar uma ferramenta, substituindo a mão do operário.

de manipulações necessárias para a concretização da peça. No entanto, a necessidade de fabricar produtos em quantidades e qualidade, ou a preços suficientemente baixos, ou de difícil fabrico por serem excessivamente complexos para controlo humano, levou à necessidade de substituição do operador humano, como controlador de uma máquina-ferramenta, para a integração de novos métodos de fabrico automatizados que correspondessem às necessidades pretendidas (Arnold, 2001).

<sup>14</sup> Controlo Numérico (CN) - Considera-se controlo numérico todo o dispositivo capaz de dirigir os movimentos de posicionamento de um órgão mecânico, em que os comando relativos a esse movimento são elaborados de forma totalmente automática a partir de informações numéricas ou alfanuméricas definidas, manualmente ou através de um programa.

O controlo numérico<sup>14</sup> surge em 1947 através de John Parsons (1913-2007), da "Parsons Corporation". A empresa fabricava diversos equipamentos para a indústria da defesa, até a introdução experimental de um computador numa máquina fresadora para direcionar as trajetórias da fresa. Posteriormente, esta técnica suscitou interesse pela força aérea dos E.U.A., que tinha a necessidade de fabricar componentes extremamente complexos que estariam permanentemente a serem revistos, alterados num curto espaço de tempo, com séries de produção muito pequenas. Em 1949, estabeleceu contrato de desenvolvimento entre a "U.S. Air Force", a "Parsons Corporation" e o Instituto Tecnológico de Massachusetts (M.I.T.). Para em 1952, por intermédio do Laboratório de Servomecanismos, o MIT projetou e construiu o primeiro protótipo de uma fresadora, *Hydrotel da Cincinnati Milling Machine Company*, adaptada a um sistema de controlo numérico que comandava três eixos. No início de 1970, na Suécia, através do desenvolvimento tecnológico, é introduzido o controlo numérico para a maquinação de peças através de um minicomputador. Isto, permitiu a adequação do equipamento existente, manipulado apenas por operadores profissionais, integrado unicamente numa só máquina. A maquinação CNC é um processo subtrativo gerador e produtor de formas, as peças obtidas por este método geralmente são sólidas sem reprodução de geometrias no seu interior ou com detalhes muito finos (Arnold, 2001) (Relvas, 2002).

Esta tecnologia permite fabricar modelos físicos gerados em sistemas digitais CAD 3D, a partir de um número muito reduzido de intervenções pelo executante. Através do processo de programação, o operador indica ao controlo da máquina todos os elementos necessários para que esta possa realizar todos os procedimentos automaticamente.

Para este processo, é necessário determinar todas as trajetórias da ferramenta de corte, definindo um vetor direcional, capaz de determinar a forma da superfície pretendida. Assim é possível gerar formas de alto e baixo-relevo e elementos geométricos simples, como, segmentos de reta e arcos de circunferência. Antes de proceder ao processo de maquinação, a máquina necessita de ser calibrada a partir do bloco de material selecionado, através da orientação dos eixos, da geometria e das ferramentas a utilizar. As peças geradas no sistema de CAD são transferidas para um *software* de CAM, que cria o programa que define todos os elementos e detalhes da trajetória que a ferramenta terá de percorrer e, de seguida, colocar o programa gerado na CNC. Apesar de gerar peças de forma automática, é recomendada a vigilância por parte de um operador para atender a qualquer eventualidade. O tempo de fabrico depende de diversos fatores, o tipo de material, a dimensão, o detalhe, o número de peças a produzir e o tipo de acabamento final desejado (Relvas, Mota, Simões, & Ramos, 2017).

A maquinação em tecnologia CNC desperta inúmeras vantagens para um processo de fabrico, que se dividem em 6 vantagens (Relvas, 2002): o aumento da produtividade das máquinas (deve-se à diminuição do tempo total de maquinação, à diminuição dos tempos de deslocamento no vazio e da rapidez dos posicionamentos dos sistemas eletrónicos de controlo); flexibilidade (realização de um maior número de operações e facilidade em alterar o programa para fabricar outra peça distinta); precisão (apresenta aspetos universais em comparação com as máquinas convencionais, podendo realizar um maior número de operações com a mesma máquina); redução de controlos (deve-se à grande fiabilidade e repetibilidade de uma máquina-ferramenta CNC, ao realizar a maquinação, seguindo sempre as mesmas trajetórias e ferramentas bem reguladas, é possível obter peças de precisão constante, reduzindo o número de controlos intermédios, nomeadamente os controlos dimensionais); viabilização (possibilidade na obtenção de peças cada vez mais complexas, como superfícies tridimensionais); e segurança (o facto de as máquinas disporem de blindagens de resguardo, permitem uma maior segurança para o operador e possibilita trabalhar com produtos perigosos).

No entanto, esta técnica de fabrico só é favorável relativamente ao número de peças a produzir. Assim, num processo em que a precisão e o tempo de produção são fatores primordiais, o controlo numérico computadorizado assume relevância se as séries a fabricar estão compreendidas entre 5 e 1000 peças, que poderão ser repetidas várias vezes durante o ano. A utilização do CNC para séries pequenas só se torna rentável no fabrico de peças bastante complexas, e quando se pode efetuar a sua programação com a ajuda de um computador. Caso contrário, os custos de programação podem tornar-se muito elevados, em relação aos custos da maquinação (Completo et al., 2009).

#### **2.4. Processos de ligação Mecânica**

Os processos de ligação desempenham um papel fundamental no projeto de um produto, este fator ocorre numa ligação física entre dois elementos mecânicos. Sendo considerados mecanismos desmontáveis, fixos ou por adesivo (Relvas et al., 2017).

As ligações desmontáveis utilizam componentes normalizados, como, parafusos, anilhas, porcas, pinos e chavetas que possibilitam montar ou desmontar o elemento em caso de necessidade, ou qualquer tipo de elementos com um ponto fixo mas que possibilitam movimento giratório, como, veios estirados, polias, correias, correntes, entre outros. Grande parte destes elementos necessitam de operações nos elementos de ligar, ou seja, execução de furos, caixas de alojamento, rasgos ou qualquer outro elemento que tenha a capacidade de ligação dos constituintes. As ligações aparafusadas

ou roscadas, apresentam como grande vantagem a sua versatilidade, bem como a fácil montagem e desmontagem. Permite também a regulação de posições e forças de aperto.

As ligações fixas são componentes que não permitem a desmontagem após serem inseridas para afixação, como, ligações feitas com rebites, pregos ou molas de fixação plásticas.

As ligações por adesivos consistem numa ligação entre duas partes que não requerem ser desmontadas nem que tenham o requisito de serem ambas as partes compostas com o mesmo material. Estas têm tido grande evolução, tornando-se uma grande opção para a integração em atuais produtos fabricados. A maioria das aplicações utiliza resinas epóxicas, resinas de poliuretano, acrílicas ou cianoacrilato. Assim, esta opção apresenta vantagens na temperatura no processo de produção e redução dos custos na sua preparação. No entanto, podem-se degradar com a sua utilização principalmente por causa de efeitos ambientais nefastos.



conceção e maquinação assistida por computador ao serviço  
do design: customização da cadeira portuguesa

**Capítulo III**  
**Customização**  
**da Cadeira**  
**Portuguesa**

### **3.1. Fabricantes da Cadeira Portuguesa**

No Capítulo III da Parte II, é apresentada de forma progressiva a evolução do processo de desenvolvimento do novo modelo de cadeira. Inicialmente, este método necessitou de um estudo de modelos reais e virtuais já existentes da Cadeira Portuguesa para a realização de uma análise detalhada num contexto interpretativo formal, tecnológico e funcional, através da utilização de dois modelos “5008” e a “Cadeira Gonçalo”, produzidas por duas empresas de referência em Portugal, Adico e ARCALO.

Com a recolha de informação, foi possível identificar os aspetos a manter da Cadeira Portuguesa, pela definição dos diversos pormenores importantes e emblemáticos da aparência do modelo. Absorver os parâmetros chave da configuração possibilitou um desenvolvimento formal, aplicando em simultâneo os critérios da cadeira em função do processo de fabrico a utilizar. A partir do aparecimento dos esboços em papel começaram a surgir mais ideias e a definir novos conceitos para a cadeira, levando os modelos iniciais a serem construídos em *software* 3D e, posteriormente, concretizados em pequenas maquetes, à escala 1:5.

As pequenas maquetas foram alvo de comparações entre si, de modo a identificar os modelos mais eficientes entre os parâmetros da cadeira customizada. Em seguida, integraram-se as proporções humanas, levando a uma concretização de maquetes à escala 1:1, que posteriormente foram melhoradas e retificadas para poderem ser maquinadas em tecnologia CNC. A investigação inicial da cadeira foi essencial para o desenvolvimento do resultado final da cadeira, porque através da definição dos primeiros parâmetros foi determinado o fio condutor para a evolução do novo modelo. Ao longo do Capítulo III, podem surgir diversas figuras com distintas proporções, que mostram os diferentes detalhes de algumas fases ao longo do processo.

### 3.1.1. Adico



figura 45. 2002 Modelo “5008”, cadeira de esplanada, Adico.

Adico, empresa fundada por Adelino Dias da Costa, em Avanca. Inicialmente, o gosto pela serralharia foi passado numa pequena empresa do pai. A principal inspiração do mestre serralheiro deve-se sobretudo a uma viagem que realizou ao Porto, onde observou exposições e analisou novas técnicas de fabrico existentes no Norte do país. No entanto, em 1920, decide lançar-se na sua terra natal, Avanca, onde nasce uma fábrica desta indústria: Adico (Adico, 2014). Mais tarde, na década de 30, orientou a sua produção para mobiliário hospitalar, evidenciando o domínio de tecnologias sofisticadas para a época. Nessa altura, desenvolve uma linha de mesas e de cadeiras de esplanada, de qual se salientou a tradicional Cadeira Portuguesa. Adico apresenta esta cadeira com autor desconhecido, tendo origem na década de 30/40, marcada por um desenho intemporal, tornando-se parte do quotidiano e cultura nacional (Adico, 2019). O modelo “5008”, representado na figura 45, considerada a Cadeira Portuguesa, revelou uma grande importância como fonte de informação e análise dos elementos físicos para o novo modelo.

### 3.1.2. ARCALO



figura 46. Modelo  
“Cadeira Gonçalo”,  
cadeira de esplanada,  
ARCALO.

ARCALO, empresa com 60 anos de história e inovação no sector da restauração em Portugal e no mundo, situada no Cartaxo, onde desenvolve soluções a medida de cada cliente, utilizando recursos tecnológicos mais modernos e flexíveis. A principal produção desta empresa destina-se a mesas e a cadeiras. No entanto, a “Cadeira Gonçalo, figura 46, acaba por desempenhar um destaque evidente, permitindo guiar a linhagem da produção em função do desenho da cadeira. Assim, a empresa pretende transmitir uma coerência formal na linhagem dos produtos através de conceitos base, como: originalidade, pela identificação do mestre serralheiro Gonçalo Rodrigues dos Santos; pluralidade, pela diversidade de modelos e combinações; utilidade, pela funcionalidade entre elementos enquanto métodos de arrumação e empilhamento; qualidade, pela utilização de aço dobrado de forma a conferir aos produtos uma vida longa, resistente e duradoura; e património, por ter popularizado as esplanadas de norte a sul do país desde os anos 50, atualmente, possui uma gama ampla de soluções para os mais diversos contextos (ARCALO, 2020).

ARCALO exhibe, no próprio *site*, o modelo anterior à cadeira atual. O modelo dos anos 50 apresenta detalhes interessantes num contexto analítico e comparativo. Visualmente, o modelo apresenta 5 pormenores distintos, como: o ângulo de 90° das pernas dianteiras sobre o assento que pode ter consequências sobre a eficiência ergonómica da cadeira e acabamento vertical nas pernas traseiras, visível na figura 47.a; ligeiro ângulo na perna traseira a partir do elo de ligação, visível na figura de costas 47.b, que exhibe uma ligeira abertura das pernas traseiras para diminuir o risco de oscilações; e a superfície do assento, como aparenta a figura 47.c, sob as pernas dianteiras, ocupando uma área muito superior à cadeira atual.

figura 47.a, 47.b e  
47.c Modelo “Cadeira  
Gonçalo”, original dos  
anos 50. Na posição  
alçado esquerdo, costas  
e pormenor.



### 3.2. Contextualização Formal

A Cadeira Portuguesa, num contexto geral, apresenta características muito particulares que devem ser muito bem analisadas. A cadeira, “ergonomicamente bem concebida, com uma inclinação nas costas pronunciada, permite ao utilizador um descanso prolongado e contribui para a imagem tipicamente portuguesa “(Nuno Ladeiro, pág. 80). De modo geral, a cadeira transmite uma fluidez pelos atributos orgânicos com o tubo de aço dobrado, segurança, conforto e resistência que vai ao encontro dos fatores de utilização. No entanto, para se proceder à execução de um novo modelo, é necessário entender os pontos formais indispensáveis da constituição da cadeira.



figura 48. Modelo “5008”, pormenor evidenciado da perna traseira com o apoio de braços.

A semelhança entre os modelos da Adico e ARCALO são fruto de um desenho que valoriza os seguintes fatores: a inclinação acentuada de 60° das pernas traseiras, representada pela figura 48; fluidez e continuidade entre elementos na ligação das pernas traseiras com o apoio de braços e as pernas dianteiras com a ligação ao assento, compondo unicamente uma peça cada, como mostra a figura 49; ocultação das ligações entre constituintes exemplificado pela figura 50; encosto ergonómico, com uma curvatura adaptada ao conforto do utilizador, ilustrada pela figura 51; inclinação pronunciada entre costas e assento; inclinação ligeira do assento sobre as pernas dianteiras; e número reduzido de componentes.

figura 49. Elemento de continuidade realizados pelas propriedades do material tubular.



figura 50. Ligações entre componentes.



A análise dos modelos “5008” e “Cadeira Gonçalo” possibilitou entender os detalhes chave do formato da cadeira. Para que se possa ter uma ideia formal e concreta para a fase de desenvolvimento do novo modelo, que será fabricada num método completamente distinto da cadeira original, por maquinação em tecnologia CNC.

figura 51. Curvatura ergonómica no encosto da cadeira.



### 3.3. Desenvolvimento Formal

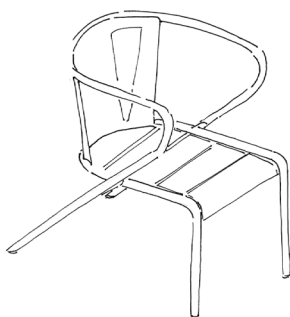


figura 52. Primeiros esboços da Cadeira Portuguesa.

Durante todo o processo de evolução, o desenvolvimento formal destaca-se por ser uma das fases indispensáveis à materialização final do novo modelo. Por servir como principal ferramenta para geração de soluções criativas e concretização de conceitos visuais e idealizados, o método utilizado caracteriza-se por ser um instrumento fundamental para o trabalho dos designers, integrado facilmente na projeção de comunicar as formas imaginadas e que ajudam na formalização de ideias, consciencialização e autoaprendizagem (Relvas, 2017). No entanto, esta fase é a única que se mantém em aberto ao longo de todo o processo, ou seja, qualquer alteração necessária em desenho ou anotação escrita a realizar será colocada sobre papel, de forma a registar cada passo bom ou mau a ser executado.

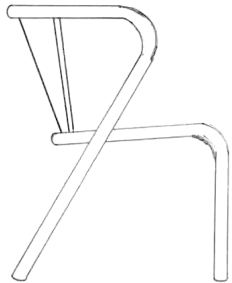


figura 53. Esboço da vista de alçado direito.

Inicialmente, foram realizados esboços da Cadeira Portuguesa, como mostram as figuras 52, 53 e 54 para interpretar e compreender melhor os aspetos formais do modelo, que permitiram uma visão geral do detalhe de cada componente, para um futuro redesign.

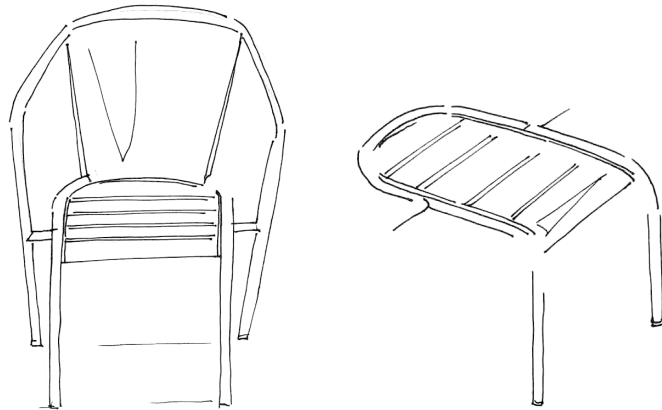


figura 54. Esboços de diversas posições da cadeira.

Após a compreensão da forma original, procura-se descobrir as linhas mais acessíveis para o processo de produção, tendo sempre em consideração que todas as peças tinham de ser extraídas diretamente de uma placa plana e todos os aspetos de detalhe que fossem considerados com espessuras superiores à espessura do material selecionado seriam excluídos do balanço final do desenvolvimento da cadeira. Assim, pegando nos aspetos formais da Cadeira Portuguesa, iniciou-se o processo de exploração do novo modelo, como mostram as figuras 55 e 56, que procuram achar a forma mais indicada para transparecer a ligação da perna traseira com o apoio de braços e uma tentativa de composição entre os diversos componentes da cadeira.

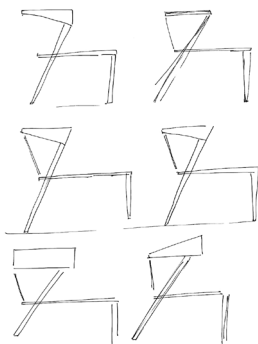
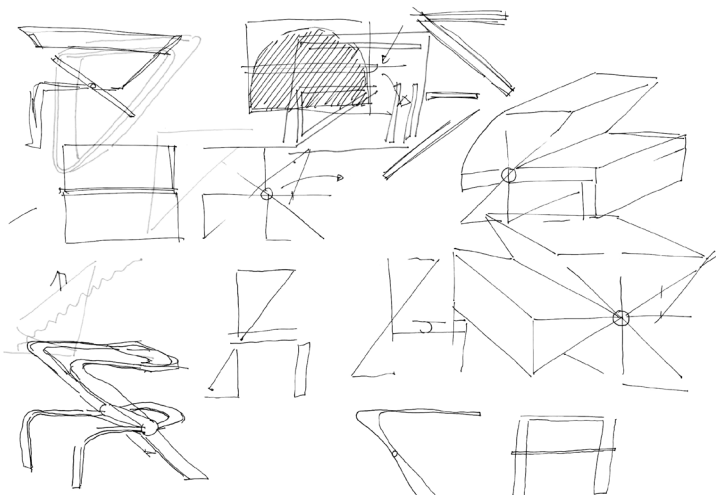


figura 55. Primeiras explorações da forma.

figura 56. Análise estrutural da cadeira.





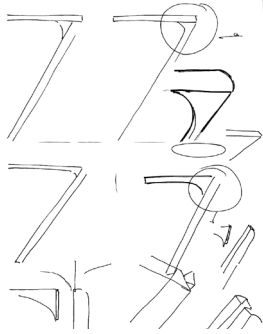


figura 57. Primeira abordagem de métodos de ligação entre componentes.

