



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

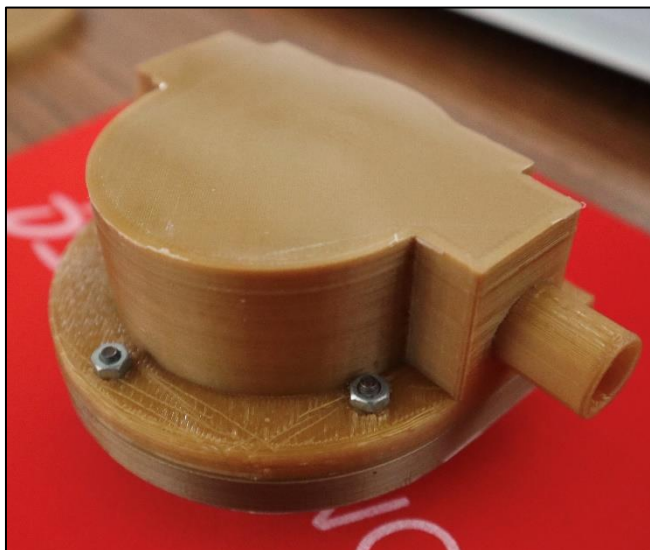
Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Produção Assistida por Computador (PAC)

Docente: Professora Carla Machado

Desenvolvimento de uma bomba hidráulica



Maria Inês Silva

Aluna n° 47715

misa.silva@campus.fct.unl.pt

Miguel Buinho

Aluno n° 47301

m.buinho@campus.fct.unl.pt

Nicolae Rodideal

Aluno n° 47381

n.rodideal@campus.fct.unl.pt

Sofia Colaço

Aluna n° 47367

s.colaco@campus.fct.unl.pt

Índice

Nomenclatura.....	3
Introdução	4
Abstract	5
Memória Descritiva	6
1. Introdução.....	6
2. Tipo de bomba.....	7
3. Conceção da bomba	7
4. Curva da Instalação	8
5. Dimensionamento em Função do Caudal.....	10
6. Produção da Bomba	11
6.1. Produção por CNC.....	11
6.2. Produção por Torneamento e Fresagem	12
6.3. Produção por FFF	13
7. Ensaaios	14
Conclusão.....	15
Anexos	16

Índice de Figuras

Figura 1. Configurações possíveis para bombas volumétricas de elementos flexíveis.....	7
Figura 2. Instalação utilizada	8
Figura 3. Curva de Instalação	10
Figura 4. Vista explodida da bomba	11
Figura 5. Esquema do veio com as secções indicadas	12
Figura 6. Peças produzidas por FFF: a) Carcaça b) Tampa c) Rotor	13

Índice de Tabelas

Tabela 1. Lista de Componentes	8
Tabela 2. Parâmetros de cálculo para a curva da instalação	9
Tabela 3. Primeira iteração	14
Tabela 4. Segunda iteração	14

Nomenclatura

ξ	Coeficiente de perda de carga da instalação
f	Fator de atrito da conduta
w	Velocidade angular [min^{-1}]
ha	Altura de aspiração [m]
H	Altura de Elevação [m]
Q_v	Caudal volúmico [m^3/s]
L	Comprimento da conduta [m]
CNC	Comando numérico computadorizado
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
FFF	<i>Fused Filament Fabrication</i>
PLA	<i>Polylactic Acid</i>
TPU	<i>Thermoplastic polyurethane</i>
UC	Unidade Curricular

Introdução

O presente documento reflete o trabalho desenvolvido ao longo do semestre na unidade curricular (UC) de “Produção Assistida por Computador”, pelos alunos Maria Inês Silva, Miguel Buinho, Nicolae Rodideal e Sofia Colaço.

Produção Assistida por Computador (PAC), lecionada pela Professora Carla Machado, pretende transmitir aos alunos o percurso temporal de um produto na sua fase de produção, passando pelo projeto do mesmo, o planeamento de processos e finalizando com a sua fabricação. É esperado que os alunos venham a entender o comando numérico de máquinas-ferramentas, com recurso a sistemas de *Computer Aided Design* (CAD) e *Computer Aided Manufacturing* (CAM).

Neste âmbito, foi proposto o desenvolvimento de uma bomba hidráulica para elevação de água, a fim de cumprir os objetivos da presente unidade curricular. Os requisitos da instalação, onde se pretende instalar a bomba hidráulica, foram inicialmente definidos pela docente, assim como foram disponibilizados os *softwares* necessários para a elaboração do projeto e as máquinas-ferramentas e/ou outros recursos necessários para a fabricação de uma bomba hidráulica.

Mais do que refletir o trabalho desenvolvido em PAC, serve este relatório para descrever a produção de uma bomba hidráulica desde a fase de projeto à sua fabricação.

É importante referir ainda que, é condição obrigatória que esta mesma bomba seja ativada por um berbequim presente na oficina do Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial.

Abstract

The present document demonstrates the work that students Maria Inês Silva, Miguel Buinho, Nicolae Rodideal and Sofia Colaço carried out during the course (UC) of “*Produção Assistida por Computador*” – computer-assisted or computer-aided production.

Produção Assistida por Computador (PAC), lectured by Professor Carla Machado, addresses the temporal progression of the manufacturing of a product, starting with design and finalizing with production. Students must understand the numerical command of machine-tools as well as CAD and CAM software.

Accordingly, PAC requires students to design a water pump. The installation requirements were specified by the professor and all necessary software, machine-tools and material were made available.

