Ministério da Promoção de Investimentos e Fomento Empresarial
Direção Geral do Emprego

SISTEMA NACIONAL DE QUALIFICAÇÕES

Qualificação Profissional

Fabricação 3D

MET008_5

Família Profissional Metalomecânica

ÍNDICE DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

ABS — Material de impressão: ABS
BO — Boletim Oficial
CA — Critério de Avaliação
CD — Critério de Desempenho
CNP-CV — Classificação Nacional das Profissões – Cabo Verde
EC — Elemento de Competência
EPC — Equipamento de Proteção Coletiva
EPI — Equipamento de Proteção Individual
FDM — Modelação por deposição fundida
MF — Módulo Formativo
MET — Código da família profissional Metalomecânica / qualificação (MET008_5)
PLA — Material de impressão: PLA
RA — Resultado de Aprendizagem
SLA — Estereolitografia
SHST — Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho
SLS — Sinterização seletiva a laser
STL — Formato de ficheiro STL
UC — Unidade de Competência
UC-SNQ — Unidade de Coordenação do Sistema Nacional de Qualificações
UF — Unidade Formativa
VAT — Modelação baseada no tempo de polimerização / fotopolimerização em cuba

ÍNDICE

PERFIL PROFISSIONAL 4

UNIDADES DE COMPETÊNCIA (UC) 5

UC1: Determinar a tecnologia de fabrico 3D 5

UC2: Fabricar protótipos de ensaio, otimizando a topologia estrutural 7

UC3: Executar processos de modelação, laminação e impressão 3D 9

UC4: Executar processos de digitalização 3D e reparação de malhas digitais 11

UC5: Executar operações de acabamento em peças e componentes fabricados 13

UC6: Efetuar a manutenção em máquinas de fabricação 3D 16

PROGRAMA FORMATIVO DA QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL 20

MÓDULOS FORMATIVOS (MF) 21

MF1: Tecnologias de fabricação 3D 21

MF2: Fabrico de protótipos de ensaio e otimização da topologia estrutural 24

MF3: Modelação, laminação e impressão 3D 27

MF4: Digitalização 3D e reparação de malhas 34

MF5: Acabamento em peças e componentes fabricados. 38

MF5: Manutenção de equipamentos de fabricação 3D na ótica do utilizador 42

MÓDULO FORMATIVO EM CONTEXTO REAL DE TRABALHO 46

PERFIL PROFISSIONAL

MET008_5

FABRICAÇÃO 3D

<table>
<tr><th colspan="4">PERFIL PROFISSIONAL</th></tr>
<tr><td>Código</td><td>MET008_5</td><td>Denominação</td><td>Fabricação 3D</td></tr>
<tr><td>Nível</td><td>5</td><td>Família Profissional</td><td>Metalomecânica</td></tr>
<tr><td colspan="2">COMPETÊNCIA GERAL</td><td colspan="2">Projetar e conduzir a produção de peças através da fabricação 3D, utilizando a tecnologia de impressão aditiva, supervisionando ou realizando a montagem e a manutenção desses projetos, assegurando o cumprimento do design e qualidade, respeitando as normas de SHST e proteção ambiental.</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="7">UNIDADES DE COMPETÊNCIA</td><td>N.º</td><td>Denominação</td><td>Código</td></tr>
<tr><td>1</td><td>Determinar a tecnologia de fabrico 3D</td><td>UC443_5</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Fabricar protótipos de ensaio, otimizando a topologia estrutural</td><td>UC444_5</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Executar processos de modelação, laminação e impressão 3D</td><td>UC445_5</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Executar processos de digitalização 3D e reparação de malhas digitais</td><td>UC446_5</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Executar operações de acabamento em peças e componentes fabricados.</td><td>UC447_5</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Efetuar a manutenção em máquinas de fabricação 3D</td><td>UC448_5</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">AMBIENTE PROFISSIONAL</td><td colspan="3">Âmbito profissional:
Exerce a sua atividade profissional em departamentos relacionados com a manufatura de fabricação 3D, em entidades públicas ou privadas, e em empresas de qualquer dimensão, tanto autonomamente como por conta de outrem, independentemente da sua forma jurídica.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Sectores:
Setor da fabricação mecânica no subsetor da fabricação eletromecânica.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ocupações e postos de trabalho relacionados:
Não há equivalência no CNP-CV atual
Sugestões:
• Operador de fabricação 3D.
• Operador de fabricação aditiva.</td></tr>
</table>

UNIDADES DE COMPETÊNCIA (UC)

UC1: Determinar a tecnologia de fabrico 3D	
Código: UC443_5	**Nível: 5**

Elementos de Competência (EC) e Critérios de Desempenho (CD)

EC 1: Analisar o projeto da peça a imprimir, avaliando as vantagens e desvantagens da aplicação de técnicas de fabrico 3D, para garantir novas formas de produção de componentes.

CD 1.1. O conceito e o âmbito da manufatura 3D são definidos com base na sua aplicação aos processos de fabrico de materiais.

CD 1.2. O *design* da peça é analisado considerando o setor produtivo a que pertence, e os materiais e técnicas a utilizar para a sua possível fabricação.

CD 1.3. As fases comuns dos processos de impressão 3D são especificadas para avaliar o valor acrescentado deste tipo de fabrico.

CD 1.4. O tipo de objetos a imprimir é analisado, avaliando a sua complexidade e os limites da aplicação da tecnologia 3D.

CD 1.5. As limitações e dificuldades inerentes à manufatura 3D são determinadas pela criação de novos componentes aplicados a processos/setores industriais.

EC 2: Selecionar a técnica de impressão 3D com base no objeto a imprimir, considerando as suas características específicas e avaliando o seu nível de aplicação.

CD 2.1. As técnicas de impressão 3D são identificadas, considerando as suas características específicas, qualidades e potenciais defeitos.

CD 2.2. As tecnologias de impressão 3D são avaliadas com base na capacidade estrutural da peça gerada.

CD 2.3. As tecnologias de impressão 3D são avaliadas com base no resultado estético da peça gerada.

EC 3: Determinar os materiais de impressão a utilizar, considerando a técnica de impressão 3D selecionada, com base nas suas características estruturais.

CD 3.1. Os materiais utilizados na manufatura 3D são identificados com base nas tecnologias de impressão utilizadas para gerar a peça.

CD 3.2. Os materiais utilizados na fabricação 3D são selecionados, tendo em conta as tecnologias associadas às necessidades estruturais exigidas.

CD 3.3. Os materiais utilizados na fabricação 3D são selecionados, tendo em conta as tecnologias associadas às necessidades estéticas e de acabamento.

EC 4: Avaliar as características do setor económico, bem como os critérios de qualidade, SHST e proteção ambiental em que se enquadra a peça, garantindo a sua incorporação nos sistemas de gestão da produção das empresas.

CD 4.1. Os setores produtivos em que a manufatura 3D gera produtos acabados são identificados tendo em conta a relação entre os custos de impressão da peça, as suas características técnicas e estéticas e o tempo de produção, entre outros.

CD 4.2. Os setores produtivos nos quais a manufatura 3D gera ferramentas ou elementos auxiliares são identificados analisando as características técnicas e estéticas e o tempo de produção do objeto gerado, entre outros.

CD 4.3. As técnicas de fabricação 3D e os materiais utilizados são selecionados com base na peça a imprimir, tendo em conta o setor de aplicação.

CD 4.4. As necessidades estéticas e estruturais são adaptadas às técnicas de impressão aplicadas à peça a imprimir, considerando o seu papel no setor industrial.

CD 4.5. As tecnologias de impressão 3D aplicadas a peça a imprimir são avaliadas com base no

seu custo económico de implementação.

CD 4.6. Os critérios de qualidade, SHST e proteção ambiental das tecnologias de impressão 3D a aplicar na peça a imprimir são avaliados, considerando a sua incorporação nos sistemas de gestão da produção das empresas.

EC 5: Gerar peças pré-concebidas aplicando tecnologias de modelação por deposição fundida (FDM) e estere litografia (SLA) e impressão 3D de metal, entre outras, para avaliar a sua aplicação no fabrico de peças.

CD 5.1. Os *softwares* para a execução da laminação são selecionados com base nos parâmetros e nas licenças disponíveis.

CD 5.2. As possibilidades de orientação da peça a imprimir são avaliadas com base na utilização, tendo em conta o comportamento anisotrópico, as características de enchimento e os revestimentos e o suporte no laminado.