Inicialmente, foram postas em causa diversas peças com muito material e peso visual, que de certo modo, apesar de não terem sido usadas foram importantes para perceber o que resultava e o que não resultava na composição do modelo. Esta idealização pode ser verificada no esboço da figura 57, que mostra uma abordagem da consciencialização da constituição da cadeira e uma pequena interação entre peças da figura 58 de modo a entender o método de ligação ente si.

figura 58. Esboços de interação entre elementos formais.

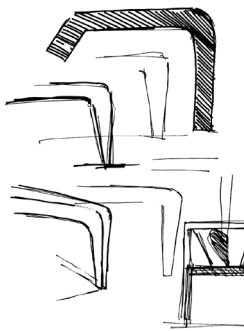
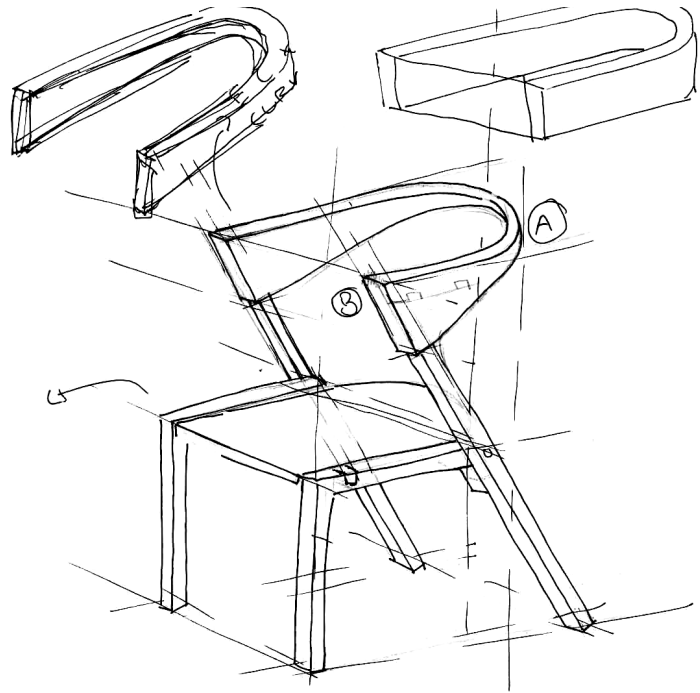
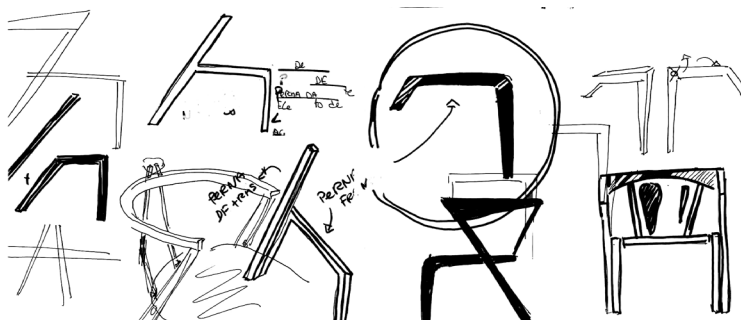


figura 59. Reinterpretação da perna dianteira da cadeira.

Para proceder e começar a montar os modelos em CAD, foi necessário fazer uma análise entre os métodos de ligação mecânica, como mostra a figura 59, 60, 61 e 62. Este processo foi o detalhe mais complexo da cadeira, entender e enquadrar da forma mais eficiente os formatos entre peças, identificando o melhor método de ligação entre si. Este aspeto levou a desenvolver inúmeros formatos diferentes de encaixe, entre os quais, baixos relevos, com boleados, com apertos mecânicos, com cavilhas...

figura 60. Reinterpretação da perna dianteira da cadeira sobre os restantes componentes.



Dessa investigação, começaram a surgir alguns modelos interessantes, que poderiam futuramente ser modelos a considerar para um desenvolvimento detalhado.

figura 61. Esboço de análise da perna dianteira e eixo de sustentação do assento com ligação às pernas traseiras.

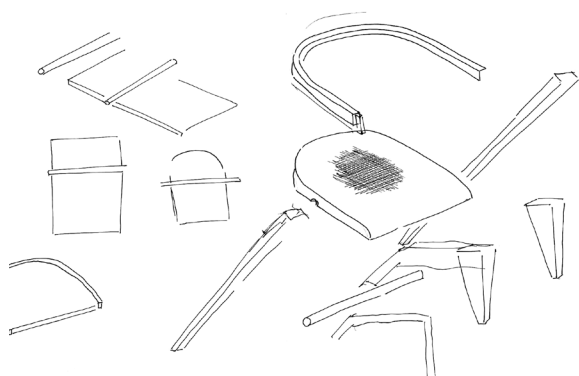
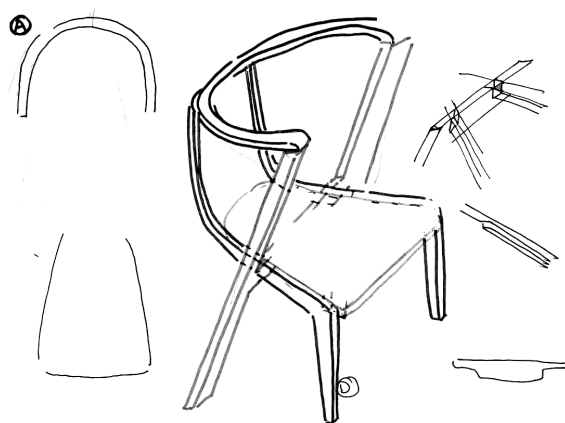


figura 62. Vista explodida de um modelo como método de análise estrutural da cadeira.

Estes modelos foram desenhados com outro rigor, através de perspetivas geométricas. A figura 63 apresenta o Modelo 001, o esboço é composto por nove componentes, integrando uma fixação segura em perfis de alumínio aparafusados e um encosto.

A figura 64 exhibe o Modelo 002, que apresenta diversas particularidades. É composto por cinco componentes, não tem encosto mas apresenta um formato em “H” nas pernas traseiras, ou seja, unifica um dos pontos frágeis da cadeira e sustenta o assento com a integração de um eixo.

A figura 65 mostra o Modelo 003, esboço que inclui sete componentes, inclui um eixo de apoio ao assento e a perna dianteira que apresenta uma particularidade contínua em formato “S”, reforçando o assento e suportando o apoio de braços.

figura 63. Modelo 001 - Esboço de um modelo composto por nove componentes e sustentação da cadeira através de tubos de alumínio.

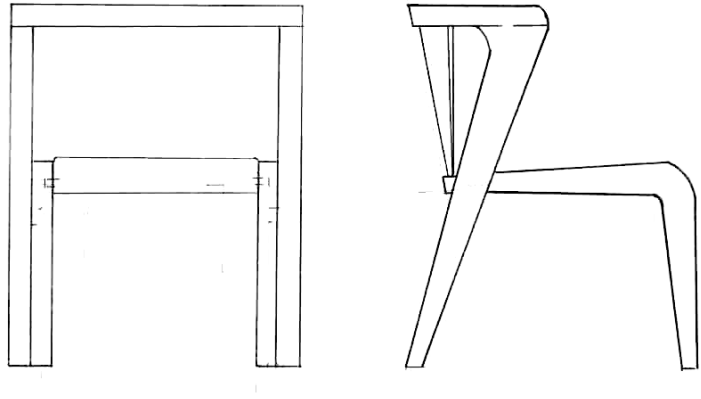


figura 64. Modelo 002 - Esboço de um modelo composto por cinco componentes, sem encosto e com as pernas traseiras em formato de "H".

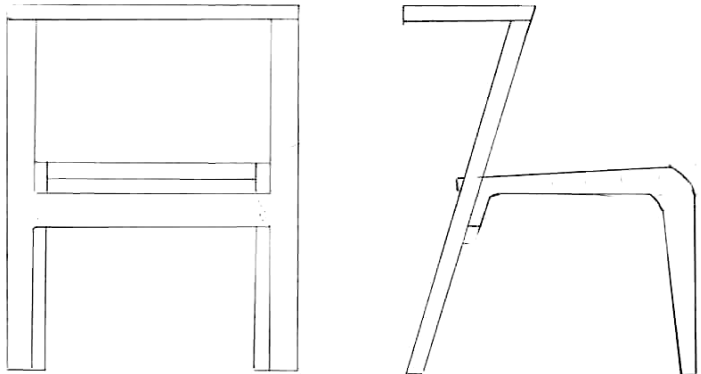
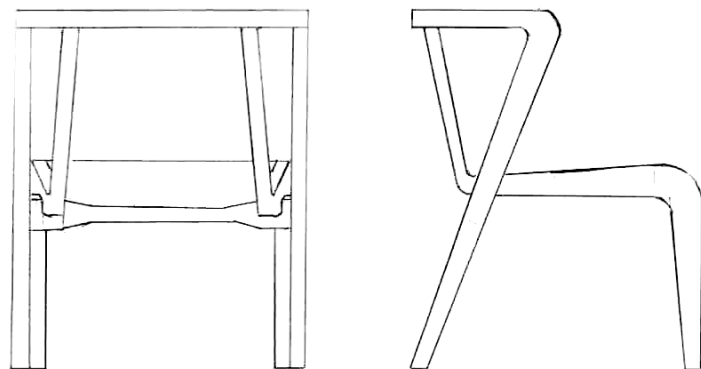


figura 65. Modelo 003 - Esboço de um modelo com sete componentes com eixo incluído.



### **3.4. Projeto Concetual**

#### **3.4.1. Fase I – Maquetas Experimentais**

Após apresentar modelos pertinentes para o projeto, procede-se à execução dos desenhos CAD através de aplicações de apoio ao projeto (CAE). A utilização de ferramentas CAD desempenhou um papel importante pela concretização de uma diversidade enorme de modelos que permitiram obter inúmeros resultados idealizados da fase anterior o mais fiel possível. O método CAD possibilitou representações tridimensionais do produto através de uma visualização geral dos objetos superior à vista 2D presente em papel. Deste modo, este sistema proporciona uma análise com uma maior diversidade de ângulos, uma conotação ampla, uma representação variada de pormenores, detalhes e na deteção de deficiências físicas (Relvas, 2017).

Através de uma construção CAD foram desenvolvidos diversos modelos, como o Modelo 001, representado pela figura 66.a e 66.b, que apresenta uma constituição de 9 componentes, garante duas fixações no apoio de braços, integra encosto e requer um auxílio de três tubos perfis de alumínio. No entanto, conforme as características, este modelo não corresponde aos critérios e mostra ter um custo muito elevado.

O modelo 002, visível na figura 67.a e 67.b, apresenta uma constituição de 6 elementos, garante duas fixações no apoio de braços e não integra encosto. No entanto, oferece um método de sustentação mais económico, através de um encaixe implementado no assento e nas pernas traseiras.

O Modelo 003, da figura 68.a e 68.b, apresenta uma constituição de 5 elementos, não integra encosto, mas garante 4 pontos de fixação entre apoio de braços e pernas traseiras. Este protótipo surge da ideia de unir as duas pernas traseiras em forma de “H”, permitindo integrar um eixo central de ligação que oferece suporte de fixação e sustentação ao assento. Logo, conforme os critérios de análise, este modelo apresenta mais benefícios para futuras intervenções.

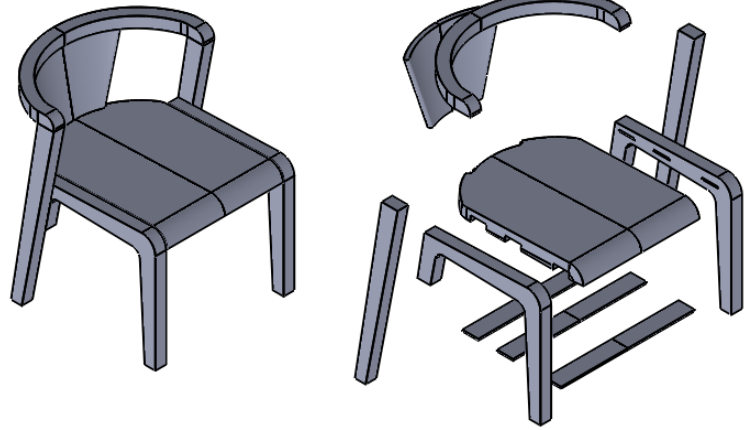


figura 66.a e 66.b  
Modelo 001 à escala  
1:20.

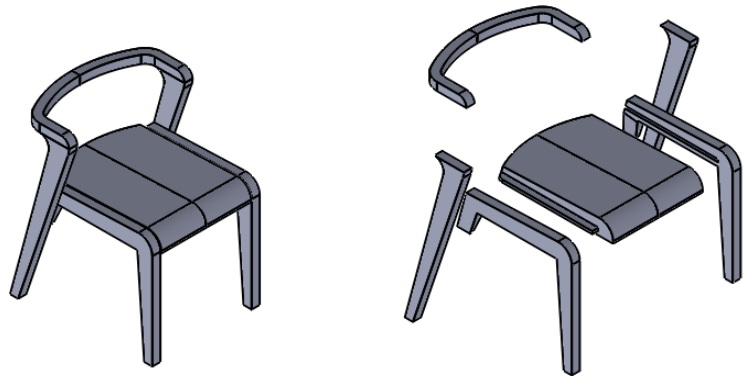


figura 67.a e 67.b  
Modelo 002 à escala  
1:20.

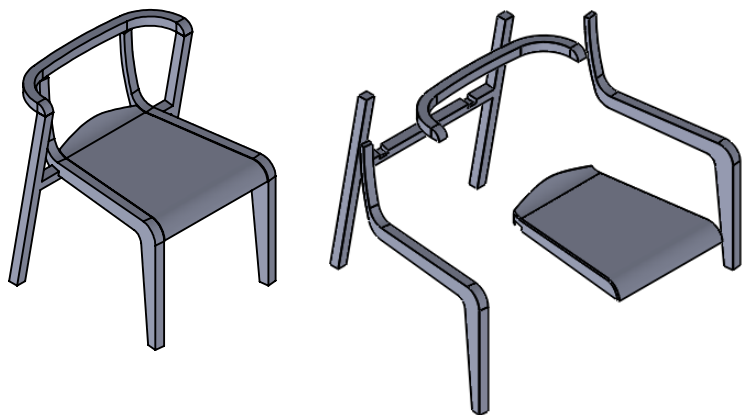


figura 68.a e 68.b  
Modelo 003 à escala  
1:20.

Com o método analítico formal virtual foi possível a realização de diversos protótipos físicos em escalas reduzidas, em papel e em MDF, como apresenta a figura 69, 70 e 71. Ambos os modelos foram contruídos à escala 1:20, porém, a maquetização em MDF oferece uma análise geral de todos os elementos, visualizando fisicamente o seu formato real, ângulos, encaixes ou proporções, em diversas perspectivas diferentes.

figura 69. Maquetas em MDF do modelo 001, modelo 002 e modelo 003.



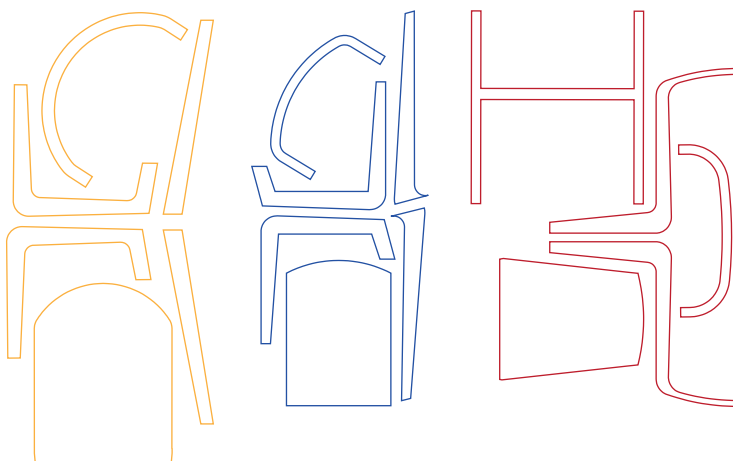
figura 70. Detalhe do modelo 003 em maqueta em MDF.



figura 71. Detalhe do modelo 002 em maquetas em MDF.

Para a realização das maquetas em MDF, a oficina do DeCA da UA dispensou uma placa de material de 3mm de espessura e proporcionou o corte através de uma máquina de corte e gravação a *laser*, disponível no departamento. Para efetuar o corte, foi necessário planificar e preparar um ficheiro com o perfil de cada peça a cortar visível na figura 72. De modo a identificar todas as peças, são atribuídas iniciais de identificação a cada componente, que são: PT, perna traseira; PD, perna dianteira; A, assento; AP, apoio de braços; e o E, eixo. Este processo de iniciais foi utilizado ao longo de todo o processo de produção da cadeira para facilitar questões de identificação, tanto em maquetas como em protótipos finais.

figura 72. Contorno das peças para proceder ao corte a laser: a amarelo o modelo 001; a azul o modelo 002; e a vermelho o modelo 003.



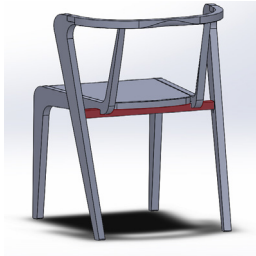


figura 73. O modelo com eixo integrado no assento.

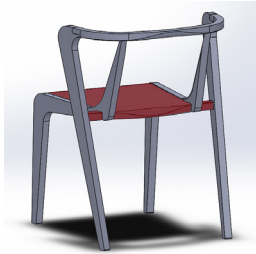


figura 74. Modelo que inclui um eixo de sustentação central diretamente no assento.



figura 75.a e 75.b  
Primeira maqueta à escala 1:1 com eixo integrado sobre o assento.

figura 76. Segunda versão da maqueta 1:1 com eixo integrado no assento.

Posteriormente, foram realizadas algumas melhorias, de maneira a retificar determinados constrangimentos da modelação do Modelo 003 e rematando com outros fatores importantes, as proporções antropométricas e sugestões de encaixes de fixação para que em seguida seja possível concretizar a primeira maqueta à escala 1:1.

Em CAD, aplicaram-se as alterações e conclusões obtidas na fase anterior, visível nas figuras 73 e 74, para que em seguida, seja possível realizar a maqueta. O modelo foi realizado na oficina do DeCA da UA, através do reaproveitamento de componentes de madeira, na sua maioria MDF de 20mm de espessura. Na ausência de CNC nesta fase foram utilizados moldes à escala real, em suporte de papel, de modo a que fosse possível transmitir o contorno da peça à placa de madeira. As peças foram cortadas com auxílio a uma serra vertical (tico tico) e posteriormente lixada com lixas diversas, furada com um berbequim e montada com braçadeiras por possibilitarem maior fixação sem ferir a madeira. Este processo levou à produção de dois modelos, com eixo, representado na figura 75.a e 75.b, e com eixo integrado diretamente no assento, como mostra a figura 76. Contudo, foi possível concluir a Fase I, que este modelo revelou aspetos determinantes para a próxima fase, sobretudo resolução de problemas na estabilidade e nas ligações entre componentes que devem ser trabalhadas.