Besides reflecting the work brought about in PAC, this report contemplates the production of a pump from design to manufacturing.

It is crucial that the pump be activated by an existing drill, found in the Department of Mechanical and Industrial Engineering’s workshops.

Memória Descritiva

1. Introdução

É necessário elevar 5 l/min de água a 1 metro de altura. Para tal, desenvolveu-se uma bomba hidráulica para ser ligada a duas mangueiras de 12 mm de diâmetro. A bomba hidráulica terá de ser acionada por um berbequim de 750W capaz de rodar tanto a 1000 rpm como a 3000 rpm.

Deste modo, formou-se uma equipa de quatro elementos, constituída pelos alunos Maria Inês Silva, Miguel Buinho, Nicolae Rodideal e Sofia Colaço.

Encarregue de estudar os materiais e processos tecnológicos, ficou a aluna Maria Inês Silva. Miguel Buinho e Nicolae Rodideal responsabilizaram-se pelo *design* do produto. A aluna Sofia Colaço encarregou-se de estudar o funcionamento hidráulico da bomba concebida.

É importante referir que as bombas são concebidas para elevar um certo caudal a uma determinada altura, e estes parâmetros podem variar, para cada situação podem ser projetadas diversas bombas, cada uma delas com as suas vantagens e desvantagens.

Uma vez que o projeto não necessita, nem de elevados caudais, nem de elevadas alturas, o grupo decidiu projetar uma bomba volumétrica. Estas estão associadas a baixos caudais e elevadas alturas. Para o presente caso, dado que apenas se produziu uma unidade, a diferença de custos de produção entre uma bomba centrífuga e a produzida neste projeto não é crítica.

Optou-se por desenvolver uma bomba volumétrica de elementos flexíveis, não só pelo desafio de projetar uma bomba deste tipo como de a fabricar com recurso a *additive manufacturing*. Acredita-se que esta irá responder às necessidades do cliente sem sobre dimensionar o produto.

2. Tipo de bomba

Numa primeira fase, discutiu-se o tipo de bomba a implementar. Explorou-se as bombas rotativas e as bombas volumétricas. Uma vez que as bombas rotativas, em especial as centrífugas, são muito usuais, optou-se por abordar as bombas volumétricas.

O projeto de um produto pode ser realizado por 3 vias: criação deste de raiz, melhoria de algo já existente ou através da adaptação de tecnologias de outras áreas a uma nova área de implementação. Optou-se por escolher a melhoria de um artigo já existente e, para tal, avaliou-se as opções disponíveis no mercado de bombas volumétricas. Decidiu-se prosseguir com um processo de engenharia inversa correspondente a uma bomba volumétrica cujos seus elementos são flexíveis.

No que toca às possíveis configurações, a Figura 1 apresenta duas das configurações discutidas durante a fase de projeto. Escolheu-se a configuração apresentada na figura 1.b).

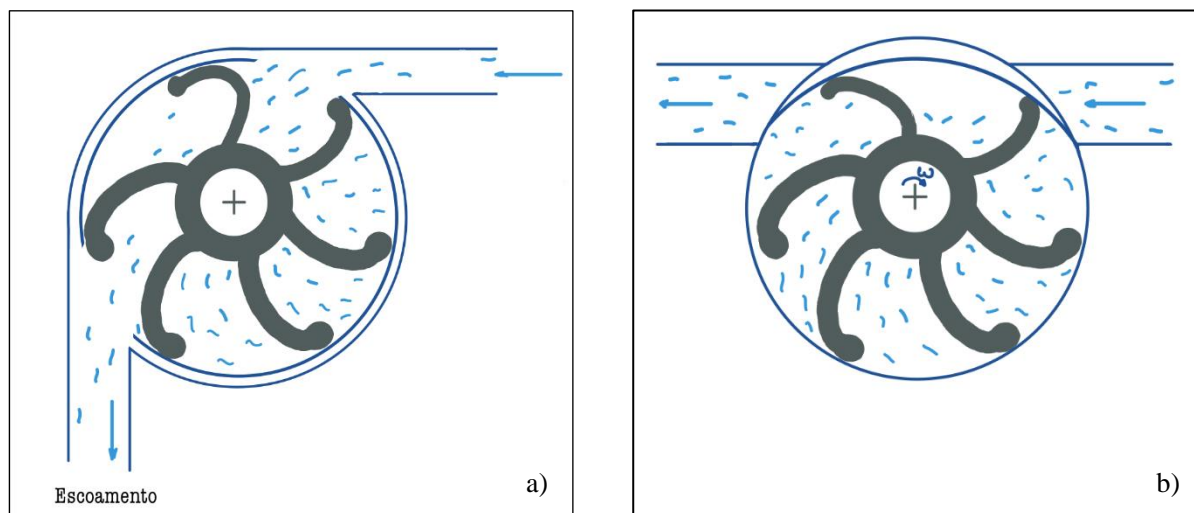


Figura 1. Configurações possíveis para bombas volumétricas de elementos flexíveis

É importante referir que uma bomba volumétrica de elementos flexíveis é utilizada para obter grandes alturas de elevação, embora para baixos caudais. Esta é projetada para velocidades de rotação nominais elevadas, estando associada um baixo rendimento.

3. Conceção da bomba

Numa primeira iteração, foi dado foco ao funcionamento da bomba e consequentes cálculos. Numa segunda iteração, definiu-se que a bomba seria composta por um total de 4 componentes principais, 5 parafusos, 5 anilhas, 5 porcas e um o-ring, como se pode consultar na lista de componentes da Tabela 1.