CD 5.3. As tecnologias FDM e SLA são aplicadas, utilizando um protótipo da peça para avaliar o mais rentável, comparando os resultados obtidos.

CD 5.4. A estética, a utilização funcional, a resistência e o acabamento da peça são avaliados com base nas tecnologias aplicadas e na peça gerada.

Contexto Profissional

Meios de produção

Máquinas de fabricação 3D: Impressoras 3D de modelação por deposição fundida (FDM), impressoras 3D de modelação baseada no tempo de polimerização (VAT), impressoras 3D de sinterização seletiva a laser (SLS), impressoras de fabricação 3D de metais. *Software* de *design* e modelação 3D. *Software* de laminação. Materiais de impressão 3D.

Produtos e resultados

Projeto da peça a imprimir, avaliado. Técnica de impressão 3D selecionada com base na peça a imprimir. Materiais de impressão 3D a utilizar determinadas. Características do setor económico avaliadas. Objetos gerados com recurso à modelação por deposição fundida (FDM), estereolitografia (SLA) e tecnologias de fabricação 3D de metais.

Informação utilizada ou gerada

Regulamentação sobre prevenção de riscos ocupacionais e proteção ambiental comparáveis à manufatura 3D. Normas de segurança para a utilização de máquinas e ferramentas. Manuais de instruções para máquinas de fabricação 3D. Princípios da acessibilidade e do design universal. Normas EN relacionadas com a manufatura 3D. Manuais do utilizador para *software* de modelação e *design* 3D.

UC2: Fabricar protótipos de ensaio, otimizando a topologia estrutural	
Código: UC444_5	**Nível: 5**

Elementos de Competência (EC) e Critérios de Desempenho (CD)

EC 1: Relacionar peças fabricados com recurso à fabricação 3D, analisando a sua estrutura e funções para a sua construção.

CD 1.1. As funções da estrutura são identificadas através da análise dos elementos que a compõem e das forças que nela atuam.

CD 1.2. As tensões estruturais, simples ou combinadas são identificadas conforme o tipo de esforços aplicados a cada elemento da estrutura e de acordo com as condições a que cada componente está submetido.

CD 1.3. As propriedades mecânicas dos materiais utilizados na fabricação 3D são determinadas considerando variáveis como a resistência, flexibilidade, dureza, entre outras.

CD 1.4. O comportamento anisotrópico dos objetos modelados através de técnicas de fabricação 3D é definido com base nas tensões estruturais que atuam na estrutura da peça.

CD 1.5. O posicionamento das peças durante o processo de fabricação é determinado pelas suas características e finalidade para garantir a sua qualidade e propriedades.

CD 1.6. O comportamento estrutural dos objetos fabricados utilizando técnicas de fabricação 3D é determinado com representações visualizadas de deformações, tensões, forças, entre outros.

EC 2: Calcular, através de ensaios físicos descritos, a resistência de objetos fabricados por impressão 3D para garantir a qualidade do produto final.

CD 2.1. Os processos de controlo de qualidade associados à fabricação 3D são definidos com base nas características internas e externas das impressões 3D e se estas cumprem os requisitos estruturais e de *design*.

CD 2.2. As normas europeias sobre procedimentos de ensaio são aplicadas na calibração de instrumentos, protocolos experimentais, recolha e interpretação de dados para garantir que os requisitos de SHST e proteção ambiental sejam cumpridos.

CD 2.3. As máquinas para realizar testes físicos são identificadas com base na sua finalidade.

CD 2.4. As normas relacionadas com a manufatura 3D são analisadas para estabelecer requisitos, diretrizes e recomendações, com uma compreensão detalhada do seu âmbito e aplicação aos processos.

CD 2.5. Os ensaios físicos, como a tração, a compressão e a absorção de humidade, entre outros, são realizados com corpos de prova feitos de diferentes materiais para garantir a resistência dos objetos fabricados, cumprindo as normas europeias em vigor.

EC 3: Gerar tipologias estruturais leves através de fabricação 3D, utilizando pacotes de *software* específicos para garantir a otimização topológica.

CD 3.1. As tipologias de estruturas leves são identificadas com base nas suas características, como a treliça ou o giroide, entre outras.

CD 3.2. Os *softwares* proprietários ou de código aberto para transformar modelos STL em estruturas leves são selecionados com base nos requisitos estruturais do modelo.

CD 3.3. As peças com uma estrutura leve são geradas através de *software* específico para posterior processamento.

CD 3.4. Os objetos são criados com diferentes tipos de preenchimento, dependendo da sua funcionalidade para gerar a estrutura com base em critérios de resistência estabelecidos.

CD 3.5. O tempo de impressão é calculado com base nas características do objeto: peso, área de superfície, volume, entre outros, para planear o processo de produção.

CD 3.6. A seleção dos materiais a utilizar no processo de impressão (pós, resinas, metais, entre outros) é feita através da análise das suas propriedades (resistência, flexibilidade, entre outras).

EC 4: Executar operações relacionadas com o processo de topologia estrutural, relacionando-o com a manufatura 3D, garantindo o cumprimento dos critérios de qualidade, SHST e proteção ambiental

CD 4.1. A otimização topológica estrutural é estabelecida como um método matemático que otimiza o projeto de materiais no âmbito de um determinado espaço de projeto, para um determinado conjunto de cargas, condições de contorno e restrições com o objetivo de maximizar o desempenho do sistema.

CD 4.2. A criação de estruturas complexas e a topologia estrutural estão relacionadas, identificando as suas vantagens: redução dos tempos de fabrico e de projeto, aumento da resistência mecânica do objeto, entre outras.

CD 4.3. O processo de otimização topológica é estabelecido em função do elemento sobre o qual se pretende atuar, tendo em conta o setor industrial em que vai ser aplicado.

CD 4.4. O processo de fabrico é realizado através do método de topologia estrutural, baseado na análise dos benefícios em termos de custos, eficiência e qualidade.

CD 4.5. O processo de transformação de um projeto pré-existente num projeto topologicamente modificado é planeado pela otimização estrutural do projeto pré-existente com base na tecnologia de fabricação 3D utilizada.

CD 4.6. As melhorias e poupanças resultantes da transformação de um projeto pré-existente através da otimização topológica são identificadas para o planeamento da qualidade e custos associados através de diversas técnicas de cálculo.

CD 4.7. As peças padrões e as suas versões otimizadas são geradas através de *software* de modelação 3D para realizar diversas análises comparativas entre eles, utilizando o *software* para calcular a variação de peso e o comportamento estrutural dos objetos.

CD 4.8. Os critérios de qualidade, SHST e proteção ambiental são aplicados durante o desenho da peça, através do processo de topologia estrutural.

Contexto Profissional

Meios de produção

Máquinas de fabricação 3D: Impressoras 3D de modelação por deposição fundida (FDM), impressoras 3D de modelação por polimerização (VAT) e impressoras 3D de sinterização seletiva a laser (SLS). Impressoras metálicas de leito de pó, impressoras de polímeros *Fusion Multijet*. Balanças e equipamentos de medição de propriedades mecânicas. *Software* para criação.

Estruturas leves. Software de modelação 3D. Corpos de prova fabricados por deposição fundida em diversos materiais: PLA, ABS, *nylon*, entre outros.

Produtos e resultados

Objetos relacionados fabricados por impressão 3D. Resistência de objetos impressos em 3D, descrita e calculada através de testes físicos. Tipos de estruturas leves geradas por impressão 3D. Processo de topologia estrutural definido.

Informação utilizada ou gerada

Regulamentação sobre prevenção de riscos ocupacionais e proteção ambiental comparáveis à manufatura aditiva. Normas de segurança para a utilização de máquinas e ferramentas. Equipamentos de proteção individual e coletiva. Manuais de instruções para máquinas de fabrico aditivo. Normas EN relacionadas com a manufatura aditiva. Manuais do utilizador para *software* de modelação e projeto 3D. Normas de ensaio: Norma Europeia.

UC3: Executar processos de modelação, laminação e impressão 3D	
Código: UC445_5	**Nível: 5**

Elementos de Competência (EC) e Critérios de Desempenho (CD)

EC 1: Utilizar *software* de *design* paramétrico, definindo ou redefinindo peças para impressão 3D, de acordo com os critérios de qualidade, SHST e proteção ambiental.

CD 1.1. Os *softwares* de *design* são identificados com base no tipo de peça.