### 3.4.2. Fase II – Primeiro Protótipo

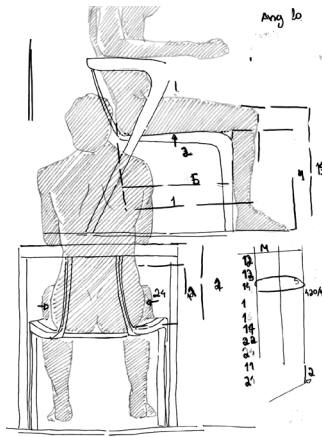


figura 77. Esboço estudo para introduzir as proporções antropométricas.

A partir da execução das primeiras maquetas à escala 1:20 e com a primeira maqueta à escala 1:1 construída, segue-se a próxima etapa, levar o modelo a ser maquinado em tecnologia CNC.

Antes de colocar na máquina, foi necessário rever o tópico “Dimensionamento da Cadeira”, para aplicar em esboços, como exibe a figura 77, e realizar alguns ajustes relativos ao parâmetro de empilhamento e união entre componentes, esboçado na figura 78. Este tópico foi essencial na obtenção de dimensões base do público-alvo, de forma a poder enquadrar as características do utilizador ao objeto, como exibe a figura 79. Após esses ajustes retificados foi possível obter o modelo CAD presente na figura 80, 81 e 82, que originou a planificação da figura 83 (disposição do número de elementos da cadeira orientada de acordo com os limites impostos pela placa contraplacado).

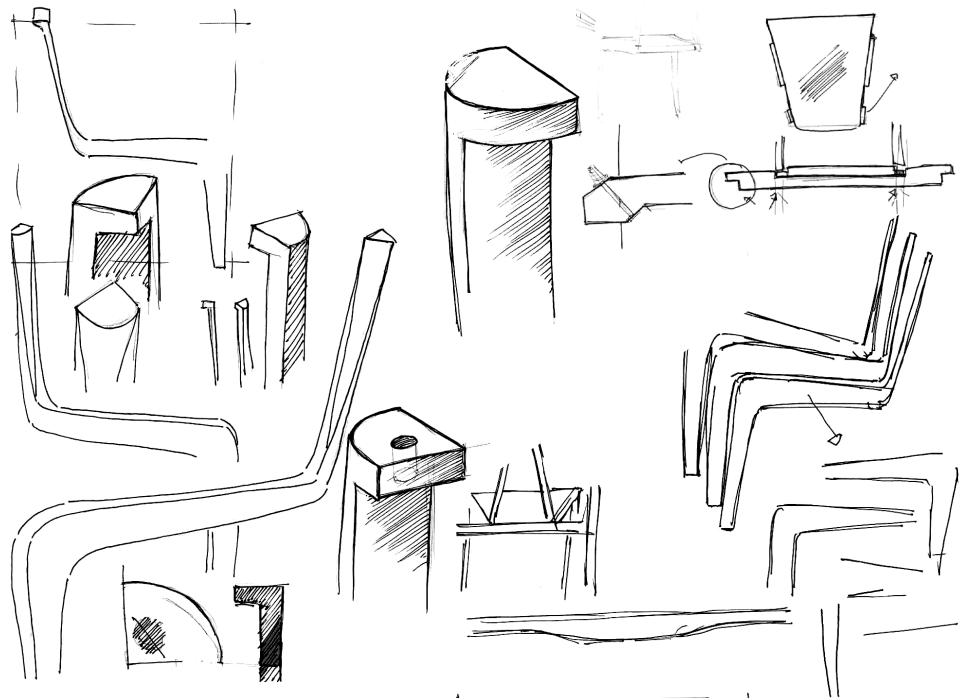


figura 78. Esboço de análise dos parâmetros de empilhamento e união entre componentes.



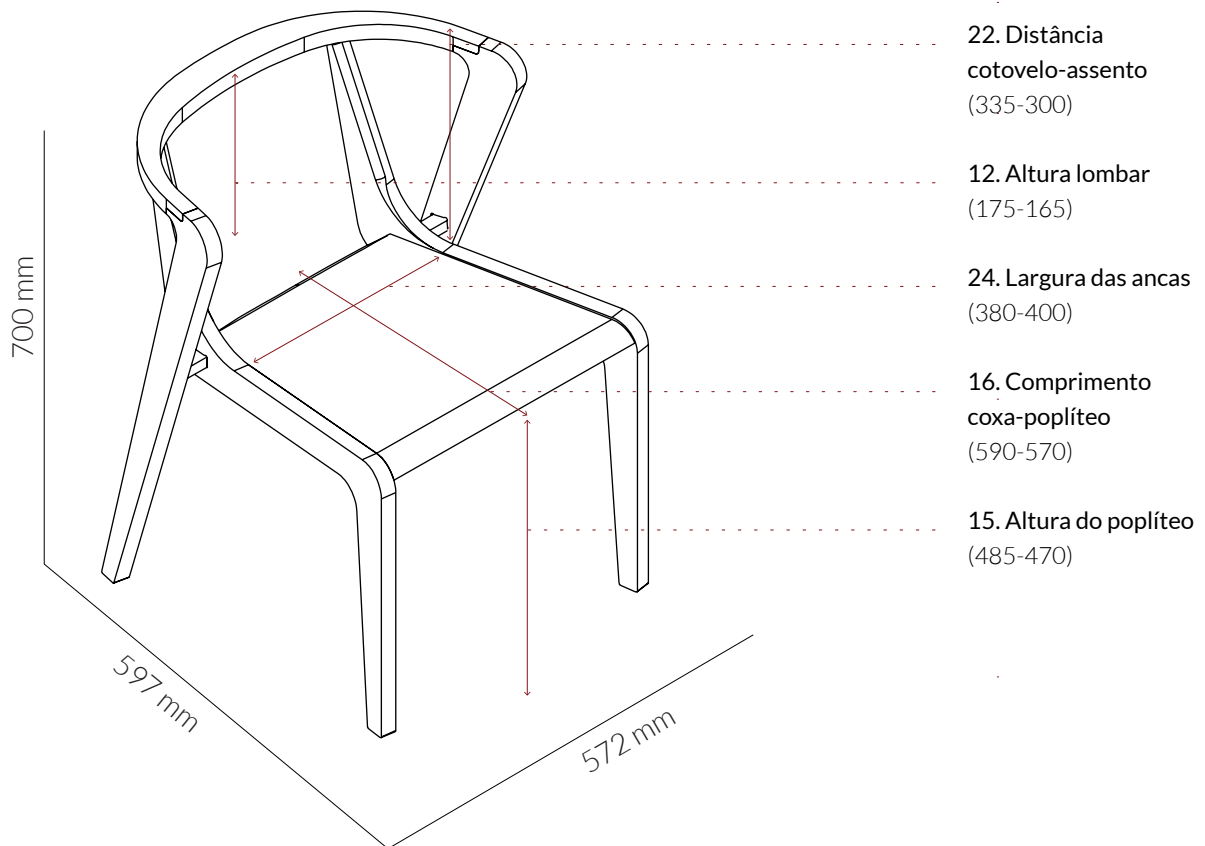


figura 79.  
Dimensionamento do primeiro protótipo.



figura 80. Modelo CAD na vista de costas.

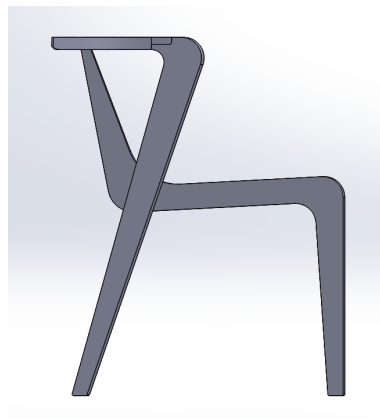


figura 81. Modelo CAD na vista alçado esquerdo.

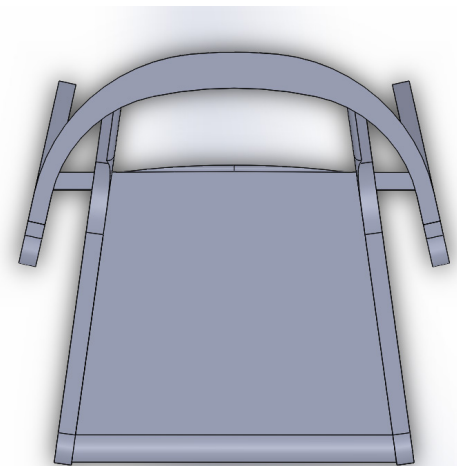


figura 82. Modelo CAD na vista superior.

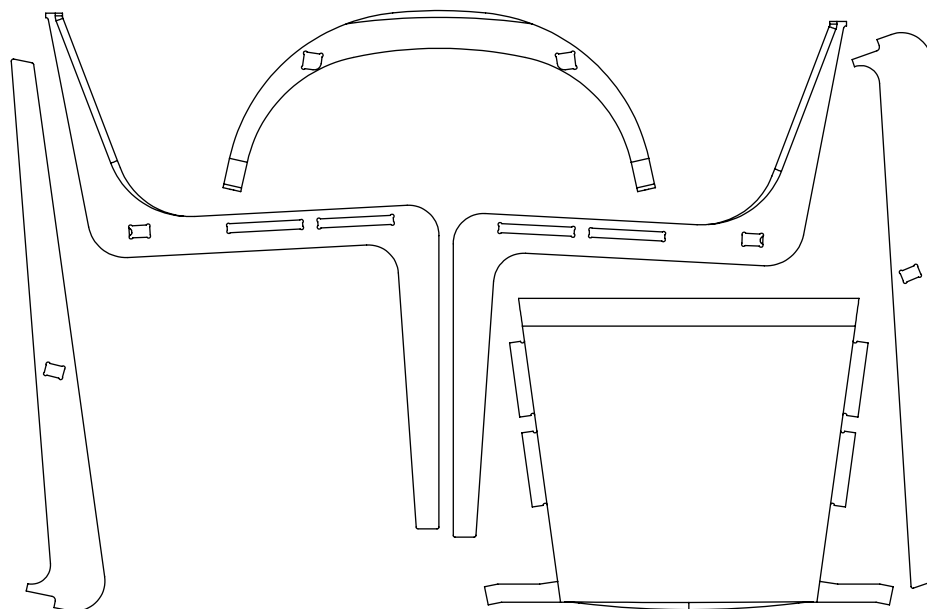


figura 83. Desenho dos componentes à escala 1:20 planificados para o ato de maquinagem .

A CNC realiza as operações de forma automática, no entanto, é necessário transmitir à máquina as ações que terá de efetuar para a proceder à conceção. Assim, através da facilidade em articular os modelos CAD, transferiu-se o ficheiro para uma aplicação CAM que disponibiliza as definições necessárias para maquinar as peças. Neste programa, determina-se um conjunto de elementos, como: o dimensionamento do bloco/placa de material inicial, orientação dos eixos da máquina, dimensões da ferramenta e as fases da maquinagem (desbaste do material excedente ou o acabamento da superfície final). O sistema CAM, em função destes dados permite gerar trajetórias a percorrer pelas ferramentas, que através de arranca de aparra possibilita obter a superfície desejada (Relvas et al., 2017).

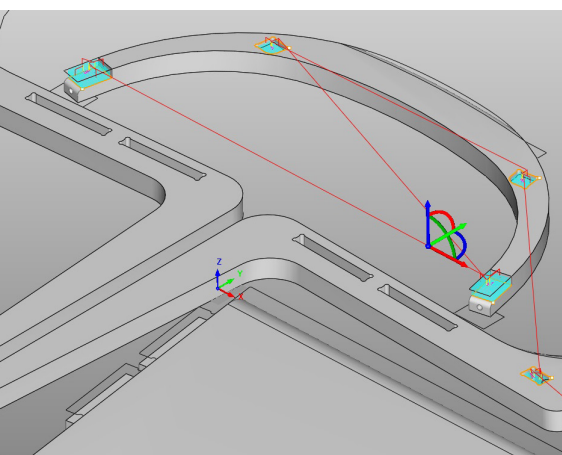


figura 84. Primeiro processo indicado no CAM, desbaste por superfície.

Na realização do CAM utilizou-se o *software* “Visualmill”, programa já instalado pela empresa da fresadora CNC. A informação para o programa apresenta-se dividida em 5 fases distintas: a primeira fase consiste na maquinagem de todos os encaixes das peças, com uma fresa de menor diâmetro ( $5\text{\O}$ ), permitindo arrancar o material de uma forma mais delicada/suave com intuito de obter mais detalhe, sem danificar a zona envolvente dos encaixes representada pela figura 84; a segunda fase desbasta todos os contornos das peças, com uma fresa de diâmetro superior ( $8\text{\O}$ ), no entanto, ao esvaziar a peça, é necessário

conceção e maquinação assistida por computador ao serviço do design: customização da cadeira portuguesa

figura 85. Desbaste por contorno dos componentes.

indicar à máquina que pretende deixar uns pontos de fixação entre a peça e a placa representada pela figura 85, para que não ocorra nenhum deslocamento ao longo do processo, no entanto, surgiram erros técnicos após o desbaste dos contornos das peças relativamente na profundidade do desbaste que levou a necessidade de corrigir este passo aplicando outra passagem com maior profundidade como mostra a figura 86; e por último, os acabamentos finais das peças, procurando rematar as peças com maior detalhe e complexidade desde boleados ou chanfres, como mostra na figura 87.

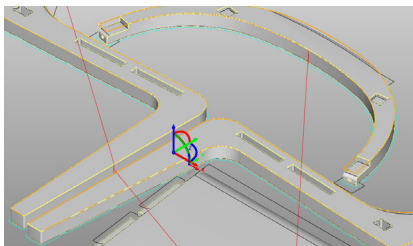
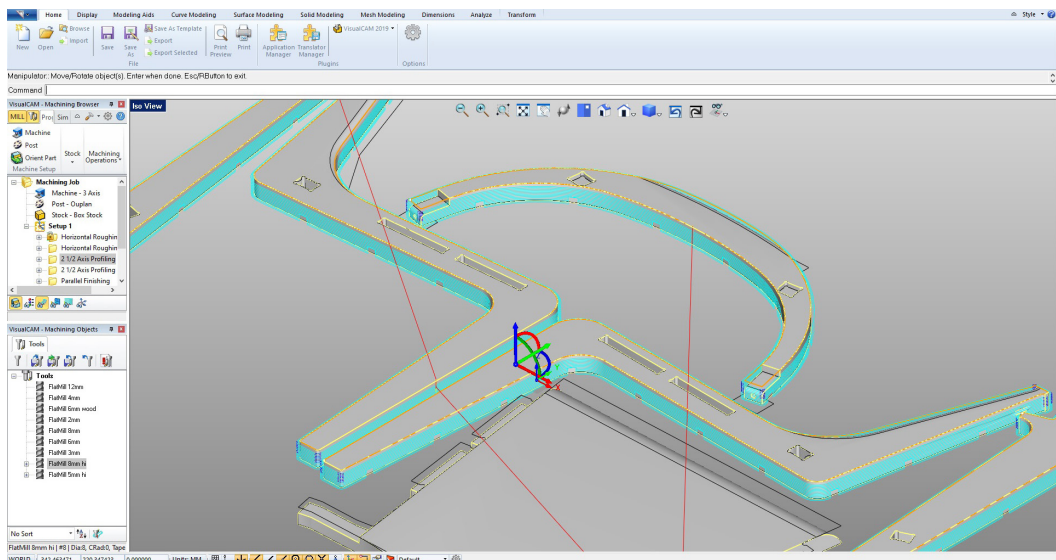


figura 86. Retificação na conclusão do vazamento dos componentes.

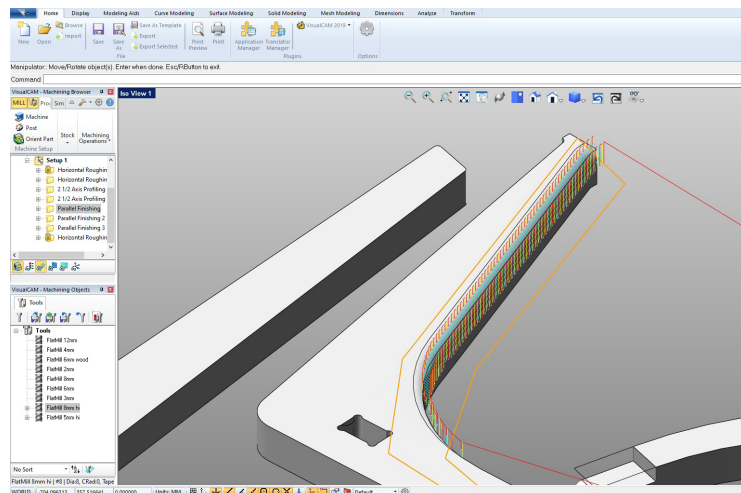


figura 87. Acabamentos finais das peças.

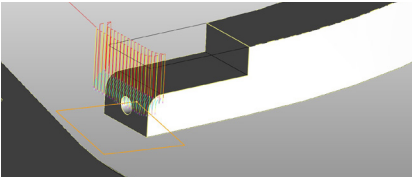


figura 88. Boleado a um ângulo de 45°.

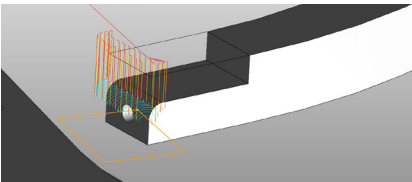


figura 89. Boleado a um ângulo de 145°.

Para a realização dos boleados foi utilizada uma fresa com ponta arredondada ( $8\text{\AA}$ ) e concretizada através de duas passagens a um ângulo de 45° e a um ângulo de 145° como refere as figuras 88 e 89.

Além destas fases, o primeiro protótipo foi maquinado em duas etapas distintas. Para tirar o melhor proveito da superfície mais lisa da placa, foi separado o assento das restantes peças da cadeira, maquinando as restantes peças na face menos lisa e, posteriormente, o assento na parte mais lisa da placa por ser uma das peças com maior impacto visual.

Para o assento foi necessário realizar outro programa CAM. O programa integra apenas três etapas, semelhantes às etapas propostas para os restantes componentes: o primeiro processo consiste na maquinagem de todos os detalhes por superfície como é o caso dos encaixes como refere a figura 90; o segundo processo desbasta o contorno envolvente da peça deixando uns pontos de fixação visível na figura 91; e para terminar no terceiro processo a execução do boldeado da parte frontal do componente, um dos segmentos fundamentais para o conforto do utilizador na figura 92.