Tabela 1. Lista de Componentes

Peça	Quantidade	Material	Processo de Fabrico
Carcaça	1	PLA	FFF
Tampa	1	PLA	FFF
Veio	1	Alumínio	Torneamento
Rotor	1	TPU com <i>infill</i> de 20%	FFF
O-ring	1	Borracha	-
Parafusos M3	5	Aço	-
Anilhas	5	Aço	-
Porcas M3	5	Aço	-

4. Curva da Instalação

No desenvolvimento da bomba volumétrica, começou-se por traçar a curva da instalação. Uma vez que se trata de duas manguueiras flexíveis, tomou-se como instalação a da Figura 2.

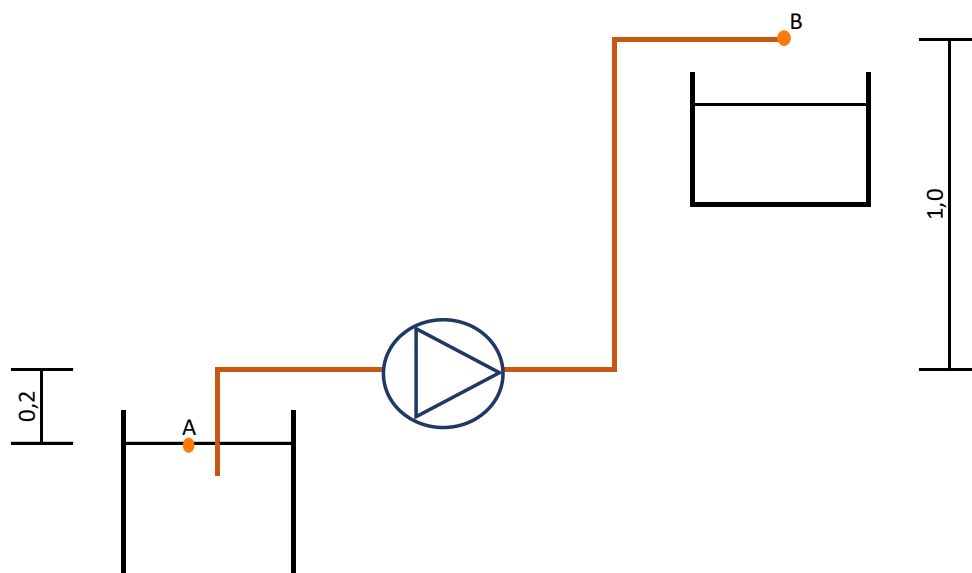


Figura 2. Instalação utilizada

É crucial referir que a UC de Produção Assistida por Computador pretende dar ênfase ao processo de produção, tendo os alunos, por uma questão de planeamento da UC, se afastado

dos aspetos de dinâmica de fluidos e, conseqüentemente entrar num processo empírico de tentativa e erro.

A curva da instalação é dada pela Equação 1:

$$H = \Delta z + KiQ^2 \quad (1)$$

Em primeiro lugar, é necessário determinar o coeficiente de perda de carga da instalação, através da Equação 2, em que ξ representa o coeficiente de perda de carga local, D [m] representa o diâmetro da conduta, f representa o fator de atrito da conduta e L [m] o comprimento da conduta.

$$K = \frac{8\xi}{g\pi^2 D^4} + \frac{32fL}{g\pi^2 D^5} \quad [m^{-5}s^2] \quad (2)$$

Para tal, é necessário ter em consideração o material de que é composta a mangueira. Admitiu-se uma borracha, cuja rugosidade é de 0,02302. Assim, recorrendo ao diagrama de Moody para escoamento completamente rugoso, obteve-se um fator de atrito de 0,0059.

É possível, também, dividir a instalação em duas partes: conduta de aspiração e conduta de compressão. Em ambas as condutas, considerou-se que, no pior dos casos, a mangueira faria uma curva próxima dos 90°. Assim, o coeficiente de perda de carga local associado a um acessório em cotovelo, com um ângulo de 90°, é de 0,9.

O coeficiente de perda de carga local total será dado por $\xi = 3 * 0,9 + 1$, em que o acréscimo de 1 contabiliza o anulamento da velocidade no ponto B. Embora seja trivial que a velocidade não é nula no ponto, a fim de simplificar a equação, contabiliza-se a velocidade em B com o acréscimo na perda de carga local.

A Tabela 2 sintetiza todos os parâmetros necessários para o cálculo da curva da instalação.

Tabela 2. Parâmetros de cálculo para a curva da instalação

ξ	f	$D(m)$	$L(m)$
3,7	0,0059	0,012	2

Com recurso ao *software* Excel, determinou-se a equação que define a curva da instalação, apresentada na Figura 3. Deve-se ter em conta que, na Equação 3, o caudal é inserido em m^3/s .