CD 1.2. O desenho do conjunto e das suas partes é feito sequencialmente, gerando objetos digitais a partir da montagem das peças, mantendo a articulação dos movimentos.

CD 1.3. A funcionalidade do *design* é verificada com base nos requisitos funcionais da peça impresso, redesenhando-o ou editando o modelo 3D caso não sejam cumpridos.

CD 1.4. Os desenhos são migrados para suportes específicos utilizando o *software* necessário para a sua manipulação em programas de laminagem.

EC 2: Ajustar máquinas de fabricação 3D, e verificar as dimensões das peças para garantir que são exatas e confiáveis e confiáveis

CD 2.1. As ferramentas de medição e calibração analógicas e digitais são identificadas com base na sua utilização.

CD 2.2. O nónio é utilizado para fazer medições de precisão, alinhando-as e interpretando a escala.

CD 2.3. As ferramentas de medição e calibração são utilizadas aplicando procedimentos de calibração, garantindo a fiabilidade das características físicas da máquina de fabricação 3D.

CD 2.4. As ferramentas de precisão são utilizadas para fazer medições, escolhendo a ferramenta apropriada com base nas características do que está a ser medido.

CD 2.5. Os coeficientes de deformação dimensional em peças impressas são calculados utilizando métodos de análise baseados no seu projeto.

EC 3: Realizar reconstrução volumétrica de objetos 3D, partindo de imagens fotográficas para obter o desenho do objeto para posterior impressão.

CD 3.1. Os *softwares* específicos para a reconstrução 3D a partir de imagens fotográficas são identificados com base na sua utilização e finalidade.

CD 3.2. As etapas para a criação de objetos 3D a partir de fotografias são estabelecidas, seguindo a ordem definida pelo programa de reconstrução utilizado.

CD 3.3. A reconstrução volumétrica de um objeto é realizada a partir de retratos fotográficos de diferentes ângulos, utilizando técnicas de fotogrametria e modelação 3D.

EC 4: Utilizar *software* de fatiamento para gerar códigos G, permitindo a fabricação 3D da peça utilizando software específico de impressão.

CD 4.1. Os programas específicos de fatiamento 3D são identificados com base na sua utilização.

CD 4.2. Os elementos que influenciam a geração dos códigos G, bem como os que podem causar problemas, são reconhecidos através da utilização de programas de laminagem, realizando verificações e análises com os mesmos.

CD 4.3. O modelo impresso é analisado, compreendendo como os códigos G afetam a capacidade do projeto em possuir as características esperadas de dureza, resistência, estabilidade, entre outras, através da observação, análise e medição.

CD 4.4. As possíveis soluções para problemas de impressão 3D são determinadas utilizando e analisando programas de fatiamento e, em seguida, comparando as impressões 3D utilizando técnicas de observação, análise e medição de modelos.

CD 4.5. A técnica de fatiamento é caraterizado pela identificação de problemas e das soluções necessárias para otimizar os resultados, utilizando as anotações, ensaios ou medições efetuadas em processos anteriores.

EC 5: Identificar e editar ficheiros de código G para otimizar o processo de fabrico familiarizando-se com os parâmetros, comandos e elementos do *software* de impressão 3D.

CD 5.1. A estrutura de um código G é reconhecida pela análise dos parâmetros definidos no programa para a formação da impressão 3D.

CD 5.2. Os comandos que aparecem no código G são reconhecidos, sabendo indicar a que movimento, velocidade e posição se referem.

CD 5.3. Os modificadores que podem ser adicionados ao código G para executar funções específicas são identificados para adaptar a impressão 3D ao desenho, conseguindo a melhor qualidade de impressão possível, compreendendo como cada modificador influencia o resultado final

CD 5.4. As modificações num código G para adicionar alterações de filamento no meio da impressão são estabelecidas através da obtenção de peças com materiais, cores ou estruturas diferentes.

CD 5.5. As modificações num código G para recuperar uma impressão com falha são feitas através da análise de possíveis erros e da modificação de parâmetros no *software* de impressão 3D, identificando as implicações dessas alterações para atingir o resultado desejado.

Contexto Profissional

Meios de produção

Máquinas de fabricação 3D: impressoras 3D de modelação por fusão e deposição (FDM), impressoras 3D de modelação baseada no tempo de polimerização (VAT) e impressoras 3D de sinterização seletiva a laser (SLS). *Software* de projeto paramétrico. Ferramentas de medição e calibração para máquinas de fabrico aditivo: analógicas e digitais. Ferramentas de medição de precisão. *Software* de laminação. *Software* de edição de códigfo. *Software* de fotogrametria. *Software* para reconstrução volumétrica a partir de imagens fotográficas.

Produtos e resultados

Software de *design* paramétrico utilizado para definir ou redefinir objetos. Máquinas de fabricação 3D comissionadas. Reconstrução volumétrica de objetos 3D com base em imagens fotográficas. Programas de fatiamento utilizados para gerar códigos G. Ficheiros de estrutura e código G reconhecidos e editados, respetivamente.

Informação utilizada ou gerada

Normas sobre prevenção de riscos ocupacionais e proteção ambiental comparáveis à manufatura aditiva. Normas de segurança para a utilização de máquinas e ferramentas. Equipamentos de proteção individual e coletiva. Manuais de instruções para máquinas de fabrico aditivo. Normas EN relacionadas com a manufatura aditiva. Manuais de instruções para o projeto paramétrico. Manuais do utilizador para *software* de modelação e projeto 3D. Manuais de instruções para *software* de laminação. Manuais de instruções para fotogrametria. Manuais de instruções para reconstrução volumétrica a partir de imagens. Ficheiros em código G.

UC4: Executar processos de digitalização 3D e reparação de malhas digitais	
Código: UC446_5	**Nível: 5**

Elementos de Competência (EC) e Critérios de Desempenho (CD)

EC 1: Determinar os *scanners* a utilizar relacionando-os com as aplicações para as quais se utiliza para obter desenhos 3D, avaliando as características de cada um.

CD 1.1. As tipologias de digitalização 3D são determinadas através da comparação de cada uma delas com base nas suas características, tais como versatilidade, facilidade de utilização, *design*, qualidade, entre outras.

CD 1.2. Os princípios físicos envolvidos nas diferentes tecnologias aplicadas à digitalização 3D são avaliados com base nas necessidades do objeto que está a ser digitalizado.

CD 1.3. As aplicações de digitalização 3D são determinadas pela utilização, prática e estudo.

CD 1.4. As tipologias de digitalização são avaliadas tendo em conta as suas vantagens e limitações consoante as necessidades do objeto a digitalizar.

CD 1.5. O tipo de *scanner* 3D é selecionado com base nas aplicações pretendidas e nas necessidades industriais específicas, aplicando as características necessárias, como a precisão e a resolução do objeto a digitalizar, entre outras.

EC 2: Executar a digitalização, gerando um desenho tridimensional da peça, cumprindo as normas de qualidade SHST e proteção ambiental.

CD 2.1. O processo de digitalização dos diferentes sistemas é caracterizado pelas etapas específicas de cada técnica, tendo em conta as características de cada uma e determinando a que melhor se adapta para gerar o projeto tridimensional.

CD 2.2. Os problemas decorrentes da gestão de nuvens de pontos e dos processos matemáticos para a definição de superfícies por triangulação são determinados pelo estabelecimento do número de polígonos que irão compor o projeto.

CD 2.3. Os mecanismos necessários para digitalizar em 3D, a geometria, a textura e a cor dos objetos são determinados por *software* e ferramentas de digitalização específicas.

CD 2.4. Os termos específicos da técnica de digitalização 3D São definidos, estabelecendo a utilidade e o funcionamento de cada um dos seus componentes.

CD 2.5. Os processos de engenharia inversa são aplicados em ramos tecnológicos, tendo em conta as vantagens que esta técnica oferece, resultando em novos projetos e reduzindo os tempos de produção.

CD 2.6. A importância da digitalização 3D é avaliada para os processos de engenharia reversa, analisando as vantagens da obtenção de modelos 3D de objetos que não têm projetos prévios e a sua posterior reprodução à escala industrial.

EC 3: Digitalizar peças de impressão 3D para gerar o seu *design* utilizando *softwares* de fotogrametria, utilizando um scanner padrão.

CD 3.1. A nuvem de pontos é gerada a partir de fotografias do objeto nas posições estabelecidas através de um *software* de digitalização, de modo que seja obtido um número suficiente de pontos para gerar o objeto.