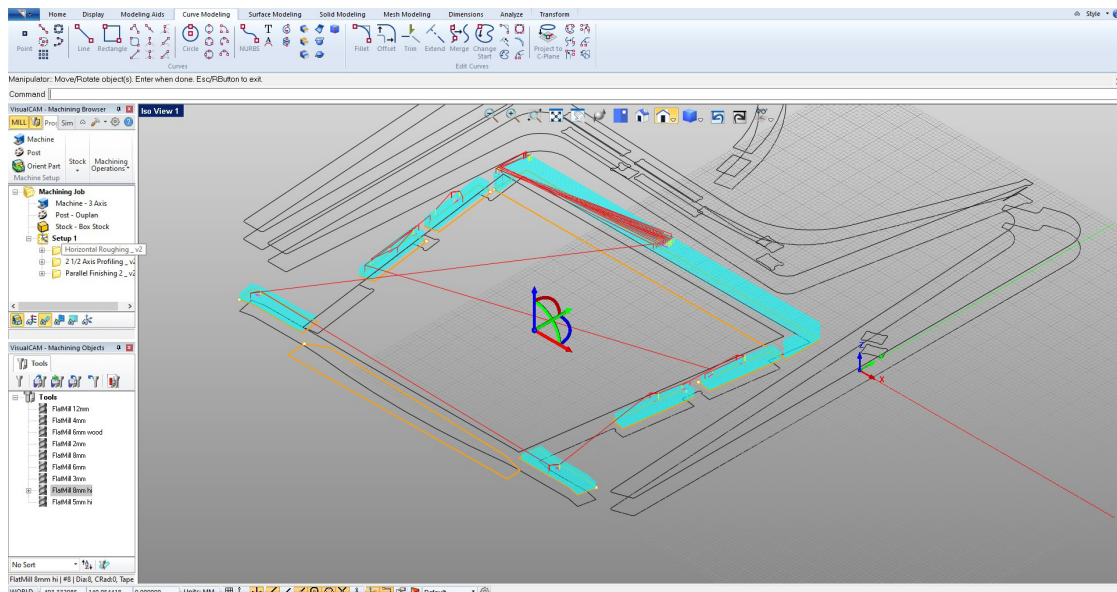


figura 90. Primeiro processo do CAM para o assento, desbaste por superfície dos pormenores.

conceção e maquinagem assistida por computador ao serviço do design: customização da cadeira portuguesa

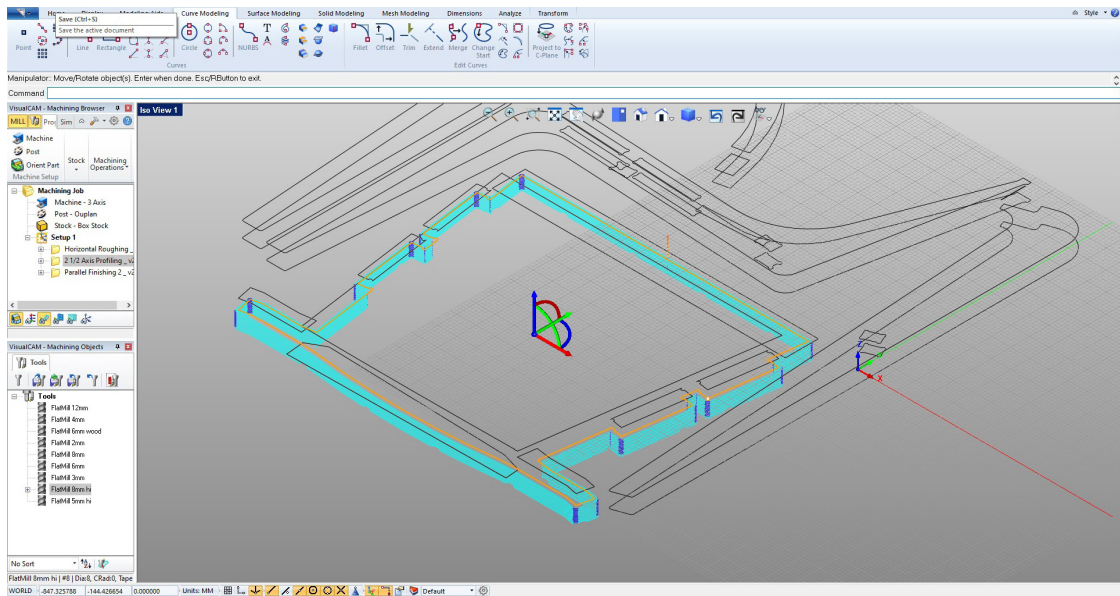


figura 91. Segundo processo, desbaste dos contornos.

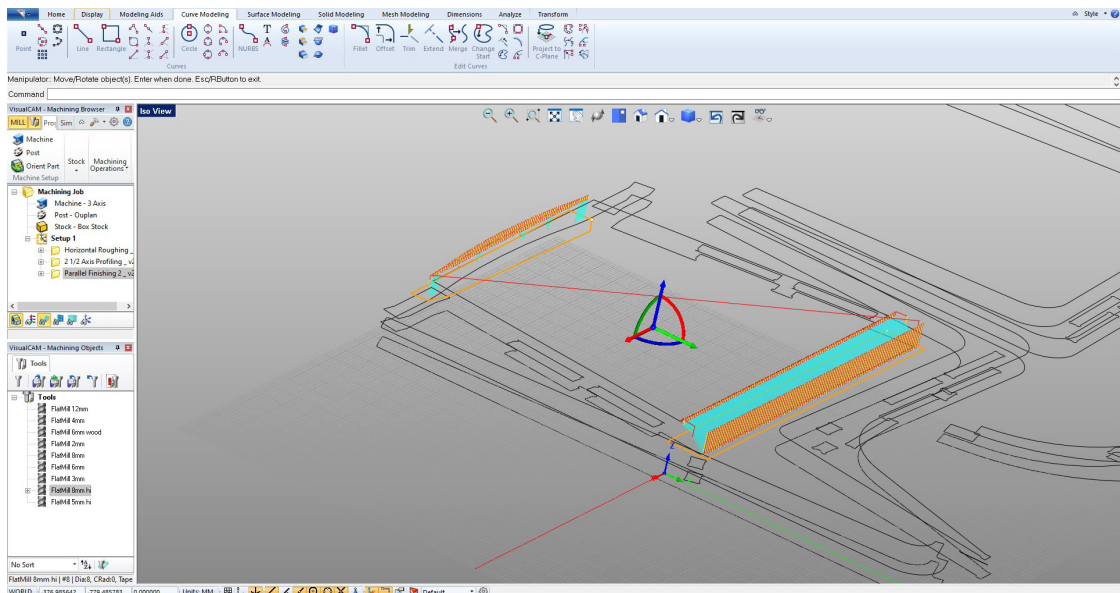


figura 92. Terceiro processo, acabamento com boleadão.



figura 93. Superfície da CNC, placa de desperdício e placa a desbastar.

figura 94. Por problemas técnicos no processo de vaso da base da CNC foram utilizados grampos para fixação da placa.



figura 95. Disposição das fresas na CNC.



figura 96. Calibração da fresa.

Depois, toda a informação é processada num programa CN pelo controlador da máquina, quem programa final dos passos a percorrer, como o movimento de rotação e avanços. Só após todas as etapas estarem devidamente definidas é enviado o programa CN para a CNC, que irá proceder à maquinagem do produto. No caso da CNC utilizada, foi necessário aplicar uma placa de desperdício sob a placa de corte como exemplifica a figura 93 e 94, porque, independentemente de ser um processo complexo e programado é sempre necessário ter precaução para não danificar a superfície da máquina.

Conforme o desenvolvimento das peças do modelo, conclui-se que a CNC disponível no DEM da UA (inicialmente estipulada para realizar o protótipo), não disponha das dimensões necessárias para maquinar o produto desenvolvido. Assim, surgiu a oportunidade de utilizar a máquina CNC das instalações da DFA, que possuía todas as condições necessárias para a concretização do projeto.

Durante o processo de maquinagem surgiram diversos fatores a ter em consideração. A configuração e disposição das ferramentas da máquina (figura 95), que devem apresentar a mesma organização no programa. O tipo de ferramenta como refere a figura 96 pode ter um grande impacto no modo de resposta durante o processo, essencialmente na espessura ou na altura da fresa. O comprimento da fresa é um fator importantíssimo no ato de maquinar para garantir à fresa a maior estabilidade



figura 97. Desbaste com a fresa de 8Ø.

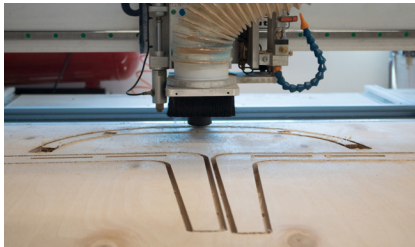


figura 98. Processo de desbaste por contornos.

figura 99. Finalização do vazamento do componente.

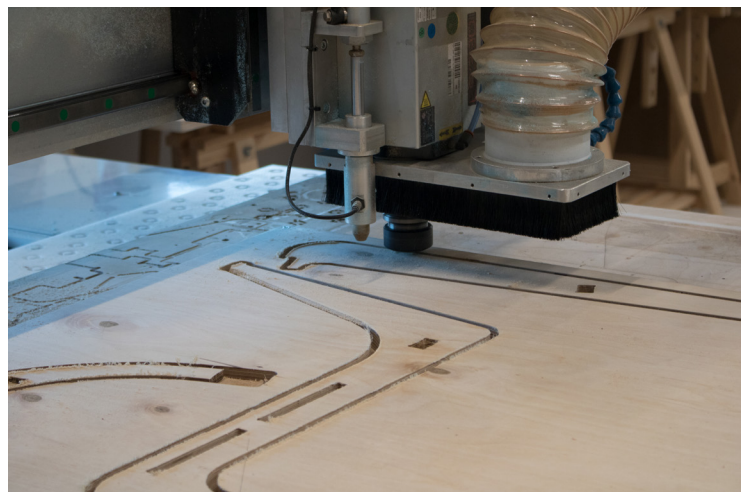


figura 100. Representação de pequenos pontos de fixação entre placa e peça maquinada.

figura 101. Primeira desbaste antes de proceder ao boleado.

possível. Se a profundidade de corte for superior à área de contato da fresa, podem existir quebras da ferramenta o que pode originar atrasos ou paragens no processo e, conseqüentemente, o aumento dos custos de produtividade.

Através do CAM resultou um programa para maquinação com um período de 28,26 minutos, um movimento de rotação de 25000 rpm e um movimento de avanço variável entre 3779.00 mm/min e 7000.00 mm/min. Tanto o movimento de rotação como o movimento de avanço oscilavam valores conforme o processo em execução, logo os valores a cima indicados varião ligeiramente. No entanto, após o início da maquinação foram surgindo problemas técnicos levando a uma redução acentuada do processo para 10%, ação realizada diretamente na máquina CNC. Esta redução acabou por se estender por um período de três dias com diversos intervalos pelo meio. Contudo, foi possível fazer um levantamento da forma e analisar cada etapa do processo, figura 97, 98 e 99 representam o desbaste do contorno dos componentes, a figura 100 mostra os pontos de fixação e a figura 101 apresenta o aspeto do início do último processo de maquinação.



Após o processo de maquinagem foi possível proceder ao processo de montagem entre componentes resultando no primeiro protótipo do projeto. As figuras 102, 103 e 104 podem mostrar os diversos lados do modelo traduzidos a partir do desenvolvimento realizado. O resultado final do primeiro protótipo originou numa cadeira com um peso de 6,1 kg e com as dimensões máximas externas de 572x597x700mm.

figura 102. Resultado final do primeiro protótipo do projeto.



figura 103. Vista de costas do primeiro protótipo.



figura 104. Detalhe referente à orientação e disposição das pernas da cadeira.





No entanto, após a montagem da cadeira, foi possível detetar diversos erros difíceis de encontrar em formato CAD. As complexidades dos encaixes entre componentes dificultaram o caminho da fresa, sujeitando a paragem por inúmeras vezes durante a execução. Pequenos erros foram descobertos, como aresta sem boleado no AB, visível na figura 105, na zona de encosto e o ângulo das pernas traseira apresenta uma inclinação direccionada ao centro da cadeira, provocando oscilações no eixo horizontal, retirando estabilidade à cadeira. No entanto, outros detalhes também são postos em causa, como na figura 106.a, o eixo integrado no assento a passar na abertura da perna dianteira ou os encaixes das pernas dianteiras sob o apoio de braços, como mostra a figura 106.b e a zona de contacto entre perna traseira e apoio de braços visível na figura 107.

figura 105. Imperfeição ergonómica assinalada após a maquinação do apoio de braços.



figura 106.a e 106.b  
Método de união entre três componentes, assento, perna dianteira e perna traseira. Pormenor do encaixe da perna dianteira e perna traseira com o apoio de braços.

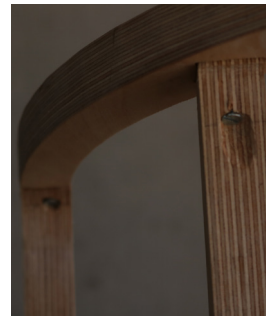


figura 107. Ligação mecânica entre perna traseira e apoio de braços.



### 3.4.3. Fase III - Segundo Protótipo

O segundo protótipo procura responder a todos os constrangimentos que surgiram nas fases anteriores, de maneira a criar um modelo o mais eficiente possível. Assim, realizaram-se algumas alterações ao aspeto formal da cadeira. Através de uma simplificação nas zonas de encaixe visíveis na figura 108, que representa uma exploração formal do encaixe entre PT e AB e PD e AB. No entanto, questões antropométricas também foram verificadas de modo a restringir e a reduzir o volume de material utilizado.

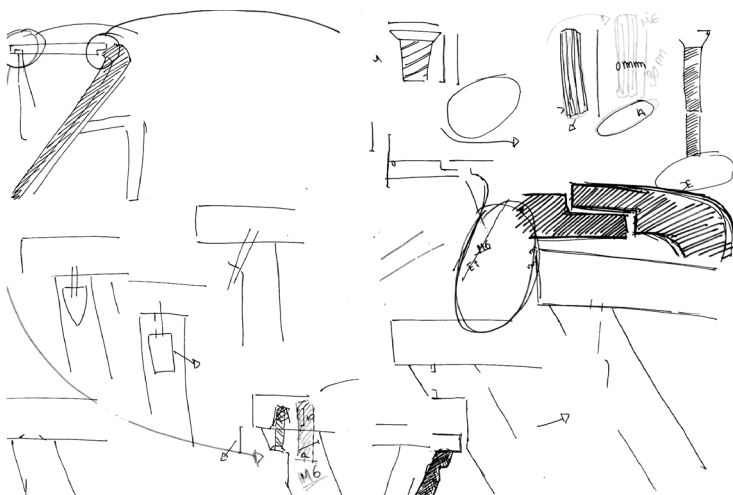


figura 108. Esboços para análise aos encaixes do apoio de braços.

O segundo protótipo, ao contrário das experiências anteriores, foi concretizado fora da cidade de Aveiro, em Leiria, na empresa Eficema - Móveis, Unipessoal, Lda.

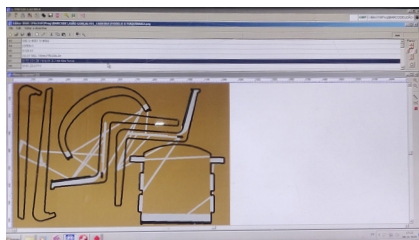


figura 109. Modelo CAM do terceiro protótipo.

Durante todo o processo de maquinagem com a Eficema, realizaram-se duas tentativas de produção em que se utilizou a planificação exibida na figura 109. A primeira tentativa representada pela figura 110, estava programada para 24 minutos de maquinagem, no entanto, apresentou diversas falhas no sistema, expondo erros consecutivos em alguns pormenores, obrigando a uma nova tentativa. A segunda tentativa proporcionou uma maquinagem sem erros e sem defeitos. O período de execução demorou cerca de 26 minutos, um movimento de avanço de 24000 mm/min, movimento de rotação de 10000 rpm,



figura 110. Primeiras tentativas de maquinação, período de duração: 24 minutos.

com desbaste no eixo Z de 5mm por passagem com uma fresa de 10Ø, para desbastar e outra de 15Ø, com ponta redonda, para dar o acabamento. Logo, o programa do CAM estava apenas definido em duas etapas, desbaste e acabamento final, obtendo as peças representadas pela figura 111.



figura 111. Separação dos componentes da placa.

Em seguida, segue-se o processo de furação e acabamento. Este processo passou por várias etapas, iniciado por um pequeno desgaste da superfície, para retirar rebarbas



figura 112. Marcações das peças para furação.

figura 113. Método de furação, através de um suporte de berbequim.



figura 114. Fixação das peças através de grampos.



figura 115. Furação predefinida destinada a cavilha e parafuso de aperto.

figura 116. Elaboração de um suporte para o aperto da peça na posição desejada para efetuar o ato de furação.

soltas e separar os componentes da placa base. Depois, foram realizadas as marcações e a furação em todos os componentes da cadeira visível na figura 112. O processo de furação teve auxílio de um suporte com coluna vertical para berbequim, que permite orientar a furação com maior precisão e direção no ato de furar e como mostra a figura 113, também contou com grampos de diferentes dimensões (figura 114), para assegurar a fixação dos componentes.

Para a abertura dos furos, utilizaram-se as brocas de três pontas de 4Ø para os parafusos M4 com 20 mm e 30 mm de comprimento, 6Ø para as cavilhas, tal como exemplifica a figura 115 e 8Ø para escarear, criando um canal para a cabeça dos parafusos dicar a face ou a altura pretendida. Durante o processo de furação, determinadas peças apresentavam furações angulares de 45° que levou a desenvolver pequenos moldes, construídos a partir dos desperdícios da placa com a forma adequada a prestar auxílio à furação, como exhibe a figura 116.





figura 117. Limitador de profundidade para broca.



figura 118. Marcadores de madeira para furação.



figura 119.a e 119.b  
Processo de montagem das peças.

Em auxílio da furação foram utilizados dois objetos comuns no fabrico de mobiliário, limitadores de profundidade aplicados à broca e marcadores de madeira. Através dos limitadores de profundidade como está visível na figura 117, cria um batente na peça a furar não permitindo ultrapassar além da altura estipulada pelo limitador, este artigo simplifica e garante ao utilizador uma perfuração com altura semelhante numa sequência de furos (Bullar, 2013).

Os marcadores de madeira representados pela figura 118, podem ser utilizados em muitas posições diferentes e têm a principal finalidade indicar o ponto central, que orienta a broca no ato de furar. Estas pequenas peças são aplicados nos primeiros furos de uma peça, de forma a transmitir a anotação para a peça a unir, posicionando os furos simetricamente para proceder de seguida a colocação de cola nos furos, cavilhas e unir aos segundos orifícios (Bullar, 2013). Posteriormente, são aplicadas as porcas de embutir, cavilhas e parafusos unindo cada componente para a primeira montagem total, como ilustra a figura 119.a, 119.b, 120.a e 120.b.





figura 120.a e 120.b  
Protótipo final  
montado sem etapa de  
acabamento.

Após as furações, as peças são lixadas até adquirir uma superfície uniforme, suave, até excluir a presença de elementos esquinados e afiados, de modo a dar segurança e conforto ao utilizador. A superfície das peças é sujeita à passagem de lixas com variações de textura diferentes, do grão mais grosso para o mais fino, até obter o aspeto da figura 121.



figura 121. Processo de  
Acabamento.

Para finalizar, as superfícies das peças são pulverizadas com um tapa poros incolor, aplicado numa mesa giratória, exemplificado na figura 122. Posteriormente, as peças são sujeitas a um período curto de secagem para que de seguida seja também pulverizada com um verniz acetinado incolor, adquirindo o aspeto da figura 123. Através desta aplicação, as peças garantem uma maior resistência e durabilidade, quando sujeitas a condições adversas.