$$H = 1,2 + 34401292,5 * Q^2 \text{ (m)} \quad (3)$$

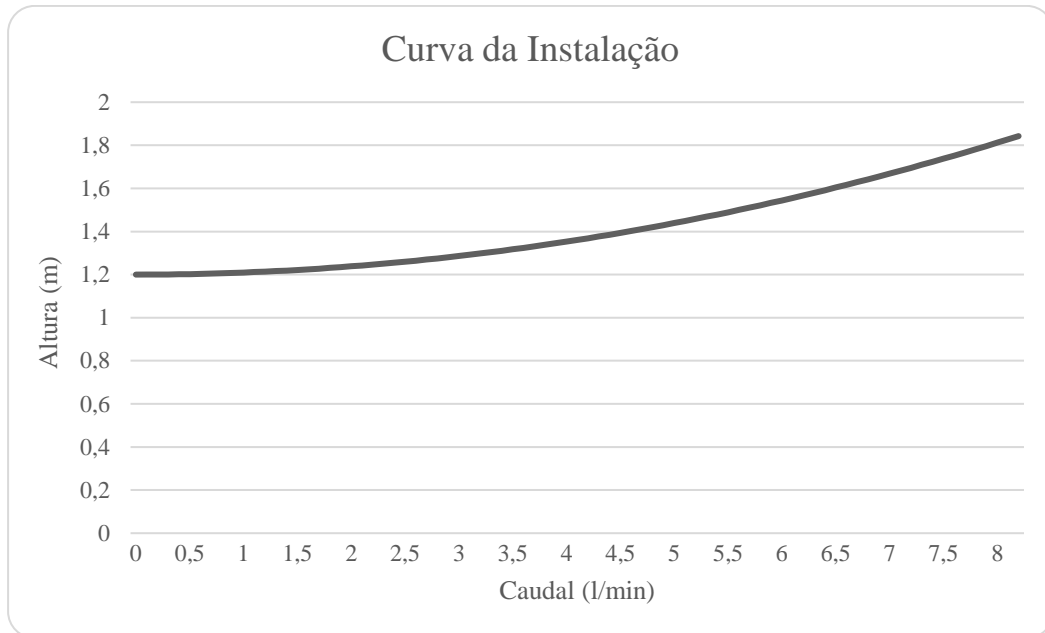


Figura 3. Curva de Instalação

Analisando a figura acima, verifica-se que, para a instalação do cliente, é necessário produzir uma bomba que no seu ponto de funcionamento debite pelo menos 5 litros por minuto. Dada a instalação, é garantido que debitando esse caudal, a bomba irá conferir uma altura acima de 1 metro.

5. Dimensionamento em Função do Caudal

Definiu-se a geometria da bomba rotativa. Esta tem sete divisões e considerou-se que, para cada divisão, apenas 20% de fluido é realmente bombeado, sendo a restante percentagem de fluido mantida no interior do rotor, para a seguinte rotação. Para tal, considerou-se que cada secção pode ser aproximada segundo um trapézio, em que a área é dada pela Equação 4 e respetivo volume é dado pela Equação 5. O volume total de água bombeado para uma rotação é dado pela Equação 6.

$$A = \frac{(B + b)h}{2} \quad (m^2) \quad (4)$$

$$V_1 = A * P \quad (m^3) \quad (5)$$

$$V = 7 * V_1 * \% \text{ de fluido realmente bombeado} \quad (6)$$

Deste modo, numa rotação são bombeados $4 * 10^{-6} m^3$ de água. Uma vez que o berbequim pode rodar a velocidades de 1000 rpm e a 3000 rpm, uma bomba com estas dimensões permitirá elevar 4 l/min ou 12 l/min, respetivamente.

6. Produção da Bomba

Para os diferentes componentes, e depois da primeira iteração, começou-se a estudar e explorar diferentes formas de produzir a bomba. A vista explodida da bomba completa final é apresentada na Figura 4.

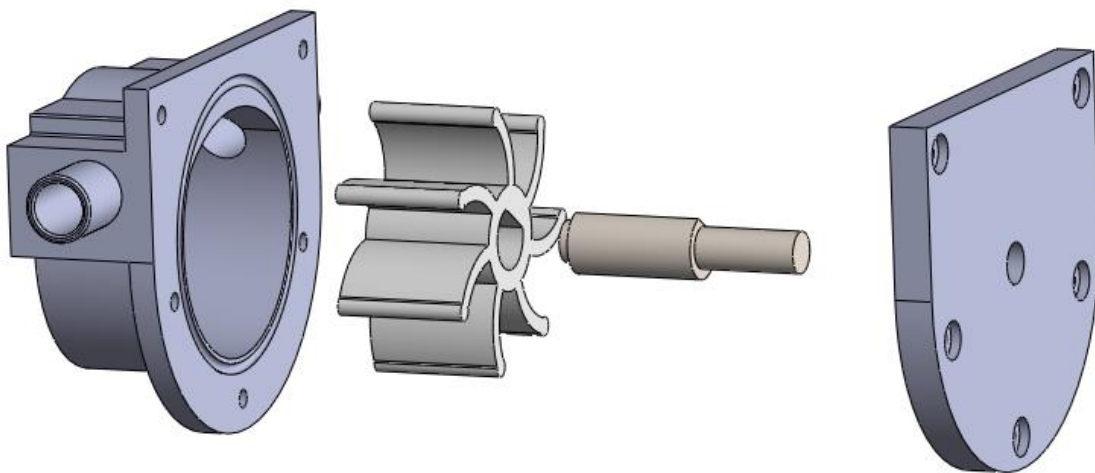


Figura 4. Vista explodida da bomba

6.1. Produção por CNC

Inicialmente, era esperado produzir um componente por comando numérico computadorizado (CNC), de tal modo que se previa maquinar a carcaça e a tampa em alumínio. Para tal, foi desenvolvido o código para a maquinação da peça referida, o qual é apresentado no Anexo 1.

Refere-se ainda que todos os parâmetros utilizados para levar a cabo a produção CNC da peça, foram retirados do catálogo *Dormer 2019*.