CD 3.2. A malha 3D é gerada a partir da nuvem de pontos, editando a malha e combinando-a para gerar um *design* orgânico utilizando um algoritmo matemático.

CD 3.3. As malhas 3D são corrigidas para gerar um *design* 3D tridimensional utilizando suavização, refinamento e outras técnicas.

CD 3.4. A malha torna-se uma peça sólida digital, preenchendo o volume interno do desenho obtido a partir da sobreposição de novas malhas.

CD 3.5. A informação sobre a geometria e as características da peça é recolhida, garantindo que as malhas e o preenchimento sólido formam uma peça estável, tendo em conta a sua

morfologia, através de análise.

CD 3.6. O ficheiro STL é gerado como resultado do processo, considerando as variáveis nele envolvidas.

EC 4: Utilizar aplicações móveis e *software* específico de fotogrametria para digitalizar objetos para impressão 3D e gerar o modelo tridimensional mais orgânico possível.

CD 4.1. O objeto é digitalizado para obter *designs* 3D, utilizando *software* específico de fotogrametria ou aplicações de fotografia para telemóveis.

CD 4.2. As malhas 3D geradas através de programas de digitalização 3D são corrigidas, refinadas e ligadas quando necessário, tendo em conta a morfologia da peça.

CD 4.3. O modelo tridimensional de cada malha é gerado a partir das digitalizações obtidas anteriormente, aplicando as edições realizadas para obter o desenho 3D.

CD 4.4. O modelo é planeado no formato estabelecido (normalmente STL), tendo em conta as características do objeto digitalizado.

CD 4.5. A qualidade da geometria e das texturas obtidas nas digitalizações são analisadas através da observação e comparação visual do *design* 3D com o objeto digitalizado.

EC 5: Reparar ficheiros STL danificados ou incompletos para criar *designs* de objetos 3D utilizando *software* de edição.

CD 5.1. A morfologia de uma malha STL é identificada através da utilização de um software específico de modelação 3D, observando o comportamento da malha triangular que gera a peça em três dimensões.

CD 5.2. Os erros de malha são identificados utilizando programas específicos de modelação 3D para os identificar e estabelecer um plano de ação para os resolver.

CD 5.3. A malha corrompida é reparada por novos triângulos, criando uma malha euclidiana, sem buracos, o mais semelhante possível ao desenho real.

CD 5.4. O conjunto de malhas é unido através de um *software* específico de edição 3D para criar modelo STL, gerando uma estrutura mais estável.

CD 5.5. A malha é orientada para o mesmo lado, invertendo os polígonos que a formam, mantendo a sua estrutura.

Contexto Profissional

Meios de produção

Máquinas de fabricação 3D. *Software* de *design* paramétrico. *Software* de laminação. *Software* de edição de código. *Software* de fotogrametria. *Software* de reconstrução volumétrica.

Imagens fotográficas. *Software* de digitalização 3D. Aplicações de fotogrametria 3D para telemóveis. *Software* de reparação e modelação 3D. Telemóvel. *Scanner* 3D.

Produtos e resultados

Os *scanners* utilizados para obter os desenhos 3D são determinados. A digitalização, gerando um desenho 3D da peça, é concluída. As peças para impressão 3D são digitalizados. São utilizadas aplicações móveis e *softwares* específicos de fotogrametria. Os ficheiros STL danificados ou incompletos são reparados.

Informação utilizada ou gerada

Normas SHST e proteção ambiental comparáveis à manufatura 3D. Normas SHST para a utilização de máquinas e ferramentas. Equipamentos de proteção individual e coletiva. Manuais de instruções para máquinas de fabrico 3D. Normas EN relacionadas com a manufatura 3D. Manuais de instruções para o projeto paramétrico. Manuais do utilizador para *software* de modelação e projeto 3D. Manuais de instruções para *software* de laminação. Manuais de instruções para fotogrametria. Manuais de instruções para reconstrução volumétrica a partir de imagens. Manuais de instruções para modelação e reparação 3D. Arquivos STL.

UC5: Executar operações de acabamento em peças e componentes fabricados	
Código: UC447_5	**Nível: 5**

Elementos de Competência (EC) e Critérios de Desempenho (CD)

EC 1: Construir peças de grandes dimensões utilizando impressoras de pequeno formato, utilizando *software* para separar peças e posteriormente uni-las no *design*.

CD 1.1. A peça é separada em elementos mais pequenos através de um *software* de *design* específico, tendo em conta os fatores estruturais e geométricos.

CD 1.2. O tipo de montagem entre as peças é avaliado para garantir uma união duradoura, tendo em conta os fatores estruturais e geométricos.

CD 1.3. As peças impressas do modelo são geradas através do método de fabricação 3D, atendendo às características técnicas e estéticas exigidas.

CD 1.4. As peças são montadas e coladas de acordo com o projeto inicial, após cada uma das zonas onde será feita a união ter sido impressa e polida.

CD 1.5. O alisamento de juntas e superfícies é feito tendo em conta os materiais e métodos de impressão utilizados, utilizando lixa ou acetona, entre outros.

CD 1.6. O acabamento é aplicado ao modelo, resultando numa peça impressa macia, lisa e uniforme.

EC 2: Aplicar tratamentos mecânicos superficiais pós-impressão, comparando-os com os acabamentos primários do processo para criar objetos com características estruturais e estéticas superiores às obtidas na impressão, cumprindo as normas de SHST estabelecidas para cada técnica.

CD 2.1. Os possíveis tratamentos mecânicos de superfície e a sua compatibilidade com os materiais de impressão comuns são determinados pelo material utilizado pela impressora 3D, como ABS, PLA, alumínio, titânio ou ligas, entre outros.

CD 2.2. Os procedimentos de acabamento manual são realizados de acordo com normas de SHST, utilizando equipamentos de proteção como máscaras e luvas, entre outros.

CD 2.3. Os processos de acabamento são realizados com recurso a equipamentos especializados em função do material utilizado e da qualidade exigida à peça 3D.

CD 2.4. Os processos de união são realizados através de técnicas adesivas, térmicas, ultrassónicas, aparafusadas, magnéticas e outras.

CD 2.5. Os procedimentos mecânicos de pós-impressão são identificados com as qualidades da superfície do objeto tratado, dependendo do material utilizado e da qualidade exigida.

CD 2.6. A qualidade do objeto impresso e as suas características técnicas e estéticas desejadas são determinadas pela comparação com o objeto primário, tendo em conta o material utilizado e a técnica utilizada para o gerar.

CD 2.7. Os riscos de SHST nos processos mecânicos de pós-impressão são identificados, tomando as medidas de proteção individual e coletiva necessárias e estabelecendo protocolos de atuação ao longo do processo.

EC 3: Realizar tratamentos superficiais térmicos e químicos após a impressão, para melhorar a resistência e a aparência das peças, cumprindo as normas de SHST estabelecidas para cada técnica.

CD 3.1. Os possíveis tratamentos térmicos e químicos de superfície e a sua compatibilidade com os materiais de impressão usuais, como o PLA (Ácido Polilático), o ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), o PETG (Poliéster Glicol), o alumínio, o titânio ou as ligas, entre outros, são determinados de acordo com as características da peça que se pretendem obter.

CD 3.2. Os procedimentos térmicos de soldadura alisamento de superfícies e termoformagem, são realizados sobre peças impressas respeitando as normas de SHST necessárias.

CD 3.3. Os procedimentos químicos de alisamento e colagem de superfícies para peças impressas são realizados com reconhecimento dos riscos de SHST e tomando as medidas necessárias.

CD 3.4. Os resultados dos processos de pós-processamento de superfície, térmico e químico são comparados com as superfícies primárias, determinando se a peça cumpre as características técnicas e estéticas exigidas.

EC 4: Determinar as tipologias de pós-processamento para obter a resistência ideal nos materiais de impressão utilizados, gerando objetos que satisfaçam os requisitos que determinam o acabamento, como fatores geométricos ou a técnica utilizada, entre outros.

CD 4.1. Os tipos de pós-processamento e de cura são determinados pelos processos industriais que os requerem, tendo em conta os materiais e os requisitos da peça.

CD 4.2. O processo de pós-processamento para o acabamento e endurecimento das resinas fotopoliméricas é determinado pelos materiais e requisitos da peça.