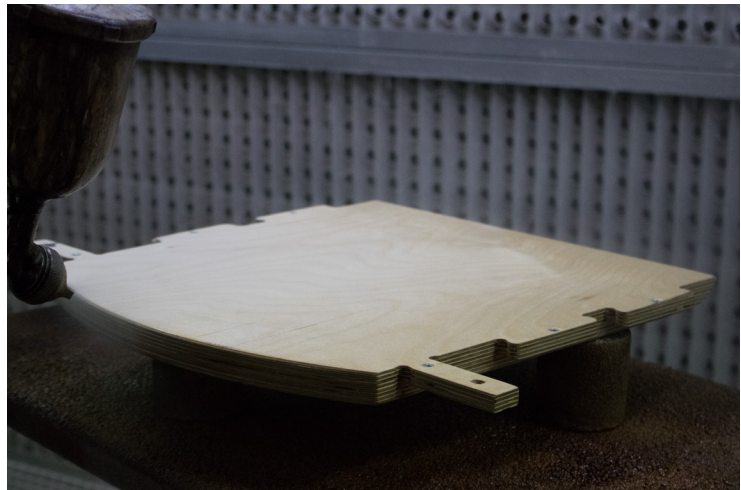


figura 122. Aplicação de  
tapa poros numa base  
giratória.



figura 123. Aplicação de  
Verniz acetinado incolor  
numa base giratória.

### 3.5. Produto Final

Após todo o desenvolvimento e construção de um novo modelo da Cadeira Portuguesa, por fim, surge o modelo batizado com o nome de “Praça Portuguesa”, representada na figura 124. Objeto que transmite a ideia de convivência visível nos espaços mais interativos das cidades como é o caso das esplanadas nas praças portuguesas. O termo “Praça Portuguesa” surge da nostalgia que remete para o lugar, a praça, associada a um lugar amplo e espaçoso no centro de uma cidade, rodeada de edifícios e que se conecta a uma ideia de espetáculos, venda de alimentos e, acima de tudo um lugar de convívio e cultura. Assim, a Praça Portuguesa pretende transmitir a ideia de confraternização através de elementos simbólicos, como tem ocorrido de geração em geração.

figura 124. Protótipo final.





Assim, através do tópico do produto final, são apresentadas diversas posições da cadeira Praça Portuguesa, representadas pelas figuras 125, 126, 127, 128, 129, 130 e 131. Este projeto incluindo o modelo Cadeira Portuguesa, maquetas e protótipos, proporcionou chegar à etapa final com uma série de diversas concretizações. Portanto, através da figura 132 e 133 é possível visualizar a evolução formal e o parâmetro empilhável entre os dois protótipos, que apesar de apresentarem dimensões variadas ambas possuem de uma forma proporcional à ação. Em seguida, através da figura 134 é possível verificar o modelo em contexto de utilização pela relação entre objeto e utilizador.

figura 125. Vista alçada esquerda da cadeira.



figura 126. Pormenor da ligação entre perna traseira e apoio de braços.



figura 127. Acabamento final da superfície das peças.



conceção e maquinação assistida por computador ao serviço  
do design: customização da cadeira portuguesa



figura 128. Vista de costas.



figura 129. Pormenor do boleado do assento.



figura 130. Vista lateral da cadeira final juntamente ao protótipo da etapa anterior.



figura 131. Vista de um ângulo inferior do protótipo final.

figura 132. Fator empilhável apesar da alguns parâmetros distintos entre modelos.

figura 133. Evolução formal, da direita para a esquerda, Cadeira Portuguesa, primeira maquete à escala 1:1, primeiro prtótipo e Cadeira Praça Portuguesa.





figura 134.  
Representação  
da Cadeira Praça  
Portuguesa em contexto  
de utilização.

conceção e maquinação assistida por computador ao serviço  
do design: customização da cadeira portuguesa

Logo, através da figura 135 é possível avaliar a escala humana da cadeira Praça Portuguesa, que pode ser identificada através da seguinte Ficha Técnica:



**Título**

Praça Portuguesa

**Dimensões exteriores máximas**

530x550x700mm

**Peso da peça**

5,127 kg

**N.º de Componentes**

Seis

**Material**

Contraplacado Marítimo de Bétula Exterior

figura 135. Escala Humana.

### 3.6. Estimativa dos Custos

Na obtenção do valor final de um projeto, a gestão dos custos abrange todos os recursos necessários para concluir as atividades definidas. No entanto, os métodos aplicados neste tópico, enquanto projeto de menor dimensão, considera a estimativa e orçamentação dos custos unidos enquanto processo único (Miguel, 2006). Para a concretização dos cálculos das estimativas dos custos do processo de desenvolvimento são incluídos os recursos que foram cobrados ao projeto, como materiais, serviços e equipamentos. Porém, em geral, outros fatores deveriam integrar estas estimativas para os custos, como instalações, viagens, telecomunicações, pessoal, mão de obra, despesas administrativas, etc. No entanto, para um projeto deste tipo, desenvolvido em contexto universitário, não é possível obter o padrão idealizado de dados com o máximo de clareza, que poderia originar falhas no resultado do custo final.

Os métodos e ferramentas utilizadas estimam os custos das atividades individuais com dados bem definidos, com especificações, planos já concluídos e preços unitários. Os custos detalhados são posteriormente reunidos e somados, para obter o valor do balanço total (Miguel, 2006).

A tabela 4 mostra os exemplos dos tipos de custos relevantes para a obtenção do custo final, através da especificação dos materiais e custos fixos. A mão de obra é apenas apresentada por carácter informativo, sem custo acrescido, importante para futura gestão de custos em caso de produção em massa. A tabela menciona cada material, quantidade, preço unitário para obter o balanço do custo final. Os processos de maquinagem CNC, acabamentos e outras despesas surgem na parcela dos custos fixos, por terem sido concretizados por entidades exteriores a UA. A análise de todos os dados definidos leva a aquisição de um melhor entendimento de todos os passos a concretizar.



Tipo de Custo	Especificação	Quantidade	Preço Unitário	Valor (€)
Materiais	Contraplacado de Bétula	1 Un (1250x2500)	76,82 €	76,82 €
	Porca de Embutir	24 Un	0,50 €	12 €
	Parafusos de Fenda 4Ø (20mm)	20 Un	0,10 €	2 €
	Parafusos de Fenda 4Ø (30mm)	4 Un	0,13 €	0,52 €
	Cavilha de Faia 6Ø	6 Un	0,16 €	0,96 €
	Abraçadeira de Fivela Poliamida	Embalagem (100 Un)	-	2,06 €
	Cola de Contato	Embalagem (125ml)	-	4,99 €
	Outros (Lixas...)	-	-	6 €
Custo Fixo	Maquinagem CNC	-	-	50 €
	Acabamentos	-	-	28 €
	Outras Despesas	-	-	*
Mão de Obra	-	70 h	-	*
Custo Total	-	-	-	183,38 €

tabela 4. Balanço do custo total através das especificações e preços unitários.

A tabela 5 expõe separadamente os materiais e serviços aplicados, gerando o custo total de cada modelo. No entanto, na primeira maqueta, segunda maqueta e primeiro protótipo, não estão considerados alguns parâmetros, como preço unitário ou intermédio de alguns materiais, uma vez que os componentes foram adquiridos sem custos adicionais em depósitos de desperdícios presentes nas oficinas do DeCA da UA.

Contudo, através de uma análise de valores, é possível concluir que o custo final do segundo protótipo apresenta um valor considerável para um artigo cujas características devem ser de baixo custo.

Estimativas/ Modelos	Material/Serviços	Quantidade (Un)	Preço Unitário	Custos Intermédios	Valor (€)
Primeiras Maquetas	Placa de MDF (3 mm)	1	-	-	
	Cola de Contato	1	4,99 €	-	4,99 €
Segunda Maqueta	Placa de MDF (20 mm)	1	-	-	
	Abraçadeira de Fivela Poliamida	6	2,06 €	-	2,06 €
Primeiro Protótipo	Contraplacado de Bétula	1/3	76,82 €	25,61 €	
	Porca de Embutir	12	0,5 €	6 €	
	Parafusos de Fenda 4Ø (20mm)	10	0,1 €	1€	
	Parafusos de Fenda 4Ø (30mm)	2	0,13 €	0,26 €	36,18 €
	Cavilha de Faia 6Ø	2	0,16 €	0,32 €	
	Outros (Lixas)	1/2	6 €	3€	
	Contraplacado de Bétula	1/3	76,82 €	25,61 €	
	Porca de Embutir	12	0,5 €	6 €	
	Parafusos de Fenda 4Ø (20mm)	10	0,1 €	1€	
	Parafusos de Fenda 4Ø (30mm)	2	0,13 €	0,26 €	114,50 €
Segundo Protótipo	Cavilha de Faia 6Ø	4	0,16 €	0,64 €	
	Outros (Lixas)	1/2	6 €	3€	
	Maquinagem CNC	-	50 €	-	
	Acabamentos	-	28 €	-	
	(Verniz e Tapa Poros)				

tabela 5. Balanço do custo individual de cada modelo.

Ainda assim, é de salientar que o processo de fabrico do modelo é o que mais se assemelha a uma produção em massa do produto, no entanto, de maneira a economizar o processo do protótipo, utilizaram-se métodos menos económicos para simplificar todo o processo. Por exemplo, ao longo do desenvolvimento do projeto foi utilizada uma placa de contraplacado de bétula exterior, com as dimensões 2500x1250, dividida em três placas, planificando todos os componentes de uma cadeira nesse 1/3 da placa para proceder aos respetivos testes. Na produção em massa, todo esse processo é contabilizado e economizado de maneira a tirar o maior proveito de uma placa, através da planificação do maior número de peças possíveis de um componente, numa só placa.

conceção e maquinação assistida por computador ao serviço  
do design: customização da cadeira portuguesa

## **Considerações**

### **Finais**

Ao longo do percurso académico, surgiram propostas de projetos associados a desafios diferentes, sobre áreas distintas, e essa possibilidade levou a uma outra compreensão de cada área de investigação. Cada projeto proporcionou conhecer vários métodos de trabalho, trabalhar em equipa, testar fisicamente novas ideias e lidar de perto com profissionais experientes da área do design e da engenharia.

A progressão no contexto profissional e intelectual guiou a uma abordagem pessoal numa proposta de dissertação subordinada ao tema inicial “Conceção e Maquinação Assistida por Computador ao Serviço do Design”. O objetivo inicial de produção de um protótipo funcional de tema livre demonstrou a diversidade de opções diferentes em, que para estabelecer o rumo do projeto foi necessária uma análise do processo de fabrico enquanto condicionante.

Por sua vez, a investigação possibilitou a compreensão da versatilidade de opções exequíveis através do processo de produção proposto, idealizando introspectivamente a realização de um produto funcional com um carácter desafiante, no contexto do design e da engenharia. O estudo do objeto centra-se, sobretudo, na área de interesse de mobiliário de cadeiras, guiando a pesquisa de um objeto comum, reconhecível e compreendido, ou seja, um objeto

que desempenhe um papel importante na cultura e que com a customização consiga transmitir um significado semelhante ao utilizador. Daí advém a seleção da Cadeira Portuguesa. O objeto de estudo destaca-se enquanto artefacto com um processo de produção muito distinto dos métodos aplicados em tecnologia CNC, que devido às suas características formais e estruturais foi considerado desafiante para um redesign após 80/90 anos da sua produção inicial.

A importância da investigação das cadeiras reflete o que os objetos absorvem da época em que se inserem, integrando um estilo do momento através dos processos de fabricos existentes, materiais disponíveis e as formas desse instante, ajustado aos interesses e características sociais. Assim, a customização da Cadeira Portuguesa é relevante no âmbito da circunstância em que se insere, através da adaptação do processo de maquinaria CNC, do material mais adequado ao processo de fabrico e com um formato ajustado às características destinadas.

Na fase de fabrico, com o desenvolvimento apresentado pelo Capítulo III – Customização da Cadeira Portuguesa, foi possível obter um resultado satisfatório.

Numa primeira instância, foi realizada uma análise aos dois modelos “5008” e “Cadeira Gonçalo”, procurando identificar todos os detalhes e fatores essenciais para que, de seguida, fossem traduzidos em esboços estruturais de compreensão formal. Este passo possibilitou o desenvolvimento da forma em formato de papel para se proceder a uma modelação virtual de maior visibilidade e detalhe.

Numa segunda instância, foram feitas maquetas em papel, que não se traduziram no resultado esperado, pela falta dos formatos e espessura específicos das peças. Desta forma, recorreu-se a uma máquina de corte e gravação a *laser*, enquanto método solucionador para a construção das maquetas, através do corte de uma placa planificada com os contornos das peças de cada modelo. Este passo proporcionou uma interpretação formal composta pelo número de componentes de cada modelo, orientação das zonas de ligação entre peças e permitiu antecipar possíveis constrangimentos que poderiam surgir futuramente.

Contudo, na realização de uma segunda maquete, à escala 1:1, ocorreram muitas dificuldades no processo de construção manual do modelo. Independentemente de ser apenas uma maquete, não foi possível testar devidamente o modelo, pelo mau desempenho do material relativo à aplicação de componentes de ligação como parafusos, cavilhas ou porcas de embutir. Apesar dos contratemplos, esta fase permitiu entender que a utilização da tecnologia CNC desempenhava um papel fundamental neste projeto, por ser uma ferramenta precisa e rápida, com capacidades incomparáveis à mão humana.

Numa terceira fase, foram consideradas as formas obtidas da etapa anterior para o processo de produção em tecnologia CNC. Esta fase, enquanto primeiro teste de utilização deste processo de fabrico, apresentou algumas complicações no ato de maquinação, permitindo a identificação de algumas anomalias no ficheiro CAD e no tipo de fresas disponíveis na DFA. Inicialmente, foram utilizadas fresas de diâmetro reduzido, para a fresagem dos encaixes que obrigava a um movimento de avanço diminuído e uma fresa de diâmetro superior, para fazer o desbaste do contorno das peças, levando à quebra de uma fresa durante o processo. Consequentemente, por motivos de precaução, o movimento de avanço foi reduzido, levando a numerosas paragens consecutivas aumentando o tempo de maquinação em vários dias.

No protótipo final, foram considerados todos os aspetos anotados anteriormente. Desta forma, o processo de conceção do modelo foi realizado sem objeções, encontrando-se apenas uma falha técnica na primeira tentativa de maquinação, que foi imediatamente retificada e finalizada em apenas 26 minutos. Contudo, após a finalização e montagem do protótipo final, foram identificados problemas que careciam de um melhor desenvolvimento, por se considerarem essenciais para a funcionalidade correta do objeto. Os apontamentos encontrados devem-se às ligações mecânicas entre componentes: a perna traseira com o assento e perna traseira com o apoio de braços. Este detalhe provoca uma ligeira oscilação na cadeira, a não garantir sustentabilidade necessária ao utilizador.

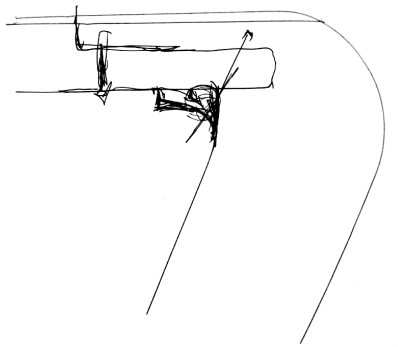


figura 136. Alteração de ligação entre os componentes, apoio de braços e perna traseira.

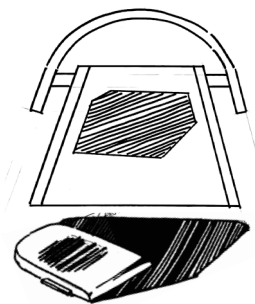


figura 137. Exemplos do assento com áreas texturadas.

Para desenvolvimentos futuros na cadeira, são notificados aspetos de melhoria, de modo a solucionar os problemas existentes. Um dos principais defeitos no modelo é a ligação entre a perna traseira e o apoio de braços, que, independentemente de ser fixada em dois pontos (através de uma cavilha e aparafusação,) não garante a sustentabilidade necessária sobre a pressão exercida sobre a perna traseira. Deste modo, propõe-se uma alteração deste encaixe, como sugere a figura 136, levando o apoio de braços a estender-se sobre a perna traseira e originando mais pontos de fixação entre os componentes, para contrariar as oscilações entre os elementos. O segundo ponto a interencionar na cadeira relaciona-se com a orientação angular das pernas traseiras sobre o solo. Com a presença de um ângulo de  $90^\circ$  sobre o solo, as pernas traseiras apenas suportam a força exercida sobre o utilizador, ou seja, para resolver as oscilações da cadeira, é necessário que as pernas traseiras apresentem uma abertura direcionada ao exterior, permitindo uma contradição das tensões impostas ao objeto.

Através deste processo de produção, é possível desenvolver uma variedade enorme de modelos, com novas formas, outra seleção de materiais e com diferentes tipos de acabamento. Assim, considera-se relevante a integração de alguns aspetos de personalização na cadeira através da cor, preferências pessoais ou acabamentos texturados ou estofados no assento da cadeira como sugeridos na figura 137.

Este produto, independentemente de ter sido idealizado para uma produção industrial, não foi concretizado em função de um fabrico em massa. A cadeira foi desenvolvida em meio académico, numa escala reduzida, adaptada às condições disponíveis. Logo, apesar de ser um produto para produção em massa, não indica que o modelo final esteja preparado para esse efeito.

As experiências adquiridas durante o processo e os elementos explorados durante o desenvolvimento desta dissertação tiveram um impacto significativo do ponto de vista do design e da engenharia, sobretudo no processo de produção. A proposta do projeto só foi possível pela persistência da análise com a observação presencial e contato físico da exploração dos materiais. A exploração



e os conhecimentos adquiridos do desenvolvimento de um caso real proporcionaram a absorção de conteúdos e conceitos que dificilmente podem ser assimilados por métodos de ensino, mas que são rapidamente compreendidos através da experiência.

## **Referências Bibliográficas**

Adico. (2014). História. Retrieved November 21, 2020, from <https://www.adico.pt/historia.php?ano=13>

Adico. (2019). Outdoor. Retrieved November 21, 2020, from Adico website: [https://www.adico.pt/pdf/Visualizacao\\_Metallic\\_2019.pdf?v=1](https://www.adico.pt/pdf/Visualizacao_Metallic_2019.pdf?v=1)

ARCALO. (2020). ARCALO, Cadeira Gonçalo. Retrieved November 21, 2020, from OURS your agency website: <http://www.arcalo.com/>

Arezes, P. M. F. M., Barroso, M. P., Cordeiro, P., Costa, L. G. da, & Miguel, A. S. (2006). *Estudo Antropométrico da População Portuguesa* (1st ed.). Lisboa: ISHST.

Arnold, H. (2001). *The recent history of the machine tool industry and the effects of technological change*. (November). Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.119.2125&rep=rep1&type=pdf>

Branco, V. A. da S., Barbosa, H., & Providência, F. (2015). *Consequências: história, museologia e museografia do design português*. Aveiro: UA Editora.