6.2. Produção por Torneamento e Fresagem

Recorreu-se ao Torneamento para fabricar o veio de alumínio, que liga o berbequim ao rotor, permitindo assim a sua rotação. O veio, apresentado na Figura 5, foi produzido através de um varão de alumínio, de 30 milímetros de diâmetro. Efetuou-se ainda um acabamento por fresagem para permitir, de forma mais eficiente, a transmissão do movimento ao rotor.

É de notar que o veio foi sujeito a uma operação de fresagem de modo a ser formada uma face de secção retangular. Esta terá uma função semelhante á de um escatel.

O veio é composto por três secções, duas delas com o mesmo diâmetro, 8 mm, e uma terceira um pouco maior, 12 mm, como ilustra a Figura 5.

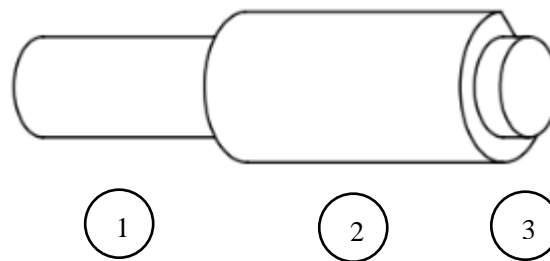


Figura 5. Esquema do veio com as secções indicadas

A peça foi produzida em quatro etapas, utilizando sempre uma pastilha rômica C. As primeiras três etapas foram realizadas por torneamento a uma velocidade de 910 rpm e a quarta por fresagem.

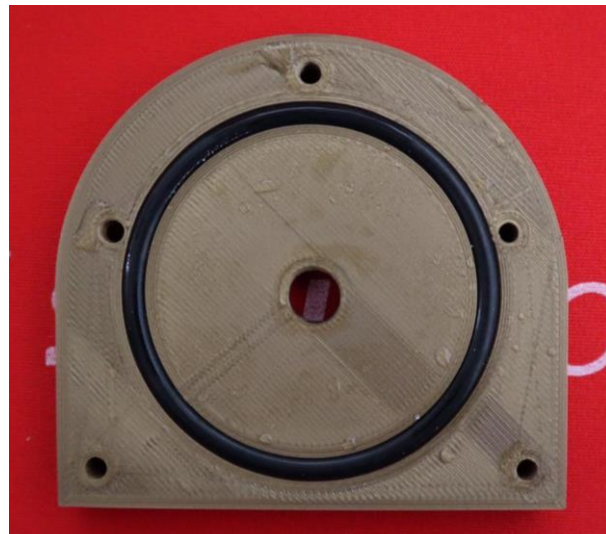
- Secção 1: primeiro, efetuou-se quatro passagens até diminuir o diâmetro para 12 mm, de seguida, outras três passagens de desbaste e por último, uma de acabamento para se obter um diâmetro final de 8mm. Com recurso a uma lixa, obteve-se uma superfície com um melhor acabamento;
- Secção 2: efetuou-se cinco passagens de desbaste e duas de acabamento para se obter um diâmetro de 12 mm;
- Secção 3: rodou-se o bico da ferramenta e desbastou-se na direção radial. Depois, colocou-se um ferro de sangrar e cortou-se a peça. Seguidamente, rodou-se a peça e maquinou-se até ser obtido um diâmetro final de 8 mm para um comprimento de 2,5 mm. Por último, com recurso a uma lixa, obteve-se uma superfície com um melhor acabamento;
- Secção 4: no fim, com recurso a uma fresa, realizou-se duas passagens de desbaste e uma de acabamento na secção 2 com o objetivo do veio encaixar no rotor, criando uma ligação mecânica entre estes.

6.3. Produção por FFF

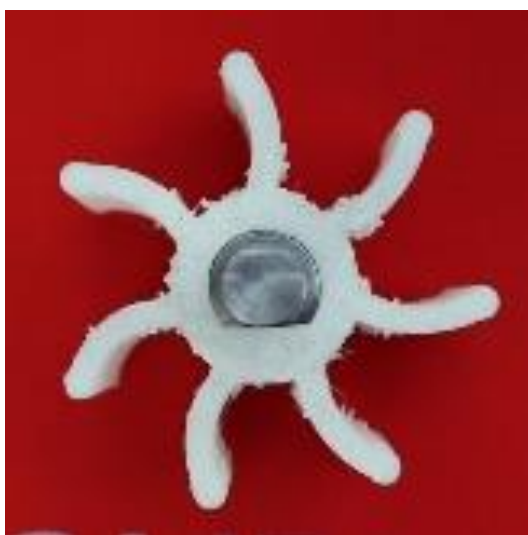
Através de Fused Filament Fabrication (FFF), fabricou-se a carcaça, tampa e rotor, como se pode observar na Figura 6. É de notar que, após a impressão da tampa e com recurso a um engenho de furar, aumentou-se o furo para colmatar o fraco toleranciamento proveniente do processo FFF.



a)



b)



c)

Figura 6. Peças produzidas por FFF: a) Carcaça b) Tampa c) Rotor

7. Ensaaios

Antes da realização dos ensaios, em cada iteração, verificou-se se a bomba se encontrava ferrada e a ligação berbequim-veio. Nas Tabelas 3 e 4 apresenta-se as alterações efetuadas, os ensaios realizados e os problemas encontrados.