CD 4.3. O elemento impresso em resinas fotopoliméricas é gerado seguindo as características técnicas e estéticas exigidas.

CD 4.4. O pós-processamento para o endurecimento de um objeto impresso em resinas fotopoliméricas é realizado tendo em conta os custos e a qualidade do modelo de resina.

CD 4.5. O processo de manuseamento de pós poliméricos no pós-processamento de peças impressas em SLS é determinado pelas características da peça a construir, utilizando elementos de proteção como luvas ou máscara.

CD 4.6. O pós-processamento de peças metálicos utilizando técnicas como o jato de areia, lixagem ou polimento, entre outras, fabricados por sinterização direta do metal é determinado pelas características técnicas do objeto a imprimir.

CD 4.7. Os riscos de SHST nos processos de pós-processamento são determinados adotando as medidas de proteção individual e coletiva necessárias.

EC 5: Determinar os procedimentos de colagem e acabamento de peças impressas, designando o material e a técnica de impressão utilizados para a obtenção de peças estáveis e de elevada qualidade.

CD 5.1. As colas e os adesivos, relacionando-os com os materiais a que se destinam e as suas possíveis incompatibilidades químicas, são determinados com base no material utilizado e aplicados através de procedimentos operacionais próprios de cada técnica.

CD 5.2. Os acabamentos são determinados de acordo com os materiais a que se destinam e as suas possíveis incompatibilidades químicas com o material utilizado.

CD 5.3. As peças coladas de objetos impressos são geradas para obter juntas estáveis de um objeto maior, utilizando *software* de edição 3D.

CD 5.4. Os acabamentos em objetos impressos são gerados através de técnicas de pós-processamento dependendo do material a partir do qual foi gerado e das características desejadas do mesmo.

CD 5.5. As incompatibilidades químicas nos acabamentos são determinadas com base nos materiais utilizados.

EC 6: Detetar riscos associados à aplicação de técnicas de pós-processamento em processos de impressão, cumprindo as normas de SHST e proteção ambiental.

CD 6.1. Os riscos e perigos envolvidos no manuseamento de materiais, ferramentas, utensílios e máquinas de pós-processamento são determinados pelas normas de SHST, garantindo medidas de proteção individual e coletiva.

CD 6.2. As normas de SHST e proteção ambiental ao operar máquinas e ferramentas são respeitadas, mantendo a área de trabalho livre de riscos.

CD 6.3. As causas de acidentes que envolvam o manuseamento de produtos químicos, ferramentas, máquinas de corte e conformação, entre outros, são determinadas no local de trabalho, prevendo medidas de proteção individual e coletiva.

CD 6.4. Os elementos de segurança e os equipamentos de proteção individual e coletiva, como o calçado, a proteção ocular e o vestuário, entre outros, necessários às operações de pós-processamento, são determinados pelo estudo da utilidade de cada um e pela utilização prática dos mesmos.

CD 6.5. O manuseamento de produtos químicos, ferramentas e máquinas é realizado de acordo com as normas de SHST, estabelecendo protocolos de atuação e demonstrando a utilidade de cada uma delas.

CD 6.6. As potenciais fontes de contaminação ambiental são determinadas pelo estudo dos mecanismos de prevenção associados a cada tipo de perigo.

CD 6.7. Os resíduos gerados para eliminação seletiva são classificados de acordo com a sua origem, biodegradabilidade e composição.

CD 6.8. A ordem e a limpeza das instalações e equipamentos são estabelecidas como o primeiro fator na prevenção dos riscos.

CD 6.9. As incompatibilidades químicas em diferentes acabamentos são determinadas com base no material utilizado para impressão e nas características desejadas.

Contexto Profissional

Meios de produção

Máquinas de fabricação 3D: Impressoras 3D de modelação por deposição fundida (FDM), impressoras 3D de modelação baseada no tempo de polimerização (VAT) e impressoras 3D de sinterização seletiva a laser (SLS). *Software* de laminação. *Software* de *design* para preparação de peças. Grandes modelos 3D. Equipamentos especiais para acabamento mecânico. Colas e autocolantes. Materiais mais comuns utilizados na impressão 3D. Materiais mais comuns utilizados no pós-processamento.

Produtos e resultados

Grandes objetos construídos com impressoras de pequeno formato. Tratamentos mecânicos de superfície aplicados pós-impressão. Tratamentos térmicos e químicos de superfície pós-impressão realizados. Tipos de pós-processamento determinados. Procedimentos de colagem e acabamento para peças impressas determinados. Riscos associados à aplicação de técnicas de pós-processamento em processos de impressão identificados.

Informação utilizada ou gerada

Regulamentação sobre prevenção de riscos ocupacionais e proteção ambiental comparáveis aos processos de pós-processamento na manufatura aditiva. Regulamentações de segurança para a utilização de máquinas e ferramentas. Normas regulamentares para a gestão de resíduos ocupacionais comparáveis aos processos de pós-processamento na manufatura 3D. Equipamentos de proteção individual e coletiva. Manuais de instruções para máquinas de fabrico aditivo. Regulamentações EN relacionadas com a manufatura 3D. Manuais do utilizador para *software* de modelação e *design* 3D. Manuais de instruções para *software* de laminação.

UC6: Efetuar a manutenção em máquinas de fabricação 3D	
Código: UC448_5	**Nível: 5**

Elementos de Competência (EC) e Critérios de Desempenho (CD)

EC 1: Manter os sistemas de fabricação 3D, identificando elementos críticos e planeando a manutenção das máquinas prevenindo a ocorrência de possíveis falhas.

CD 1.1. Os elementos específicos, comuns e críticos de cada tecnologia de fabricação 3D são revistos, tendo em conta as suas vantagens e limitações.

CD 1.2. O planeamento da manutenção das impressoras 3D é feito tendo em conta possíveis falhas.

CD 1.3. O planeamento da manutenção para os processos profissionais de fabricação 3D é realizado de acordo com as necessidades de produção.

CD 1.4. O custo do planeamento da manutenção é avaliado com base nas necessidades de produção.

EC 2: Reparar os componentes de uma impressora padrão, identificando, desmontando e substituindo peças necessárias para manter o controlo da impressora e de cada um dos seus componentes, efetuando a manutenção, limpeza, ajuste, calibração, verificando o funcionamento das peças críticas e atualizando o *firmware*.

CD 2.1. Os componentes críticos de uma impressora 3D são reparados através de desmontagem e montagem, utilizando materiais selecionados, para que a funcionalidade da impressora não seja prejudicada.

CD 2.2. As partes críticas da impressora 3D são mantidas (limpeza, ajuste, calibração e testes operacionais, entre outros) utilizando materiais específicos para a tarefa, como uma chave de fendas, uma chave Allen e uma chave inglesa, entre outros.

CD 2.3. O modelo padrão para verificar a qualidade de impressão numa impressora 3D é a impressão, analisando se a peça resultante cumpre as características exigidas de dureza, resistência e flexibilidade, entre outras.

CD 2.4. O *firmware* para os vários tipos de máquinas de impressão 3D da oficina é instalado para receber as atualizações e *upgrades* fornecidos pelo fabricante.

EC 3: Definir problemas de calibração nos processos de impressão para otimizar a qualidade das peças resultantes, analisando os componentes da impressora que podem causar defeitos de impressão.

CD 3.1. Os mecanismos críticos que requerem calibração para as diversas tecnologias de fabrico 3D são identificados, destacando-se o nivelamento do leito e a calibração do motor de passo, entre outros.

CD 3.2. Os problemas de calibração com os vários tipos de máquinas de impressão 3D na oficina são identificados analisando as diferentes situações para propor métodos de prevenção para os evitar.

CD 3.3. O funcionamento das ferramentas de medição e calibração de precisão é determinado através da realização de uma operação de calibração precisa, com recurso a réguas e calibradores, entre outros.

CD 3.4. A metodologia de calibração para as impressoras 3D existentes na oficina é selecionada com base na tecnologia utilizada, sendo desenvolvido um protocolo para certificar a calibração da impressora.

CD 3.5. As impressoras 3D existentes na oficina são mantidas, calibradas e ajustadas para garantir a qualidade dos resultados de impressão.

CD 3.6. O modelo *standard* nas impressoras 3D calibradas e ajustadas é impresso para verificar a qualidade da impressão, verificando características como o tamanho, mobilidade, flexibilidade, resistência, entre outras, e verificando se correspondem às necessárias para

o funcionamento.