- Buchanan, R. (1990). Myth and Maturity: Toward a New Order in the Decade of Design. *Design Issues*, 6(2), 70–80. <https://doi.org/10.2307/1511439>
- Bullar, J. (2013). *The Complete Guide to Joint-Making* (1st ed.). Lewes: Guild of Master Craftsman Publication Ltd.
- Burdek, B. E. (2006). *História, Teoria e Prática do Design de Produtos* (1st ed.). S. Paulo, Brazil: Edgard Blücher Ltda.
- Calçada, A., Mendes, F., & Barata, M. (1993). *Design em aberto: uma antologia* (1st ed.). Centro Português de Design.
- Completo, A., Festas, A., & Davim, J. P. (2009). *Tecnologia de Fabrico*. Porto: Publindústria.
- Csikszentmihalyi, M. (1991). Design and Order in Everyday Life. *Design Issues*, 8(1), 26–34. <https://doi.org/10.2307/1511451>
- Fiell, C., & Fiell, P. (2017a). *1000 Chairs*. TASCHEN.
- Fiell, C., & Fiell, P. (2017b). *Industrial Design A-Z*. TASCHEN.
- Fritz Hansen. (2019). The Ant™ chair. Retrieved June 16, 2020, from [https://fritzhenzen.com/en/products/chairs/3100\\_ant\\_coloured\\_ash](https://fritzhenzen.com/en/products/chairs/3100_ant_coloured_ash)
- Horváth, M., & Csoma, S. (2019). Mix Armchair. Retrieved December 18, 2019, from Zavod Big website: <https://bigsee.eu/mix-armchair-by-4ms-design-hungary/>
- Iida, I. (2005). *Ergonomia Projeto e Produção* (2nd ed.). São Paulo: EDGARD BLÜCHER LTDA.
- Johansson, M. (2018). Loop. Retrieved June 16, 2020, from <https://markusjohansson.com/portfolio-items/loop/>
- Kemp, T. (1985). *A Revolução Industrial na Europa do Século XIX* (1st ed.). Lisboa: EDIÇÕES 70, LDA.

Kindersley, D. (2015). *Design: The Definitive Visual History* (1st ed.). London: Dorling Kindersley Ltd.

Knoll. (2020). Harry Bertoina. Retrieved May 6, 2020, from <https://www.knoll.com/designer/Harry-Bertoina>

Krippendorff, K. (1989). *On the Essential Contexts of Artifacts or on the Proposition That "Design Is Making Sense (Of Things)." 5(2), 9–39.* <https://doi.org/10.2307/1511512>

Machado, J. S. (2005). *Placas de derivados de madeira: tipos de placas e sua especificação* (1st ed.). Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Maldonado, T. (2012). *Design Industrial* (2nd ed.). Lisboa: EDIÇÕES 70, LDA.

Manzini, E. (1993). *A Matéria da Invenção* (1st ed.). Lisboa: Centro Português de Design.

Margolin, V., & Buchanan, R. (1995). *The Idea Of Design*. Mit press ltd.

Meggs, P. B. (2009). *História do Design Gráfico* (C. Naify, Ed.).

Mierlo, R. van. (2018). Felt Family. Retrieved December 17, 2019, from Rik van Mierlo NL website: <https://www.rikvanmierlo.nl/feltfamily>

Miguel, A. (2006). *Gestão Moderna de Projectos: Melhores Técnicas e Práticas* (2nd ed.). Lisboa: FCA - Editora de Informática.

Palandjoglou, A. (2021). P9L – Lounge Chair. Retrieved December 18, 2020, from Alejandro Palandjoglou website: <http://alepalan.com/portfolio/p9l-lounge-chair/>

Parra, P. (2011). *Cadeiras de Design Nacional: 250 Anos a Sentar Portugal* (1st ed.). Évora: MADE, Museu do Design e do Artesanato.

Paz, F. G. (2018). Eutopia. Retrieved December 18, 2019, from <https://gomezpaz.com/?portfolio=eutopia>

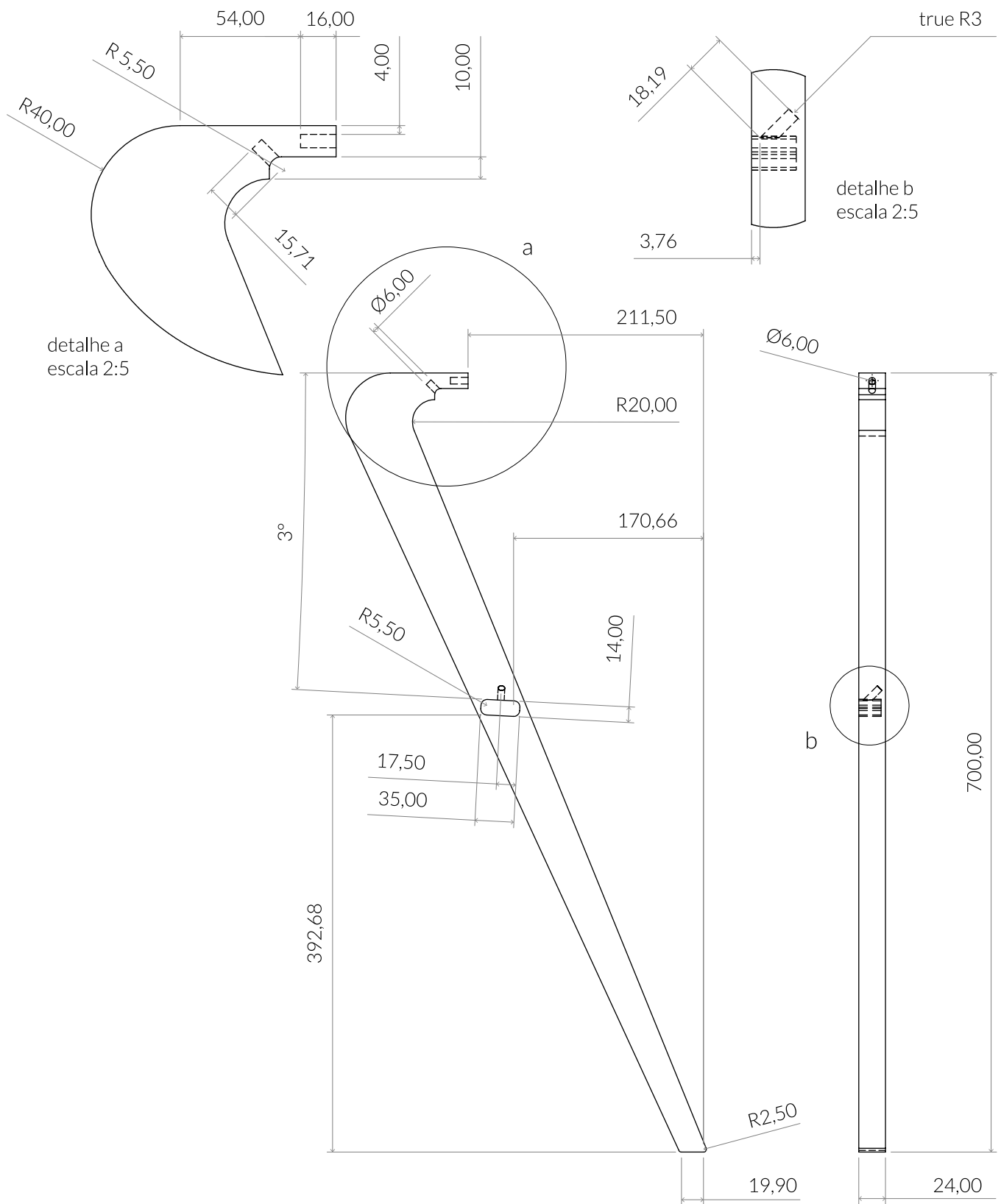
- Pheasant, S., & Haslegrave, C. (2003). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics And The Design Of Work* (2nd ed.). London: Taylor & Francis, Ltd.
- Pombo, F. (2020). *Das Coisas Belas e Desenhadas* (2nd ed.). Aveiro: Editora, UA.
- Raggi, F. (2016). Felix – Back to Stool. Retrieved April 20, 2020, from <https://www.francoraggi.com/project/back-to-stool/>
- Relvas, C. (2002). *Controlo numérico computadorizado: conceitos fundamentais* (2nd ed.). Porto: Publindústria.
- Relvas, C. (2017). *Design & Engenharia: da ideia ao produto*. Porto: Publindústria.
- Relvas, C., Mota, L. M., Simões, J. A., & Ramos, A. M. (2017). *Engenharia + design: da ideia ao produto* (1st ed.). Porto: Publindústria.
- Remmele, M. (2020). 422 / Large Diamond Chair, 1950–1952. Retrieved October 23, 2020, from Vitra Design Museum website: [http://collection.design-museum.de/#/en/object/42032?\\_k=jhpqle](http://collection.design-museum.de/#/en/object/42032?_k=jhpqle)
- Rocha, J. (2016). *Programação de CNC para torno e fresadora* (1st ed.). Lisboa: FCA - Editora de Informática.
- Santos, M. S. (2009). Shell Lounge Chair. Retrieved December 18, 2020, from Branca-lisboa website: <https://www.branca-lisboa.com/seating/shell-lounge-chair>
- Sudjic, D. (2009). *The Language of Things*. Reino Unido: PENGUIN BOOKS LTD.
- Vitra. (2021). *Panton Chair: Verner Panton, 1999*. Retrieved January 30, 2021, from VITRA INTERNATIONAL AG. website: <https://www.vitra.com/en-us/product/panton-chair>


conceção e maquinação assistida por computador ao serviço  
do design: customização da cadeira portuguesa

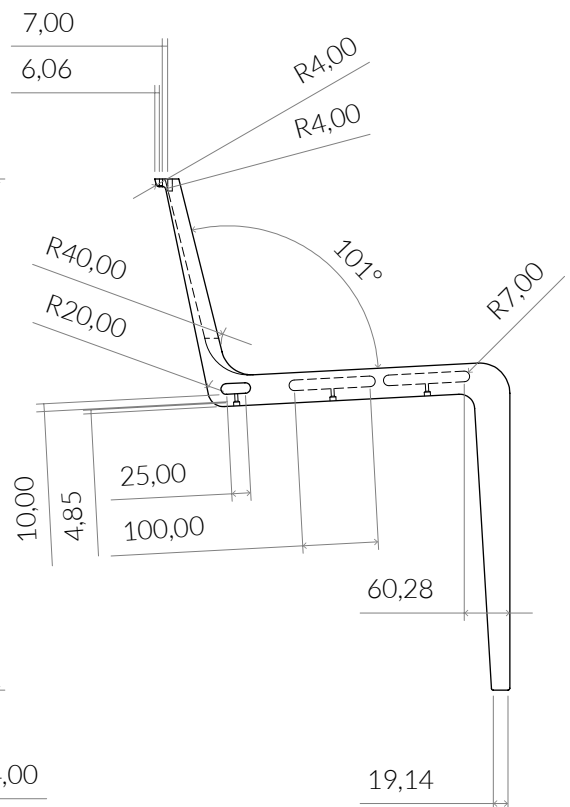
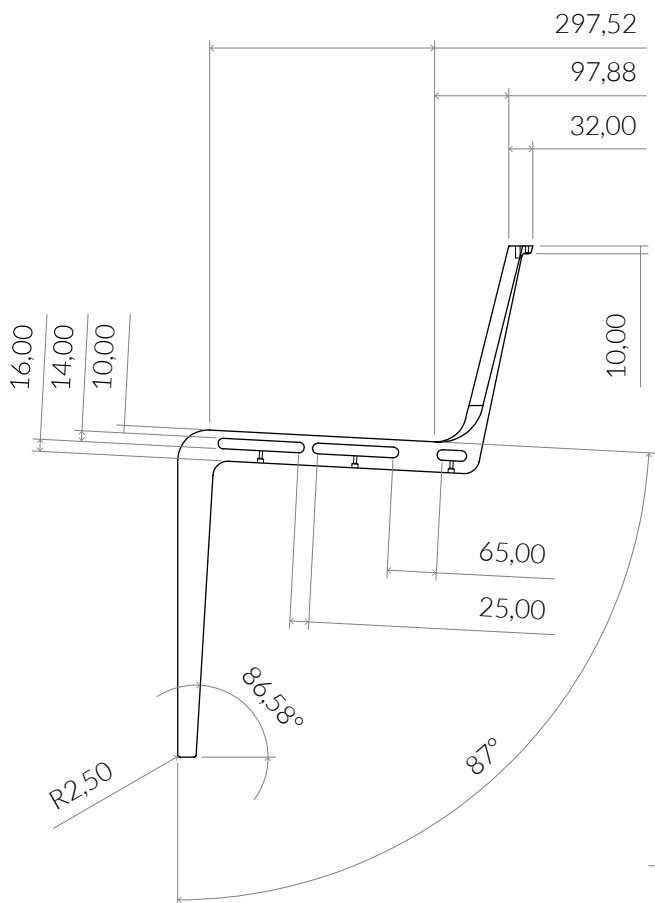
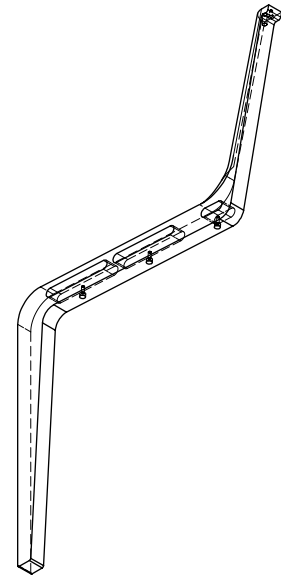
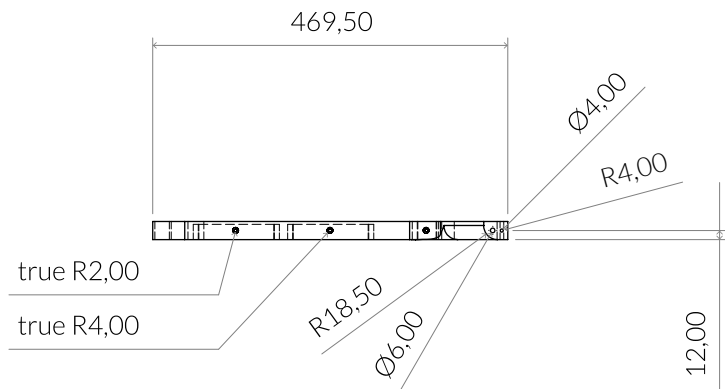
## **Anexos**




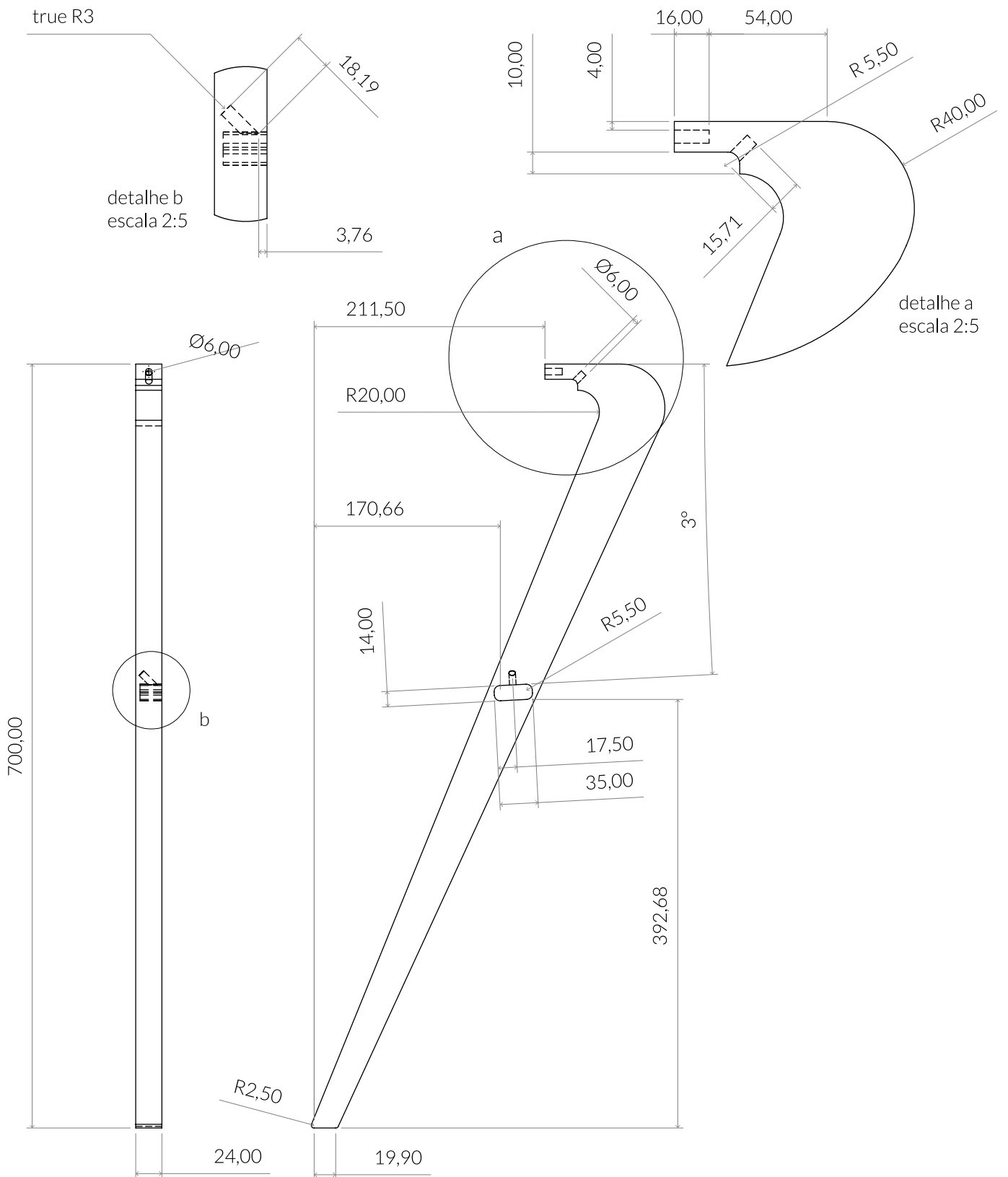
conceção e maquinação assistida por computador ao serviço  
do design: customização da cadeira portuguesa