Tabela 3. Primeira iteração

Alterações	NA
Ensaaios	<ol style="list-style-type: none"> 1. $ha = 0,5\text{ m}$; $w = 1000\text{ min}^{-1}$ 2. $ha = 0,2\text{ m}$; $w = 1000\text{ min}^{-1}$ 3. Repetição do ensaio anterior para perceber se a conduta de aspiração estava realmente a puxar água 4. $ha = 0,2\text{ m}$; $w = 3000\text{ min}^{-1}$
Problemas encontrados	<ol style="list-style-type: none"> 1. A bomba não elevou a água 2. Falta de vedação na carcaça, junto do veio

Tabela 4. Segunda iteração

Alterações	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aumentar a espessura da tampa para 7 mm; 2. Diminuir o diâmetro de passagem do veio; 3. Alterar a carcaça de modo a que a zona de saída de água esteja mais afastada do centro do rotor
Ensaaios	<ol style="list-style-type: none"> 1. $ha = 1,0\text{ m}$; $w = 3000\text{ min}^{-1}$
Problemas encontrados	Sem problemas, a bomba funcionou

É de notar que se considerou utilizar um rotor com maior diâmetro e um *infill* menor, mas, devido a problemas de impressão, não foi possível utilizá-lo na segunda iteração.

Assim, é de indicar que a bomba não só funcionou, como superou os objetivos, tendo bombeado 5 litros em 20 segundos. Resume-se assim que, a bomba tem um caudal de 15 l/min, indo além dos cálculos realizados com um coeficiente de segurança elevado.

Conclusão

Com o desenvolvimento deste projeto, é possível concluir que os objetivos definidos para a disciplina de PAC, nomeadamente, aprender acerca do percurso temporal de um produto na sua fase de produção (projeto, planeamento de processos e fabricação) e o comando numérico de máquinas-ferramentas, com recurso a sistemas de CAD e CAM, foram cumpridos.

O grupo sentiu algumas dificuldades na projeção da bomba hidráulica, mais concretamente, nos cálculos iniciais necessários à elevação de água; na simulação de fluidos, dado tratar-se de uma bomba de elementos flexíveis.

Considerou-se desafiante conseguir restringir o movimento do veio na fase de fresagem. Houve ainda dificuldades na programação do CAM.

No entanto, o trabalho foi bem sucedido e cumpriu o propósito de elevar 5 l/min de água a 1 metro de altura tendo, como referido acima, superado o objetivo bombeando 15 l/min.

Anexos

Anexo1

O0001	N48 G01 Z1. F125.	N97 X93.
N1 G21	N49 X-15. F349.146	N98 X99.6
N2 (12MM CRB 2FL 25 LOC)	N50 X93. F465.528	N99 Y-27.75 F127.
N3 G91 G28 X0 Y0 Z0	N51 X99.6	N100 X93. F465.528
N4 M06 T07.0	N52 Y-11.25 F127.	N101 X-15.
N5 S2387 M03	N53 X93. F465.528	N102 X-21.6
	N54 X-15.	N103 Y-36. F127.
N6 (Face Mill1)	N55 X-21.6	N104 X-15. F465.528
N7 G90 G54 G00 X-27.6 Y-3.	N56 Y-19.5 F127.	N105 X93.
N8 G43 Z6. H07 M08	N57 X-15. F465.528	N106 X99.6
N9 G01 Z2. F125.	N58 X93.	N107 Y-44.25 F127.
N10 G17 X-15. F349.146	N59 X99.6	N108 X93. F465.528
N11 X93. F465.528	N60 Y-27.75 F127.	N109 X-15.
N12 X99.6	N61 X93. F465.528	N110 X-21.6
N13 Y-11.25 F127.	N62 X-15.	N111 Y-52.5 F127.
N14 X93. F465.528	N63 X-21.6	N112 X-15. F465.528
N15 X-15.	N64 Y-36. F127.	N113 X93.
N16 X-21.6	N65 X-15. F465.528	N114 X99.6
N17 Y-19.5 F127.	N66 X93.	N115 Y-60.75 F127.
N18 X-15. F465.528	N67 X99.6	N116 X93. F465.528
N19 X93.	N68 Y-44.25 F127.	N117 X-15.
N20 X99.6	N69 X93. F465.528	N118 X-21.6
N21 Y-27.75 F127.	N70 X-15.	N119 Y-69. F127.
N22 X93. F465.528	N71 X-21.6	N120 X-15. F465.528
N23 X-15.	N72 Y-52.5 F127.	N121 X93.
N24 X-21.6	N73 X-15. F465.528	N122 X105.6 F349.146
N25 Y-36. F127.	N74 X93.	N123 G00 Z6.
N26 X-15. F465.528	N75 X99.6	N124 Z28.
N27 X93.	N76 Y-60.75 F127.	
N28 X99.6	N77 X93. F465.528	N125 (Rough Mill1)
N29 Y-44.25 F127.	N78 X-15.	N126 X43.672 Y-32.485
N30 X93. F465.528	N79 X-21.6	N127 Z2.5
N31 X-15.	N80 Y-69. F127.	N128 G01 X46.672 F400.
N32 X-21.6	N81 X-15. F465.528	N129 G03 X40.672 Z1. I-3. J0
N33 Y-52.5 F127.	N82 X93.	N130 X46.672 Z-.5 I3. J0
N34 X-15. F465.528	N83 X105.6 F349.146	N131 X40.672 Z-2. I-3. J0
N35 X93.	N84 G00 Z6.	N132 X46.672 Z-3.5 I3. J0
N36 X99.6	N85 X-27.6 Y-3.	N133 X40.672 Z-5. I-3. J0
N37 Y-60.75 F127.	N86 Z4.	N134 X45.172 Y-35.083 Z-6. I3. J0
N38 X93. F465.528	N87 G01 Z0 F125.	
N39 X-15.	N88 X-15. F349.146	N135 G01 X43.672 Y-32.485
N40 X-21.6	N89 X93. F465.528	N136 G03 X34.328 I-4.672 J-9.515 F465.528
N41 Y-69. F127.	N90 X99.6	N137 X43.672 I4.672 J-.515
N42 X-15. F465.528	N91 Y-11.25 F127.	N138 G01 X48.443 Y-31.959
N43 X93.	N92 X93. F465.528	N139 G03 X47.766 Y-29.338 I-9.443 J-1.041
N44 X105.6 F349.146	N93 X-15.	N140 X30.234 I-8.766 J-12.662
N45 G00 Z6.	N94 X-21.6	
N46 X-27.6 Y-3.	N95 Y-19.5 F127.	N219 X48.443 Y-31.959 I8.766 J-3.662
N47 Z5.	N96 X-15. F465.528	N220 G01 X53.214 Y-31.433
N141 X48.443 Y-31.959 I8.766 J-3.662	N178 G00 Z2.5	
N142 G01 X53.214 Y-31.433	N179 X43.672 Y-32.485	
	N180 Z-8.187	
	N181 G01 X46.672 F400.	