EC 4: Gerar peças 3D de qualidade, tendo em conta a velocidade de impressão e a otimização de recursos, de acordo com os parâmetros fornecidos pelo fabricante, utilizando *software* de impressão específico.

CD 4.1. O modelo tridimensional da peça é obtido através de *software* de modelação 3D, seja através de técnicas de digitalização ou através de projeto 3D.

CD 4.2. O modelo tridimensional é obtido no formato específico, normalmente STL, utilizando *software* de modelação 3D, compatível com programas de fatiamento.

CD 4.3. As informações sobre a geometria e as características da peça são recolhidas para estudo posterior, com base no resultado da impressão ao gerar suportes na estrutura.

CD 4.4. A peça é laminada utilizando *software* de modelação 3D proprietário ou de código aberto, obtendo uma simulação da impressão e criando o ficheiro G-code correspondente.

CD 4.5. A peça laminada é configurada de acordo com a sua funcionalidade, qualidade de acabamento, tempo de impressão e características específicas do material utilizado.

CD 4.6. A peça é orientada tendo em conta a sua funcionalidade, as características anisotrópicas do processo e a otimização do consumo de material.

EC 5: Determinar os custos da manufatura 3D, comparando as opções tecnológicas para a sua implementação na empresa.

CD 5.1. Os custos de projeto de um processo de fabricação 3D são determinados pelas tecnologias utilizadas e pela qualidade dos projetos exigidos.

CD 5.2. Os custos de produção de um processo de fabricação 3D são calculados com base no tipo de material e no tempo de impressão, entre outros fatores.

CD 5.3. Os custos de pós-produção de um processo de fabricação 3D são determinados pelas tecnologias utilizadas e pelas qualidades exigidas.

CD 5.4. Os custos dos sistemas de controlo de qualidade na produção de fabricação aditiva são calculados tendo em conta as tecnologias e os elementos utilizados.

CD 5.5. Os custos indiretos e de consumíveis da produção de fabricação 3D são determinados pela qualidade dos materiais de impressão e pelas tecnologias utilizadas.

CD 5.6. A premissa de implementação de uma tecnologia específica de fabricação 3D é gerada, seja ela aditiva, subtrativa, conformadora ou híbrida, entre outras, numa linha de fabrico industrial, determinando os custos específicos dessa tecnologia.

EC 6: Avaliar os riscos associados, as medidas e os equipamentos a utilizar, em conformidade com as normas de SHST e de proteção ambiental, para realizar a manutenção de máquinas de fabricação 3D.

CD 6.1. Os riscos e o nível de perigo representados pelo manuseamento de materiais, ferramentas, utensílios e máquinas, incluindo máquinas de impressão, são identificados com base no plano de prevenção de riscos profissionais.

CD 6.2. As máquinas e ferramentas de impressão são utilizadas em conformidade com as normas aplicáveis de SHST.

CD 6.3. As causas de acidentes que envolvam manuseamento de materiais, ferramentas, máquinas de corte e conformação, entre outros, são identificadas promovendo medidas para a sua prevenção.

CD 6.4. Os elementos de segurança e os equipamentos de proteção individual e coletiva (calçado, proteção ocular e vestuário, entre outros) necessários às operações de pós-processamento são identificados, detalhando a sua utilização para prevenir potenciais riscos.

CD 6.5. O manuseamento de produtos químicos, ferramentas e máquinas é realizado de acordo com as medidas SHST e proteção individual necessárias para evitar acidentes.

CD 6.6. As potenciais fontes de poluição ambiental são identificadas através da aplicação de boas práticas de proteção ambiental.

CD 6.7. Os resíduos gerados são classificados para eliminação seletiva de acordo com o seu tipo, como ABS (derivado de petróleo), PLA (de origem vegetal), metais, entre outros.

CD 6.8. A ordem e a limpeza das instalações e equipamentos são valorizadas como fator primordial na prevenção de riscos.

Contexto Profissional

Meios de produção

Máquinas de fabricação 3D: impressoras 3D de modelação por fusão e deposição (FDM), impressoras 3D de modelação baseada no tempo de polimerização (VAT) e impressoras 3D de sinterização seletiva a laser (SLS). Ferramentas de medição e calibração para máquinas de fabricação 3D: analógicas e digitais. Ferramentas de medição de precisão. *Software* de edição de código. *Firmware* mais comum para ferramentas de impressão 3D. Materiais mais comuns utilizados na impressão 3D.

Produtos e resultados

Sistemas de fabricação 3D mantidos. Componente standard da impressora reparados. Problemas de calibração em processos de impressão definidos. Peças 3D de qualidade gerados. Custos de fabrico 3D determinados. Riscos associados, medidas e equipamentos a utilizar, em conformidade com as normas de SHST avaliados.

Informação utilizada ou gerada

Regulamentação sobre prevenção de riscos ocupacionais e proteção ambiental comparáveis à manufatura 3D. Normas de segurança para a utilização de máquinas e ferramentas. Equipamentos de proteção individual e coletiva. Legislação que rege a gestão de resíduos. Manuais de instruções para máquinas de fabrico aditivo. Normas EN relacionadas com a manufatura 3D. Relatório sobre os custos de produção diretos e indiretos na manufatura 3D: relatório de custos de modelação em impressão 3D, relatório de custos de execução em impressão 3D, relatório de custos de materiais em impressão 3D e relatório de custos de acabamento pós-processamento

PROGRAMA FORMATIVO ASSOCIADO AO PERFIL PROFISSIONAL

MET008_5

FABRICAÇÃO 3D

PROGRAMA FORMATIVO DA QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL			
Código: MET008_5	**Denominação**	Fabricação 3D	
Nível: 5	**Família Profissional**	Metalomecânica	
Duração indicativa	1.150 Horas		
Unidades de Competência	**N.º**	**Denominação**	**Código**
	1	Determinar a tecnologia de fabrico 3D	UC443_5
	2	Fabricar protótipos de ensaio, otimizando a topologia estrutural	UC444_5
	3	Executar processos de modelação, laminação e impressão 3D	UC445_5
	4	Executar processos de digitalização 3D e reparação de malhas digitais	UC446_5
	5	Executar operações de acabamento em peças e componentes fabricados.	UC447_5
	6	Efetuar a manutenção em máquinas de fabricação 3D	UC448_5

MÓDULOS FORMATIVOS			**UNIDADES FORMATIVAS**	
N.º	**Denominação**	**Código**	**Denominação**	**Código**
1	Tecnologias de fabrico 3D (120h)	MF443_5		
2	Fabrico de protótipos de ensaio e otimização da topologia estrutural (120h)	MF444_5	---	---
3	Modelação, laminação e impressão 3D (350h)	MF445_5	Ferramentas de modelação 3D (240h)	UF513
			Processos de laminação e impressão 3D (110 h)	UF514
4	Digitalização 3D e reparação de malhas digitais (90h)	MF446_5	---	---
5	Acabamento em peças e componentes fabricados. (50h)	MF447_5	---	---
6	Manutenção de equipamentos de fabricação 3D na ótica do utilizador (60h)	MF448_5	---	---
MT_MET008		Módulo Formativo em Contexto Real de Trabalho (360 horas)		

Obs. Um Módulo Formativo pode estar estruturado em unidades de formação mais pequenas, denominadas Unidades Formativas (cf. Página 86, Manual de Procedimentos)

MÓDULOS FORMATIVOS (MF)

MF1: Tecnologias de fabricação 3D		
Código: MF443_5	**Nível: 5**	**Duração Mínima:** 120 Horas
Associado à UC443_5: Determinar a tecnologia de fabrico 3D.		

Resultados de Aprendizagem (RA) e Critérios de Avaliação (CA)

RA1: Avaliar o projeto das peças a imprimir, avaliando as vantagens e desvantagens da aplicação de técnicas de fabricação 3D.

- **CA 1.1.** Explicar o conceito e o âmbito de fabrico 3D aditivo aplicado aos processos de fabrico de materiais.
- **CA 1.2.** Analisar o design da peça, considerando o setor produtivo e os materiais e técnicas necessários à sua possível fabricação.
- **CA 1.3.** Especificar as fases típicas dos processos de impressão 3D e o valor acrescentado no uso deste tipo de fabricação.
- **CA 1.4.** Analisar o tipo de peça a imprimir, avaliando a sua complexidade e as limitações que a aplicação da tecnologia de fabricação 3D pode apresentar.
- **CA 1.5.** Determinar as limitações e dificuldades inerentes à manufatura 3D na criação de novos componentes aplicados a processos/setores industriais.