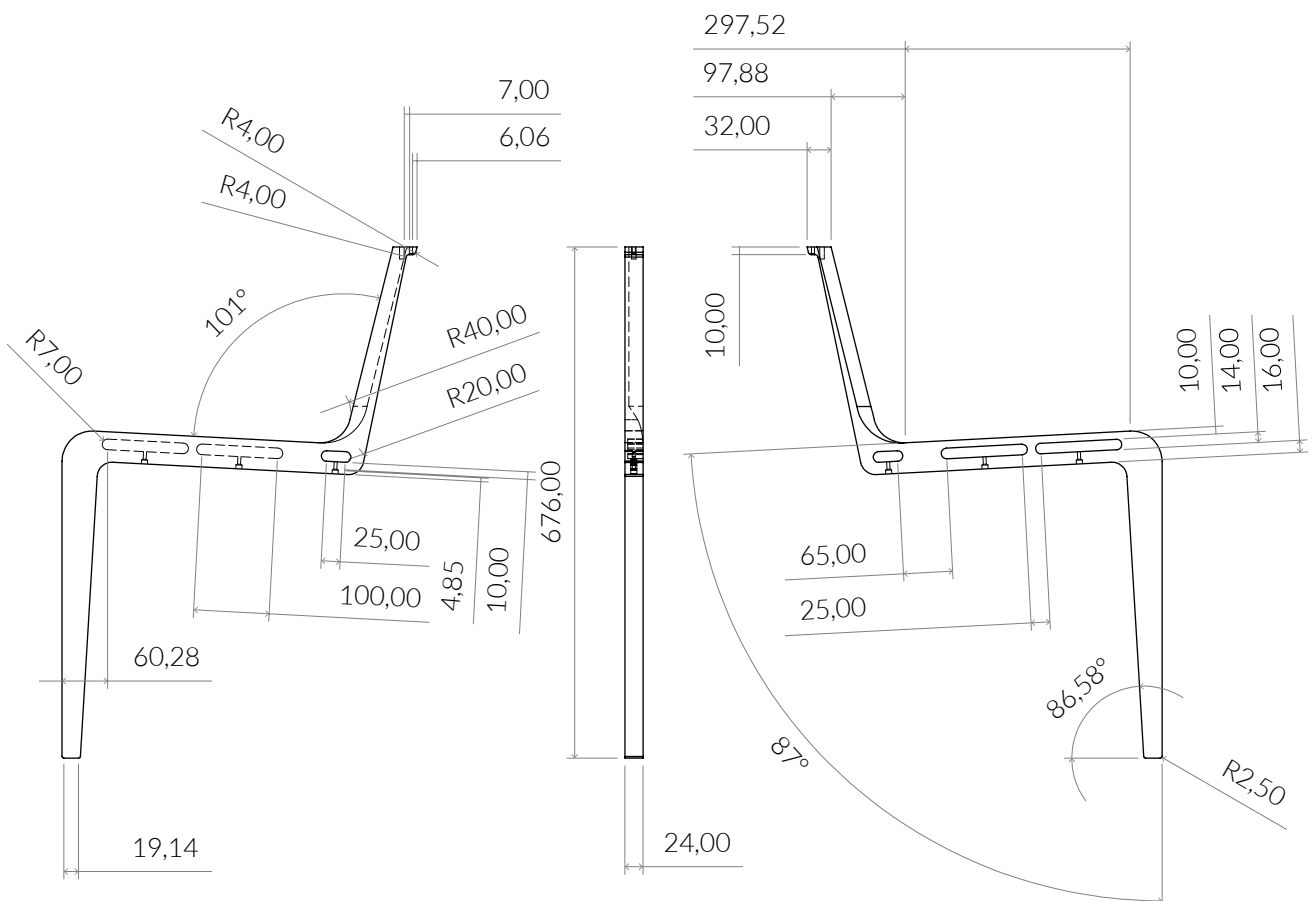
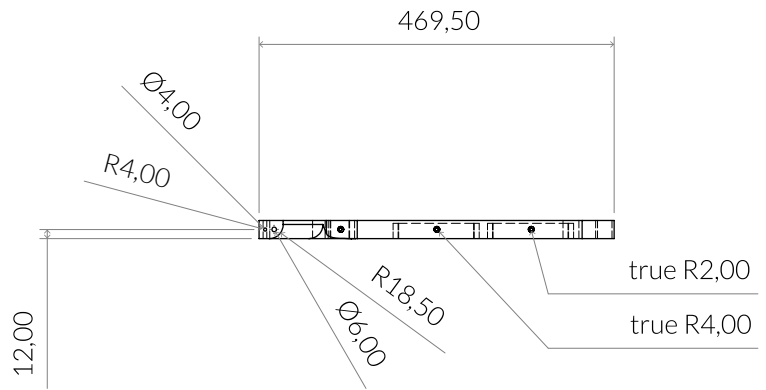
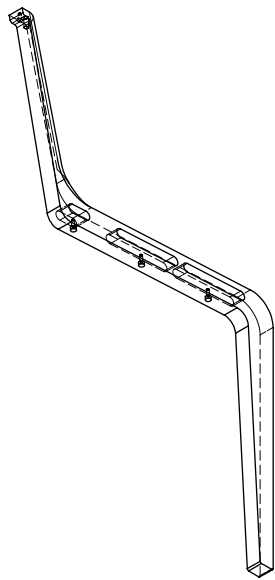
Criado por: Gonçalo Courelas		Título do produto: <b>Cadeira Praça Portuguesa</b>	 Universidade de Aveiro
Escala: 1:10	<b>Anexo 01</b> Título do componente: Perna Traseira Direita		Desenho número: 01/11
Data de emissão: 12/2020			Material: Contraplacado de Bétula Exterior
			Peso do componente: 357g
			Desenho Técnico A4 - PDF




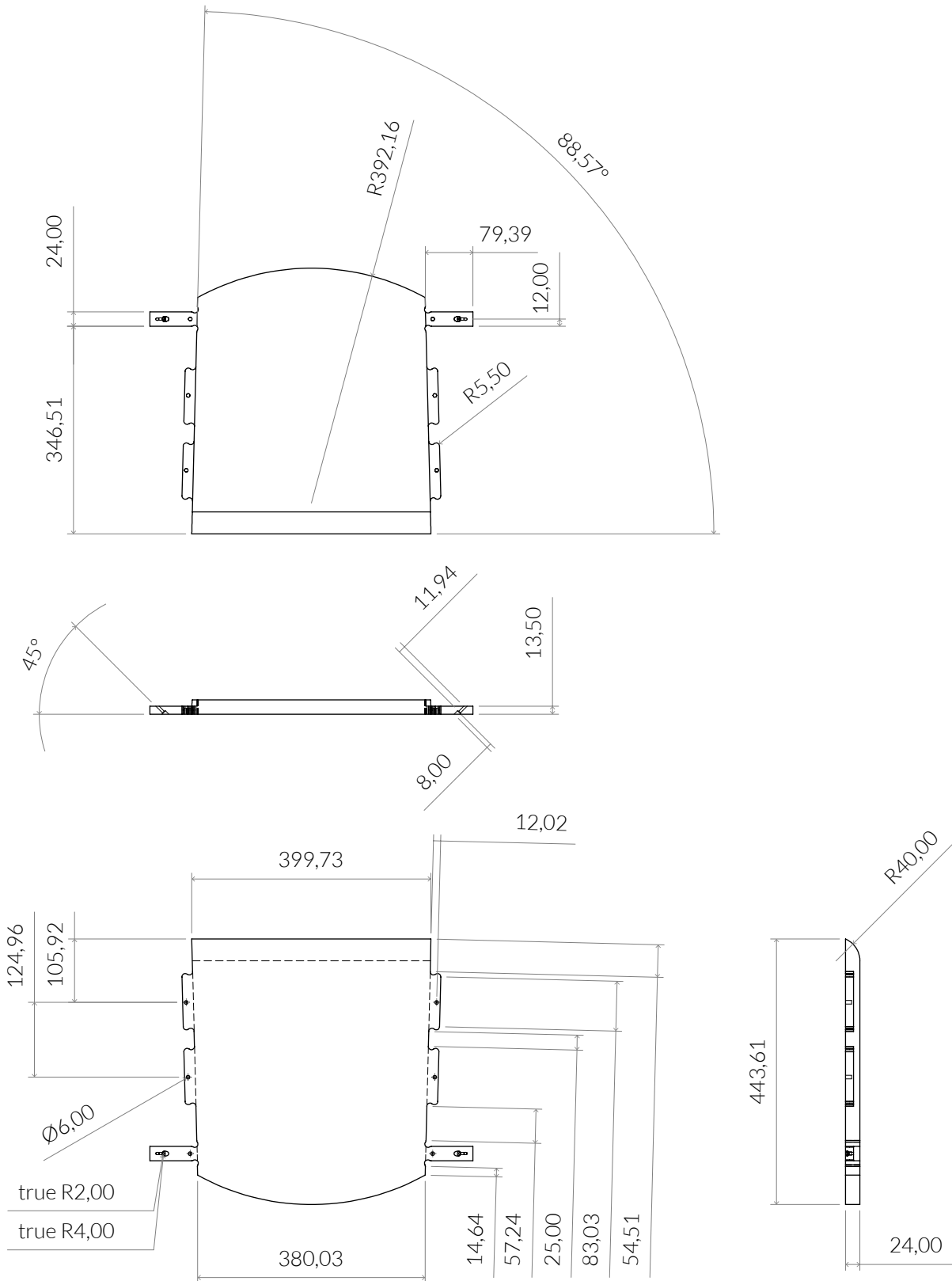
Criado por: Gonçalo Courelas		Título do produto: <b>Cadeira Praça Portuguesa</b>	 Universidade de Aveiro
Escala: 1:10	<b>Anexo 02</b> Título do componente: Perna Dianteira Direita		Desenho número: 02 / 11
Data de emissão: 12/2020			Material: Comtraplacado de Bétula Exterior
			Peso do componente: 557,5g
			Desenho Técnico A4 - PDF




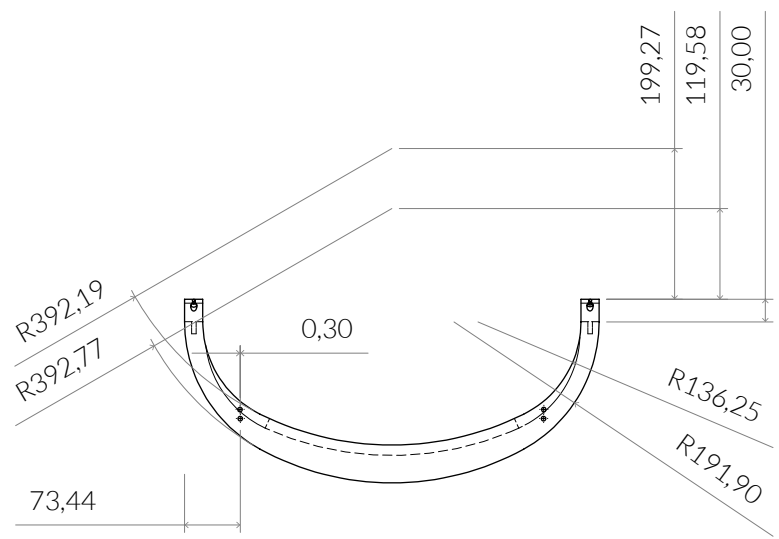
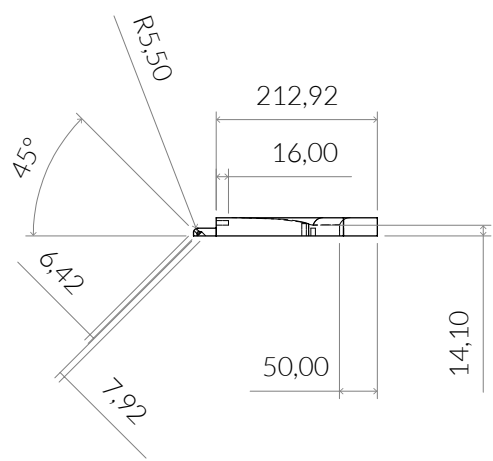
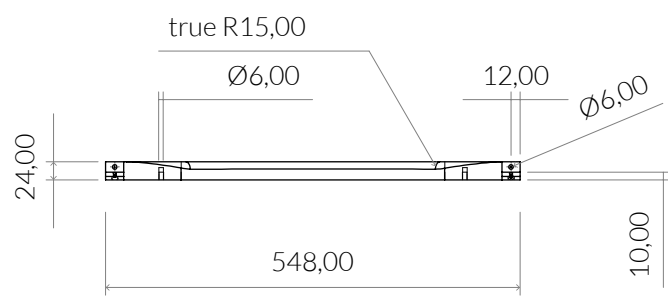
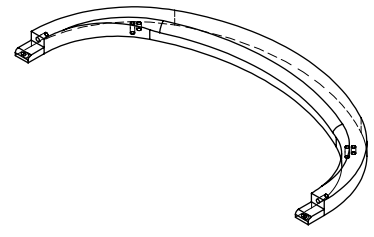
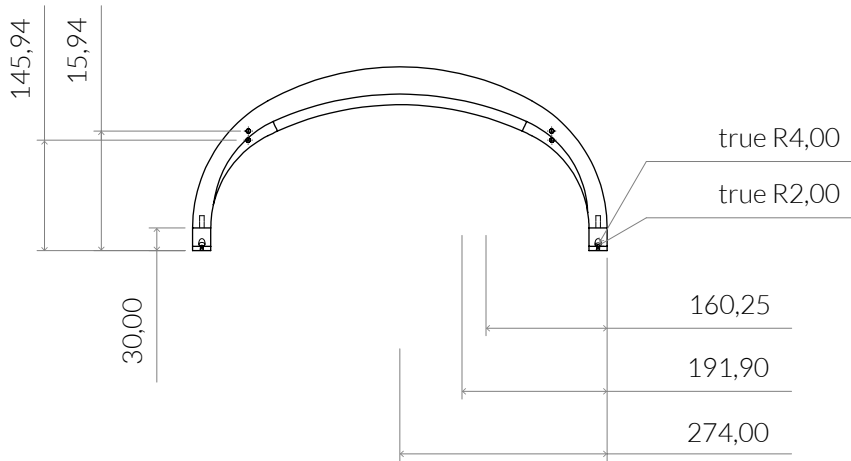
Criado por: Gonçalo Courelas		Título do produto: <b>Cadeira Praça Portuguesa</b>	 Universidade de Aveiro
Escala: 1:10	<b>Anexo 03</b> Título do componente: Perna Traseira Esquerda		Desenho número: 03 / 11
Data de emissão: 12/2020			Material: Comtraplacado de Bétula Exterior
			Peso do componente: 357g
			Desenho Técnico A4 - PDF




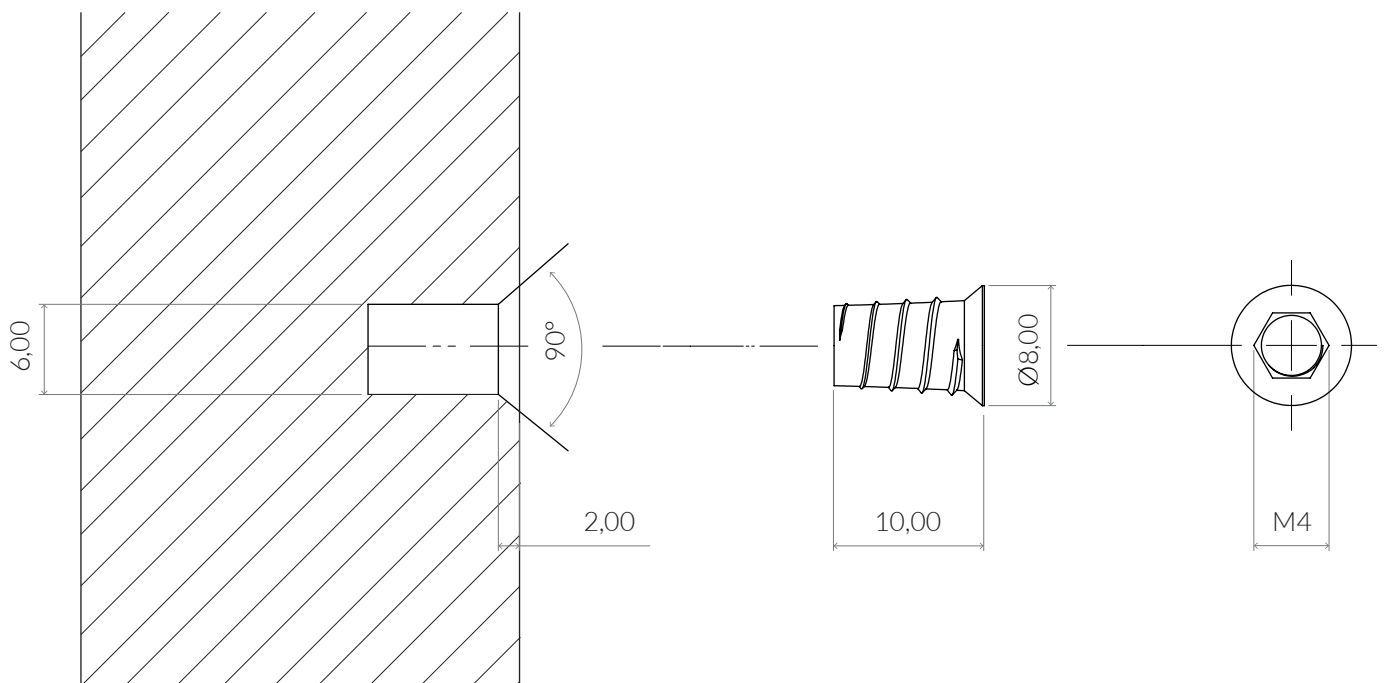
Criado por: Gonçalo Courelas		Título do produto: <b>Cadeira Praça Portuguesa</b>	 Universidade de Aveiro
Escala: 1:10	<b>Anexo 04</b> Título do componente:	Desenho número: 04 / 11	
Data de emissão: 12/2020	Perna Dianteira Esquerda	Material: Comtraplacado de Bétula Exterior	
		Peso do componente: 557,5g	
		Desenho Técnico A4 - PDF	



Criado por: Gonçalo Courelas		Título do produto: <b>Cadeira Praça Portuguesa</b>	 Universidade de Aveiro
Escala: 1:10	<b>Anexo 05</b> Título do componente:	Desenho número: 05 / 11	
Data de emissão: 12/2020	Assento	Material: Comtraplacado de Bétula Exterior	
		Peso do componente: 2797g	
		Desenho Técnico A4 - PDF	

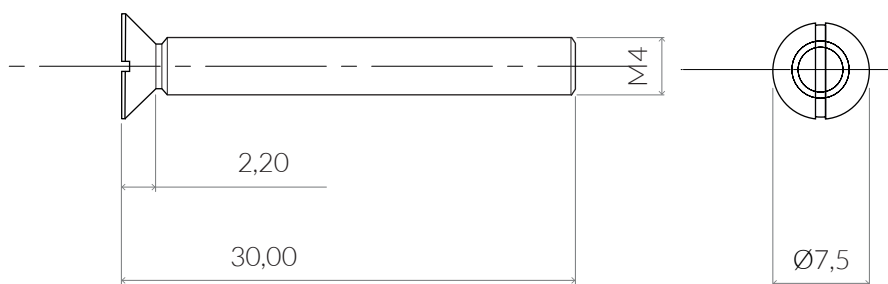
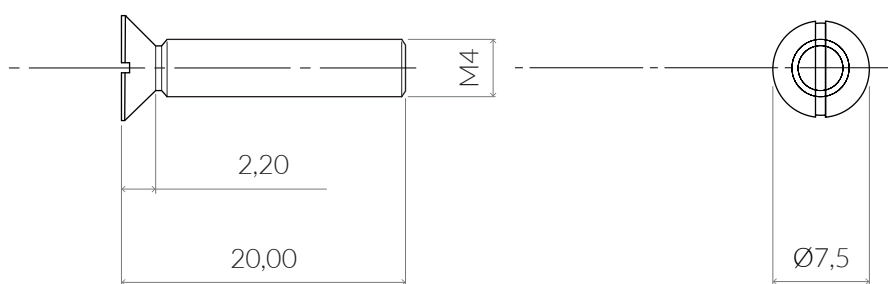


Criado por: Gonçalo Courelas		Título do produto: <b>Cadeira Praça Portuguesa</b>	 Universidade de Aveiro
Escala: 1:10	<b>Anexo 06</b> Título do componente:	Desenho número: 06 / 11	
Data de emissão: 12/2020	Apoio de Braços	Material: Comtraplacado de Bétula Exterior	
		Peso do componente: 460g	
		Desenho Técnico A4 - PDF	