N143 G03 X51.575 Y-26.192 I-14.214 J-1.567	N182 G03 X40.672 Z-9.687 I-3. J0	N221 G03 X51.575 Y-26.192 I-14.214 J-1.567
N144 X26.425 I-12.575 J-15.808	N183 X46.672 Z-11.187 I3. J0	N222 X26.425 I-12.575 J-15.808
N145 X53.214 Y-31.433 I12.575 J-6.808	N184 X40.672 Z-12.687 I-3. J0	N223 X53.214 Y-31.433 I12.575 J-6.808
N146 G01 X57.985 Y-30.907	N185 X46.672 Z-14.187 I3. J0	N224 G01 X57.985 Y-30.907
N147 G03 X55.301 Y-23.045 I-18.985 J-2.093	N186 X41.292 Y-30.659 Z-15.375 I-3. J0	N225 G03 X55.301 Y-23.045 I-18.985 J-2.093
N148 X22.699 I-16.301 J-18.955	N187 G01 X43.672 Y-32.485	N226 X22.699 I-16.301 J-18.955
N149 X55.301 I16.301 J-9.955	N188 G03 X34.328 I-4.672 J-9.515 F465.528	N227 X55.301 I16.301 J-9.955
N150 X22.699 I-16.301 J-18.955	N189 X43.672 I4.672 J-.515	N228 X22.699 I-16.301 J-18.955
N151 X57.985 Y-30.907 I16.301 J-9.955	N190 G01 X48.443 Y-31.959	N229 X57.985 Y-30.907 I16.301 J-9.955
N152 G00 Z2.5	N191 G03 X47.766 Y-29.338 I-9.443 J-1.041	N230 G00 Z2.5
N153 X43.672 Y-32.485	N192 X30.234 I-8.766 J-12.662	N231 X43.672 Y-32.485
N154 Z-3.5	N193 X48.443 Y-31.959 I8.766 J-3.662	N232 Z-17.562
N155 G01 X46.672 F400.	N194 G01 X53.214 Y-31.433	N233 G01 X46.672 F400.
N156 G03 X40.672 Z-5. I-3. J0	N195 G03 X51.575 Y-26.192 I-14.214 J-1.567	N234 G03 X40.672 Z-19.062 I-3. J0
N157 X46.672 Z-6.5 I3. J0	N196 X26.425 I-12.575 J-15.808	N235 X46.672 Z-20.562 I3. J0
N158 X40.672 Z-8. I-3. J0	N197 X53.214 Y-31.433 I12.575 J-6.808	N236 X40.672 Z-22.062 I-3. J0
N159 X46.672 Z-9.5 I3. J0	N198 G01 X57.985 Y-30.907	N237 X46.672 Z-23.562 I3. J0
N160 X41.292 Y-30.659 Z-10.687 I-3. J0	N199 G03 X55.301 Y-23.045 I-18.985 J-2.093	N238 X41.292 Y-30.659 Z-24.75 I-3. J0
N161 G01 X43.672 Y-32.485	N200 X22.699 I-16.301 J-18.955	N239 G01 X43.672 Y-32.485
N162 G03 X34.328 I-4.672 J-9.515 F465.528	N201 X55.301 I16.301 J-9.955	N240 G03 X34.328 I-4.672 J-9.515 F465.528
N163 X43.672 I4.672 J-.515	N202 X22.699 I-16.301 J-18.955	N241 X43.672 I4.672 J-.515
N164 G01 X48.443 Y-31.959	N203 X57.985 Y-30.907 I16.301 J-9.955	N242 G01 X48.443 Y-31.959
N165 G03 X47.766 Y-29.338 I-9.443 J-1.041	N204 G00 Z2.5	N243 G03 X47.766 Y-29.338 I-9.443 J-1.041
N166 X30.234 I-8.766 J-12.662	N205 X43.672 Y-32.485	N244 X30.234 I-8.766 J-12.662
N167 X48.443 Y-31.959 I8.766 J-3.662	N206 Z-12.875	N245 X48.443 Y-31.959 I8.766 J-3.662
N168 G01 X53.214 Y-31.433	N207 G01 X46.672 F400.	N246 G01 X53.214 Y-31.433
N169 G03 X51.575 Y-26.192 I-14.214 J-1.567	N208 G03 X40.672 Z-14.375 I-3. J0	N247 G03 X51.575 Y-26.192 I-14.214 J-1.567
N170 X26.425 I-12.575 J-15.808	N209 X46.672 Z-15.875 I3. J0	N248 X26.425 I-12.575 J-15.808
N171 X53.214 Y-31.433 I12.575 J-6.808	N210 X40.672 Z-17.375 I-3. J0	N249 X53.214 Y-31.433 I12.575 J-6.808
N172 G01 X57.985 Y-30.907	N211 X46.672 Z-18.875 I3. J0	N250 G01 X57.985 Y-30.907
N173 G03 X55.301 Y-23.045 I-18.985 J-2.093	N212 X41.292 Y-30.659 Z-20.062 I-3. J0	N251 G03 X55.301 Y-23.045 I-18.985 J-2.093
N174 X22.699 I-16.301 J-18.955	N213 G01 X43.672 Y-32.485	N252 X22.699 I-16.301 J-18.955
N175 X55.301 I16.301 J-9.955	N214 G03 X34.328 I-4.672 J-9.515 F465.528	N253 X55.301 I16.301 J-9.955
N176 X22.699 I-16.301 J-18.955	N215 X43.672 I4.672 J-.515	N254 X22.699 I-16.301 J-18.955
N177 X57.985 Y-30.907 I16.301 J-9.955	N216 G01 X48.443 Y-31.959	N255 X57.985 Y-30.907 I16.301 J-9.955
	N217 G03 X47.766 Y-29.338 I-9.443 J-1.041	
	N218 X30.234 I-8.766 J-12.662	