RA2: Selecionar a técnica de impressão 3D em função da peça a imprimir, considerando as suas características específicas.

- **CA 2.1.** Selecionar a tecnologia de impressão 3D conforme o material necessário para a peça.
- **CA 2.2.** Escolher a técnica de acordo com o nível de detalhe e complexidade do modelo.
- **CA 2.3.** Avaliar se a técnica escolhida é economicamente adequada ao tipo de produção.
- **CA 2.4.** Identificar as técnicas de impressão 3D considerando as suas características específicas, qualidades e potenciais defeitos.
- **CA 2.5.** Avaliar as tecnologias de impressão 3D em função da capacidade estrutural do objeto gerado.
- **CA 2.6.** Avaliar as tecnologias de impressão 3D em função do resultado estético do objeto gerado.

RA3: Determinar os materiais de impressão a utilizar, considerando a técnica de impressão 3D mais adequada para a utilização prevista da peça.

- **CA 3.1.** Identificar os materiais a utilizar na fabricação 3D em função das tecnologias de impressão aditiva aplicadas à produção da peça.
- **CA 3.2.** Selecionar os materiais utilizados na manufatura 3D, tendo em conta as tecnologias associadas e as necessidades estruturais exigidas.
- **CA 3.3.** Verificar se o material selecionado é compatível com a tecnologia de impressão utilizada.
- **CA 3.4.** Analisar a escolha do material considerando custos e eficiência do processo de fabricação.
- **CA 3.5.** Selecionar os materiais utilizados no fabrico 3D, tendo em conta as tecnologias associadas e as necessidades estéticas e de acabamento.

RA4: Avaliar as características do setor económico onde se insere a peça a imprimir com recurso à técnica de impressão 3D, garantindo a sua plena integração nos sistemas de gestão de produção das empresas.

- **CA 4.1.** Identificar corretamente áreas produtivas em que a manufatura aditiva/impressão 3D é utilizada para a produção de produtos acabados.

CA 4.2. Analisar as características técnicas, funcionais e estéticas dos objetos produzidos através da manufatura 3D.

CA 4.3. Avaliar a relação entre custos de impressão, materiais utilizados, tempo de produção, qualidade final e valor acrescentado do processo de fabricação.

CA 4.4. Identificar os setores produtivos em que a manufatura 3D gera ferramentas ou elementos auxiliares, avaliando as características técnicas, estéticas e de tempo de produção do objeto gerado, entre outras.

CA 4.5. Selecionar as técnicas de fabrico 3D e os materiais a utilizar com base no tipo de peça a imprimir, tendo em conta o setor de aplicação.

CA 4.6. Relacionar as necessidades estéticas e estruturais com as técnicas de impressão a aplicar na peça, considerando o seu papel no setor industrial.

CA 4.7. Avaliar as tecnologias de impressão 3D a aplicar na peça a imprimir com base nos seus custos de implementação.

CA 4.8. Avaliar os critérios de qualidade, SHST e proteção ambiental aplicados a cada uma das tecnologias de impressão 3D a imprimir, considerando a sua incorporação nos sistemas de gestão da produção das empresas.

RA5: Gerar objetos pré-concebidos, aplicando tecnologias de modelação por disposição fundida (FDM), estere otografia (SLA) e impressão 3D em metais para avaliar a sua aplicação no fabrico de peças, de acordo com as normas de SHST

CA 5.1. Selecionar softwares de laminação com base nos parâmetros disponíveis e nas licenças existentes.

CA 5.2. Preparar corretamente o modelo digital e configurar os parâmetros de impressão de acordo com as características da peça a fabricar.

CA 5.3. Selecionar adequadamente os materiais e a tecnologia de impressão 3D em função da aplicação da peça.

CA 5.4. Avaliar a orientação do objeto, o comportamento anisotrópico, as características de enchimento, os revestimentos e as estruturas de suporte no processo de impressão por laminação, em função da aplicação e utilização da peça a fabricar.

CA 5.5. Empregar tecnologias de modelagem por FDM e Fotopolimerização em cuba (VAT), num protótipo da peça para avaliar a mais rentável, comparando os resultados obtidos.

CA 5.6. Avaliar a estética, a utilização funcional, a resistência e o acabamento da peça com base nas tecnologias aplicadas e no objeto gerado.

Outras capacidades:

Assumir a responsabilidade pelo trabalho que realiza e por atingir os objetivos.

Demonstrar um certo grau de autonomia na resolução de contingências relacionadas com o seu trabalho. Comunicar eficazmente com as pessoas certas em todos os momentos.

Demonstrar flexibilidade para compreender as mudanças.

Demonstrar uma atitude de respeito pelos colegas, pelos procedimentos e pelas normas internas da empresa.

Implementar eficazmente o princípio da igualdade de tratamento e da não discriminação nas condições de trabalho entre mulheres e homens.

Conteúdos

1. Fabricação 3D

1.1. Fabrico 3D de forma aditiva.

1.2. Setores de aplicação da manufatura 3D de forma aditiva.

1.3. Processos e etapas da impressão 3D.

1.4. Manufatura 3D de forma aditiva e a criação de estruturas complexas.

1.5. Limites da manufatura aditiva.

2. Técnicas de impressão 3D

2.1. Características técnicas da impressão 3D:

2.1.1. Estruturais;

2.1.2. Estéticas.

2.2. Técnicas de impressão 3D:

2.2.1. FDM (Fused Deposition Modeling);

2.2.2. VAT (Resinas Foto poliméricas);

2.2.3. VAT (Sinterização Seletiva a Laser);

2.2.4. Outras tecnologias.

2.3. Seleção dos materiais associados às técnicas de impressão:

2.3.1. Materiais utilizados na impressão 3D:

2.3.1.1. Materiais relacionados com cada tecnologia,

2.3.1.2. Materiais estruturais e necessidades,

2.3.1.3. Materiais estéticos e de acabamento e necessidades.

2.4. Determinar as necessidades dos setores de produção ligados à impressão 3D:

2.4.1. Tipos de elementos gerados nos diferentes setores de produção (produtos acabados, ferramentas e elementos auxiliares);

2.4.2. Necessidades estéticas e estruturais específicas dos setores de produção;

2.5. Custo de implementação das diversas tecnologias de impressão 3D.;

3. Desenvolvimento de objetos pré-concebidos com tecnologias FDM e SLA

3.1. Gabaritos, elementos auxiliares, ferramentas associadas:

3.1.1. Laminação por impressão 3D com software proprietário,

3.1.2. Laminação por impressão 3D com software livre,

3.1.3. Orientação e possível comportamento anisotrópico das peças,

3.1.4. Laminação com tecnologia FDM e SLA,

3.1.5. Técnicas de impressão 3D ligadas à utilização estética ou funcional dos objetos,

3.1.6. Resistência e acabamento dos objetos produzidos com tecnologia FDM e SLA.

MF2: Fabrico de protótipos de ensaio e otimização da topologia estrutural		
Código: MF444_5	**Nível: 5**	**Duração:** 120 Horas
Associado à UC444_5: Fabricar protótipos de ensaio, otimizando a topologia estrutural.		

Resultados de Aprendizagem (RA) e Critérios de Avaliação (CA)

RA1: Relacionar objetos fabricados através de impressão 3D, analisando a sua estrutura e funções.

CA 1.1. Identificar as funções de uma estrutura, analisando os seus elementos constituintes e as forças que nela atuam.

CA 1.2. Relacionar as tensões estruturais simples e combinadas que atuam nos elementos da estrutura com o tipo de forças e esforços mecânicos a que estão sujeitos.

CA 1.3. Estabelecer propriedades mecânicas dos materiais utilizados no fabrico 3D÷ (resistência, flexibilidade, dureza, entre outras), de acordo com o seu comportamento.

CA 1.4. Definir o comportamento anisotrópico de objetos modelados, utilizando técnicas de impressão 3D com base nas tensões estruturais que atuam na estrutura da peça.

CA 1.5. Determinar o posicionamento das peças durante o processo de fabrico.

CA 1.6. Analisar o comportamento estrutural de objetos impressos, interpretando as representações visuais de deformações, tensões, forças e outros esforços mecânicos que influenciam o desempenho da peça.

RA2: Calcular a resistência de objetos fabricados por impressão 3D, realizando ensaios físicos, garantido a qualidade do produto final.