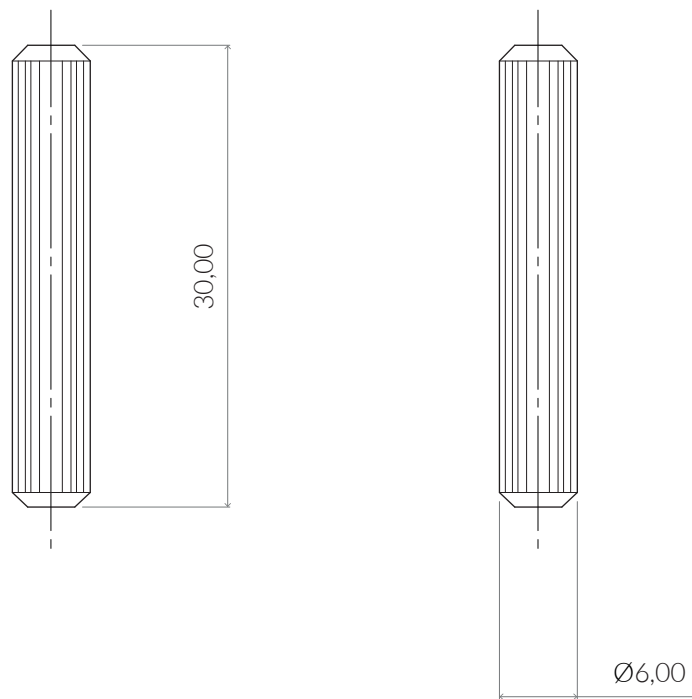


		Título do produto: <b>Cadeira Praça Portuguesa</b>	Würth
Escala: 2:1	<b>Anexo 07</b> Título do componente:	Desenho número: 07 / 11	
Data de emissão:	Porca de Embutir	Material: Liga MetálicaZamac	
12/2020		Peso do componente: 1,4g	
		Desenho Técnico A4 - PDF	

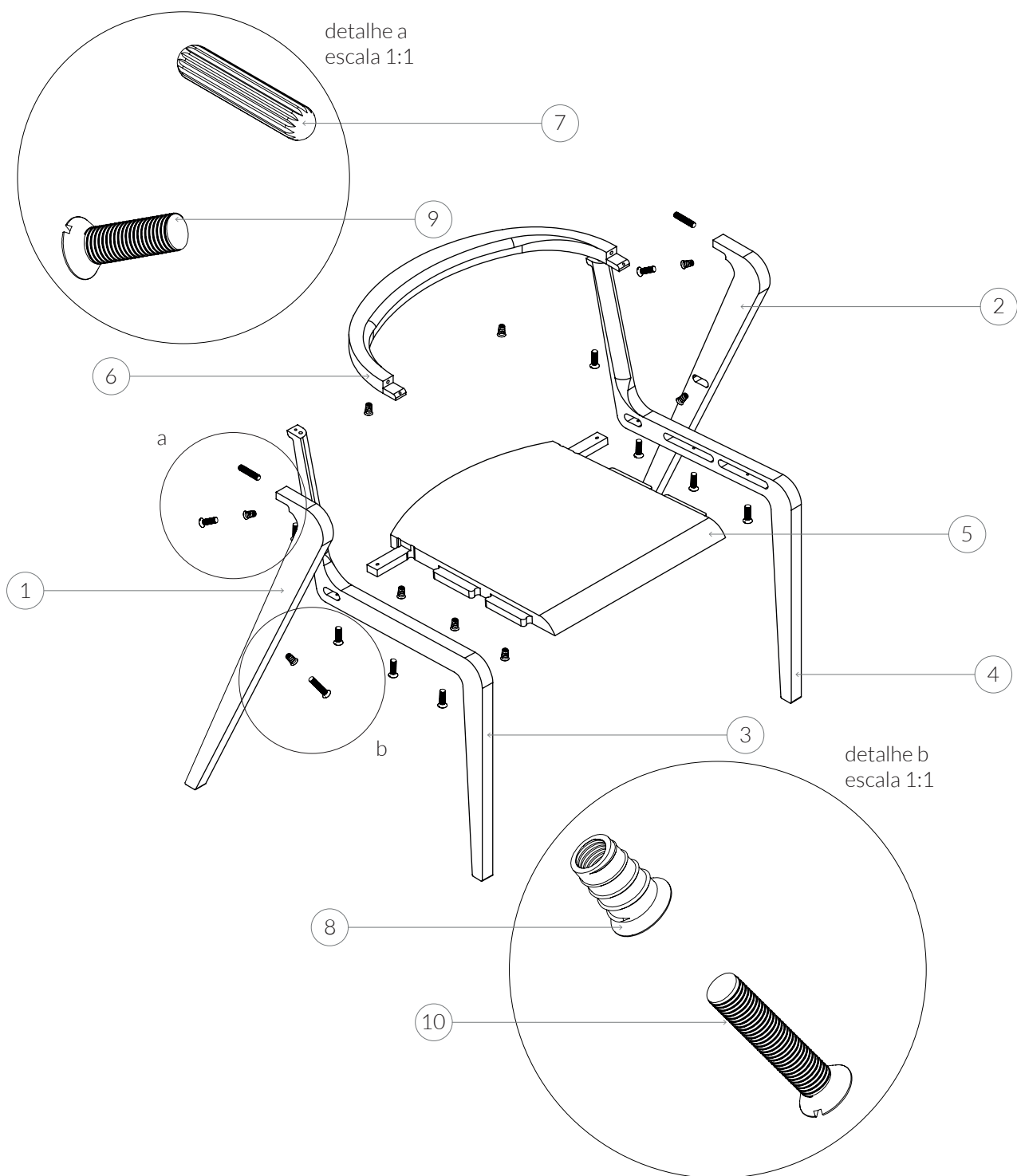





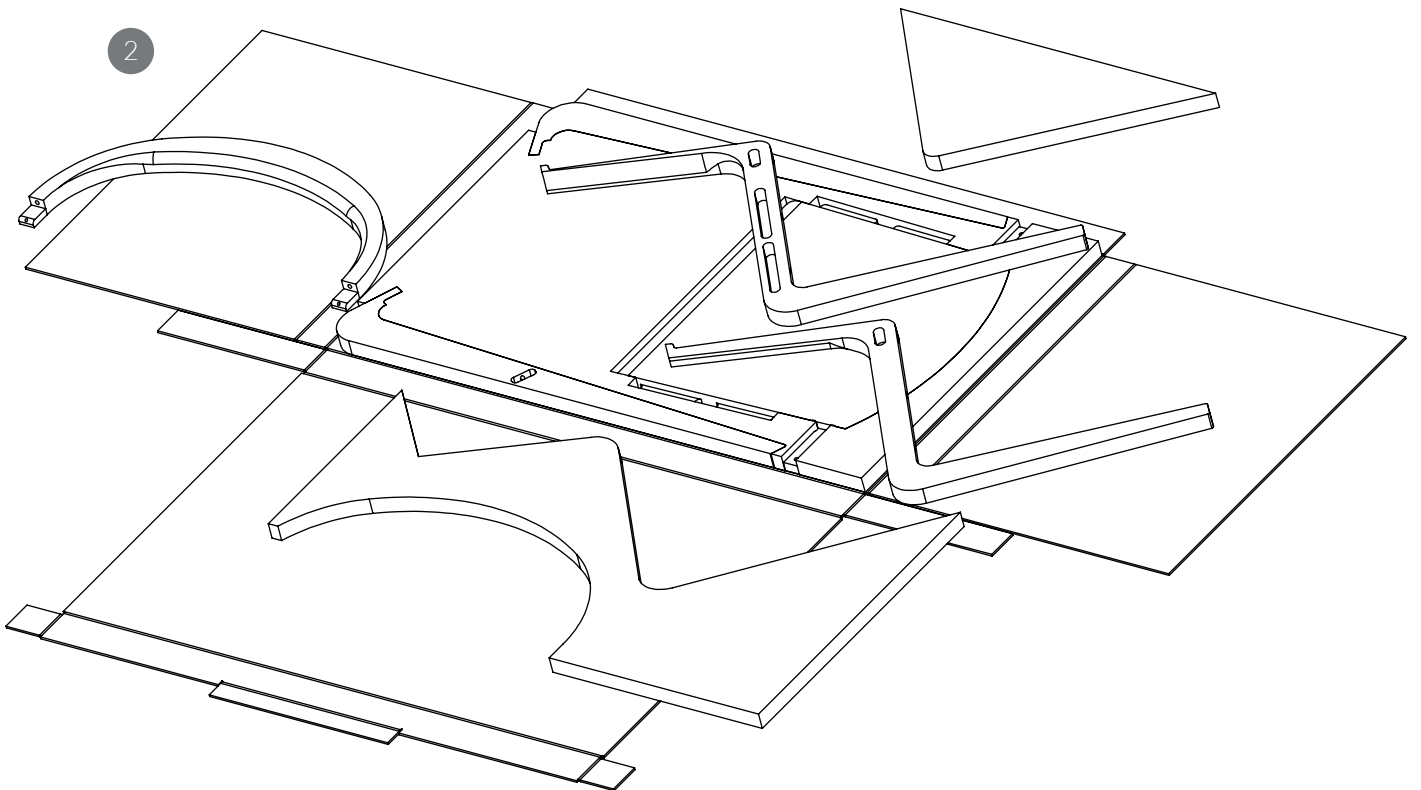
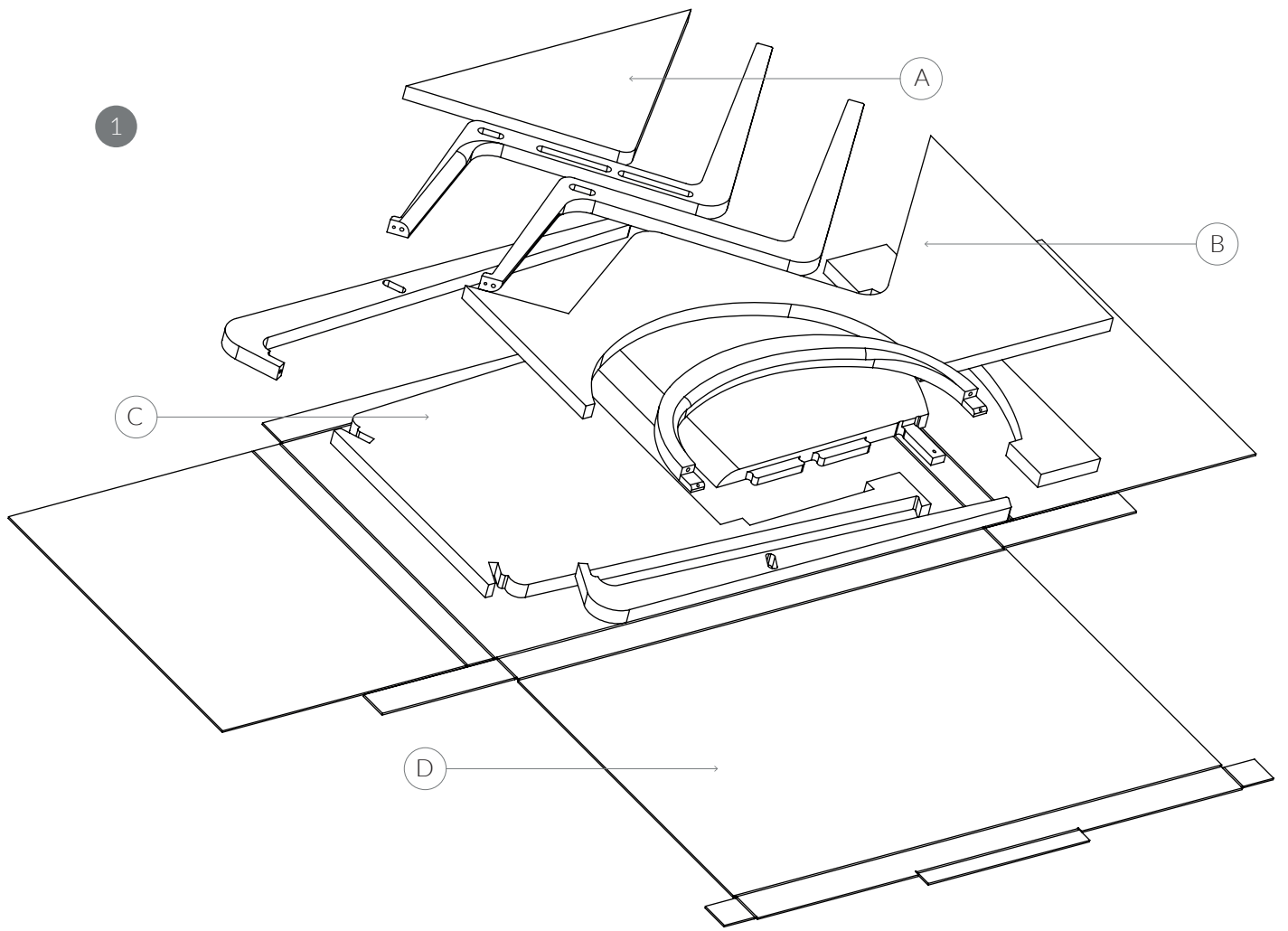
	Título do produto: <b>Cadeira Praça Portuguesa</b>	Würth
Escala: 2:1	<b>Anexo 08</b> Título do componente:	Desenho número: 08 /11
Data de emissão:	Parafuso com Cabeça Escareada Fendida - M4/20 mm Parafuso com Cabeça Escareada Fendida - M4/30 mm	Material: DIN 963, aço galvanizado 4.8, passivado a azul (A2K)
12/2020		Peso do componente: 1,8g/2,5g Desenho Técnico A4 - PDF

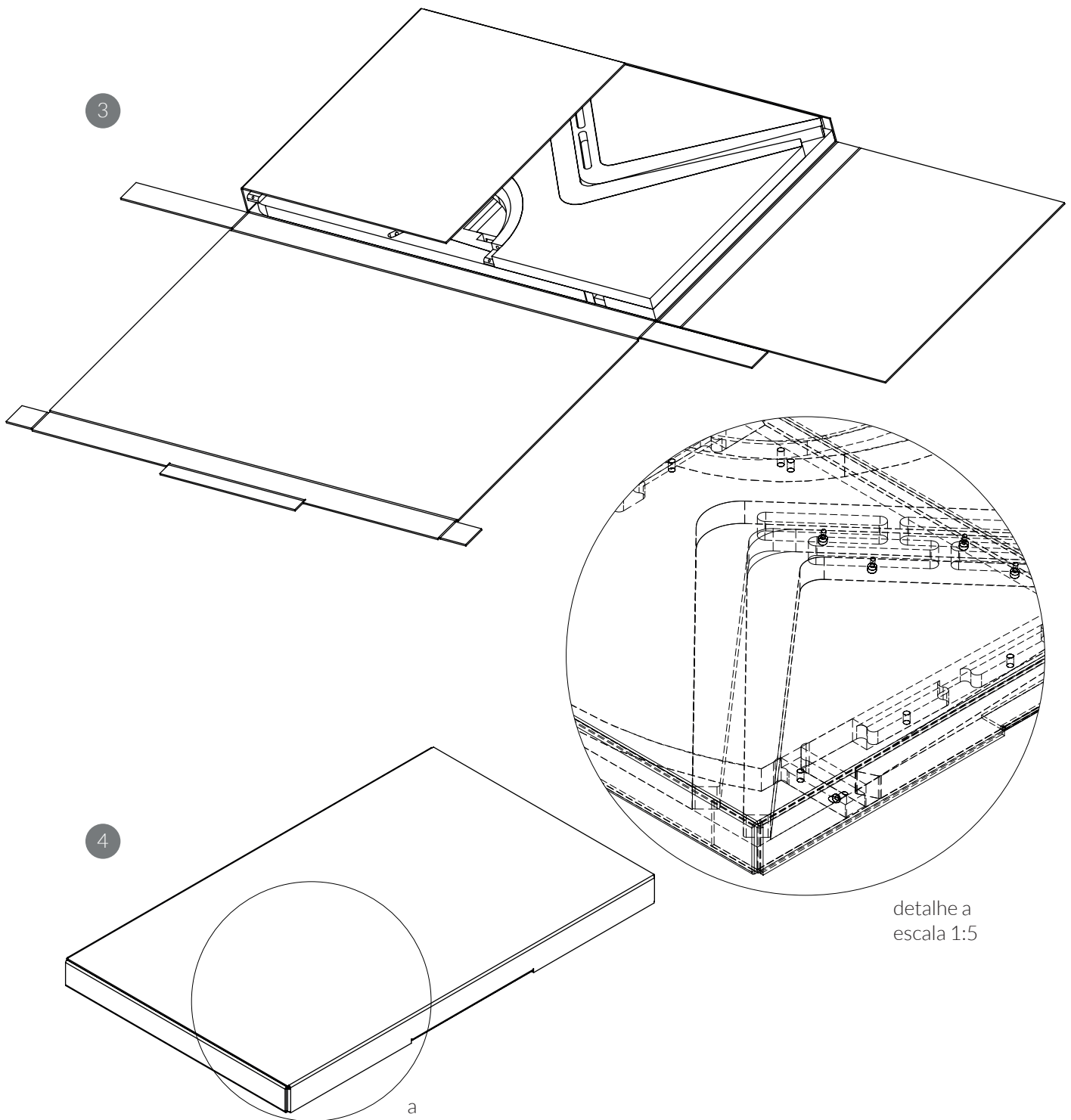


	Título do produto: <b>Cadeira Praça Portuguesa</b>	Würth
Escala: 2:1	<b>Anexo 09</b> Título do componente: Bucha de Madeira Estriada 6.30	Desenho número: 09 /11
Data de emissão: 12/2020		Material: Faia-europeia
		Peso do componente: 0,6g
		Desenho Técnico A4 - PDF




Criado por: Gonçalo Courelas		Título do produto: <b>Cadeira Praça Portuguesa</b>	 Universidade de Aveiro
Escala: 1:10	<b>Anexo 10</b> Título dos componentes: 1 - Perna Traseira Direita 2 - Perna Traseira Esquerda 3 - Perna Dianteira Direita 4 - Perna Dianteira Esquerda 5 - Assento	6 - Apoio de Braços 7 - Bucha de Madeira Estriada 8 - Porca de Embutir M4 9 - Parafuso com Cabeça Escareada Fendida M4/20 mm 10 - Parafuso com Cabeça Escareada Fendida M4/30 mm	Desenho número: 10 / 11
Data de emissão: 12/2020			Vista Explodida dos Componentes da Cadeira Peso total: 5127g Desenho Técnico A4 - PDF





detalhe a  
escala 1:5

Criado por: Gonçalo Courelas		Título do produto: <b>Cadeira Praça Portuguesa</b>		 Universidade de Aveiro
Escala: 1:10	<b>Anexo 11</b> Processo de embalamento: 1 - Vista Explodida. 2 - Disposição da primeira camada de componentes na embalagem. 3 - Aspetto final da	constituição de todos os elementos desmontados. 4 - Cadeira contida num <i>flat-pack</i> . A - Cartão alveolar. B - Cartão alveolar. C - Cartão alveolar. D - Caixa de cartão canelado.	Desenho número: 11/11	
Data de emissão: 12/2020				Desenho Técnico A3 - PDF