N256 G00 Z2.5	N299 G01 X39.	N346 G83 G98 R95.5 Z52.5 Q2.
N257 X43.672 Y-32.485	N300 G00 Z-22.5	F1101.555
N258 Z-22.25	N301 Z-24.25	N347 G80 Z118. M09
N259 G01 X46.672 F400.	N302 G01 Z-27. F400.	N348 G91 G28 Z0
N260 G03 X40.672 Z-23.75 I-3.	N303 X40.25	N349 G28 X0 Y0
J0	N304 G03 I-1.25 J0 F668.451	N350 M30
N261 X46.27 Y-33.985 Z-25. I3.	N305 I-1.25 J0	
J0	N306 G01 X39.	
N262 G01 X43.672 Y-32.485	N307 G00 Z-22.5	
N263 G03 X34.328 I-4.672 J-	N308 Z28. M09	
9.515 F465.528	N309 G91 G28 Z0	
N264 X43.672 I4.672 J-.515	N310 (10MM CRB 4FL BM 22	
N265 G01 X48.443 Y-31.959	LOC)	
N266 G03 X47.766 Y-29.338 I-	N311 M06 T20.0	
9.443 J-1.041	N312 S12000 M03	
N267 X30.234 I-8.766 J-12.662		
N268 X48.443 Y-31.959 I8.766 J-	N313 (Contour Mill2)	
3.662	N314 G90 G54 G00 X12. Y-33.	
N269 G01 X53.214 Y-31.433	N315 G43 Z3. H20 M08	
N270 G03 X51.575 Y-26.192 I-	N316 G01 Z-1. F400.	
14.214 J-1.567	N317 G02 I27. J0 F324.676	
N271 X26.425 I-12.575 J-15.808	N318 G00 Z3.	
N272 X53.214 Y-31.433 I12.575	N319 Z28. M09	
J-6.808	N320 G91 G28 Z0	
N273 G01 X57.985 Y-30.907	N321 (3.5mm SCREW MACH	
N274 G03 X55.301 Y-23.045 I-	DRILL)	
18.985 J-2.093	N322 M06 T06.0	
N275 X22.699 I-16.301 J-18.955	N323 S5002 M03	
N276 X55.301 I16.301 J-9.955		
N277 X22.699 I-16.301 J-18.955	N324 (Drill4)	
N278 X57.985 Y-30.907 I16.301	N325 G90 G54 G00 X6. Y-6.	
J-9.955	N326 G43 Z28. H06 M08	
N279 G00 Z2.5	N327 G83 G98 R3. Z-6.621 Q2.	
N280 Z28. M09	F600.241	
N281 G91 G28 Z0	N328 X9. Y-42.	
N282 (12MM CRB 2FL 25 LOC)	N329 X39. Y-66.	
N283 M06 T09.0	N330 X69. Y-42.	
N284 S3713 M03	N331 X72. Y-6.	
	N332 G80 Z28. M09	
N285 (Rough Mill5)	N333 G91 G28 Z0	
N286 G90 G54 G00 X39. Y-33.	N334 (25.0mm JOBBER DRILL)	
N287 G43 Z-22.5 H09 M08	N335 M06 T01.0	
N288 G01 Z-26.5 F400.	N336 S1432 M03	
N289 X40.25		
N290 G03 I-1.25 J0 F668.451	N337 (Drill1)	
N291 I-1.25 J0	N338 G90 G54 G00 X20.5 Y-12.5	
N292 G01 X39.	N339 G43 Z40. H01 M08	
N293 G00 Z-22.5	N340 G83 G98 R17.5 Z-25.5 Q2.	
N294 Z-24.	F53.715	
N295 G01 Z-26.75 F400.	N341 G80 Z40.	
N296 X40.25		
N297 G03 I-1.25 J0 F668.451	N342 (Drill2)	
N298 I-1.25 J0	N343 Z118.	
	N344 S8673	
	N345 X-20.5	