CA 2.1. Definir processos de controlo da qualidade ligados à manufatura 3D.

CA 2.2. Aplicar as normas e procedimentos de SHST durante a preparação, execução e análise de ensaios físicos em peças fabricadas por impressão 3D.

CA 2.3. Identificar máquinas para realizar testes físicos com base nas suas finalidades.

CA 2.4. Analisar as normas da qualidade em relação à manufatura 3D.

CA 2.5. Realizar ensaios físicos (tração, compressão e absorção de humidade, entre outros) em provetes de diferentes materiais, de acordo com as normas de SHST em vigor.

RA3: Gerar estruturas leves através da fabricação 3D, utilizando software de design específico para garantir otimização topológica.

CA 3.1. Identificar tipos de estruturas leves, com base nas suas características geométricas e funcionais.

CA 3.2. Selecionar programas proprietários ou de código aberto para transformar modelos estereolitograficos (STL) em estruturas leves com base nas necessidades técnicas e estruturais da peça a fabricar.

CA 3.3. Gerar objetos com estrutura leves utilizando software específico para depois serem preparados para outras etapas do fabrico.

CA 3.4. Gerar peças com diferentes tipos de enchimento, tendo em conta a funcionalidade da peça impressa.

CA 3.5. Calcular o tempo de impressão com base nas características da peça (peso, área de superfície, volume, entre outros).

CA 3.6. Reconhecer os tipos dos materiais utilizados no processo de impressão, identificando as suas propriedades e aplicações.

RA4: Aplicar processos de topologia estrutural, relacionando-os com o fabrico 3D, de acordo com as normas de Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho (SHST), garantindo a utilização segura de equipamentos, materiais e procedimentos técnicos.

CA 4.1. Descrever os critérios de qualidade, SHST e proteção ambiental a considerar no projeto, consultando as diversas normas existentes.

CA 4.2. Definir o comportamento mecânico das peças obtidas por impressão 3D.

CA 4.3. Relacionar a criação de estruturas complexas com a topologia estrutural, identificando as suas vantagens.

CA 4.4. Identificar setores produtivos em que a topologia estrutural é um elemento-chave do projeto fundamentando a sua relevância.

CA 4.5. Analisar casos reais da aplicação da topologização estrutural avaliando a sua eficácia e resultados.

CA 4.6. Identificar melhorias e poupanças derivadas da transformação de um projeto pré-existente, através da topologização, fazendo uso de diversas técnicas de cálculo.

CA 4.7. Gerar peças impressas standard e a sua versão topologizada, utilizando um software de modelação 3D, calculando a variação de peso e o comportamento estrutural das peças topologizadas.

Conteúdos

1. **Projeto de estruturas leves**:

1.1. Funções das estruturas.

1.2. Tensões em estruturas:

1.2.1. Tensões em estruturas Simples

1.2.2. Tensões em estruturas combinadas.

1.3. Propriedades mecânicas dos materiais no fabrico 3D.

1.4. Comportamento anisotrópico dos objetos fabricados por impressão.

1.5. Comportamento estrutural dos objetos fabricados por impressão.

1.6. Posicionamento de peças no processo de fabrico 3D.

1.7. Identificação dos tipos de estruturas leves em fabrico 3D:

1.7.1. Tipos de estruturas leves:

1.7.1.1. Treliça,

1.7.1.2. Grade t,

1.7.1.3. Grade ISO, giroide,

1.7.1.4. Fractal, entre outros;

1.7.2. Software para criação de estruturas leves

1.7.2.1. Software de design 3D generativo;

1.7.2.2. Peças com estruturas leves e tipos de enchimento;

2. **Caracterização de ensaios físicos em fabrico aditivo**

2.1. Controlo de qualidade na manufatura aditiva.

2.2. Regulamentação dos ensaios:

2.2.1. Norma europeia.

2.2.2. Normas relacionadas com a manufatura aditiva.

2.3. Laboratório de testes de fabrico 3D.

2.4. Equipamentos de teste.

2.5. Provetes para modelação por deposição fundida, fabricados em diversos materiais:

2.5.1. PLA,

2.5.2. ABS,

2.5.3. Nylon, entre outros.

2.6. Ensaios comparativos:

2.6.1. Tração,

2.6.2. Compressão

2.6.3. Absorção de humidade.

2.6.4. Outros testes físicos;

3. Determinação da topologização estrutural na manufatura 3D.

3.1. Topologização estrutural.

3.2. Topologização e estruturas complexas.

3.3. Topologia estrutural em diferentes setores produtivos.

3.4. Topologia e redução de custos no processo produtivo.

3.5. Topologização e comportamento estrutural de peças.

3.6. Diferenças entre peças standard e topologizadas.

3.7. Software de Topologização Estrutural.

3.8. Software de Design 3D Generativo.

Requisitos Básicos do Contexto Formativo do Módulo

Espaços:

Os espaços onde deve decorrer o contexto formativo devem preencher os requisitos básicos estipulados pelo Sistema de Acreditação das Entidades Formadoras. (cf. Decreto-Lei nº6/2013, de 11 de fevereiro; Boletim Oficial nº9; I Série).

Professor(a) / Formador(a):

- O(A) professor(a) ou formador(a) deve possuir um Certificado de Aptidão Profissional que prove que o mesmo é detentor de formação pedagógica na abordagem por competências, segundo a lei.
- O(A) professor(a) ou formador(a) deve ter a formação técnica relacionada com os conteúdos do Módulo Formativo.
- O(A) professor(a) ou formador(a) deve ter experiência profissional, mínima de 3 anos, comprovada nas competências incluídas na Unidade de Competência associada ao Módulo Formativo.

Requisitos de Acesso ao Módulo Formativo

As condições de acesso ao módulo formativo constam no BO nº 20, I Série, Portaria Conjunta nº 09/2020 de 20 de fevereiro - Estrutura e Organização do Catálogo Nacional de Qualificações e Portaria Conjunta nº 10/2020 de 20 de fevereiro - Quadro Nacional de Qualificações.

MF3: Modelação, laminação e impressão 3D		
Código: MF445_5	**Nível: 5**	**Duração: 350** Horas
Associado à UC445_5: Executar processos de modelação, laminação e impressão 3D		

Este MF é subdividido nas seguintes Unidades Formativas:

		Código
■ Unidade Formativa 1:	Ferramentas de modelação 3D	UF513
■ Unidade Formativa 2:	Processos de laminação e impressão 3D	UF514

Unidade Formativa 1: Ferramentas de modelação 3D (UF513) - 240h

Resultados de Aprendizagem (RA) e Critérios de Avaliação (CA)

RA1: Identificar os principais softwares e ferramentas utilizados na modelação 3D aplicada ao fabrico aditivo.

CA 1.1. Identificar os diferentes tipos de softwares utilizados na modelação 3D, distinguindo as suas principais aplicações nos processos de fabrico digital e impressão 3D.

CA 1.2. Reconhecer as ferramentas básicas de desenho, edição e visualização disponíveis num software de modelação 3D.

CA 1.3. Interpretar corretamente os elementos da interface gráfica, incluindo menus, barras de ferramentas, áreas de trabalho e sistemas de coordenadas.

CA 1.4. Distinguir softwares de modelação paramétrica, modelação orgânica e modelação baseada em malhas, relacionando-os com diferentes finalidades produtivas.

CA 1.5. Aplicar procedimentos básicos de configuração do ambiente de trabalho, preparando o software para o desenvolvimento de modelos tridimensionais.

RA2: Criar modelos tridimensionais simples utilizando ferramentas básicas de desenho e modelação digital, cumprindo as normas de SHST e proteção ambiental.

CA 1.1. Desenvolver modelos tridimensionais simples a partir de esboços e formas geométricas básicas, respeitando as dimensões definidas.

CA 1.2. Aplicar corretamente ferramentas de desenho 2D e operações de transformação para criar modelo tridimensionais funcionais.

CA 1.3. Utilizar comandos de extrusão, revolução, corte e união para construir modelos digitais adequados ao processo de impressão 3D.

CA 1.4. Ajustar dimensões, alinhamentos e proporções do modelo digital de acordo com os requisitos técnicos estabelecidos.

CA 1.5. Verificar a coerência geométrica do objeto criado, assegurando que o modelo apresenta formas corretas e funcionais.

RA3: Aplicar técnicas básicas de modelação paramétrica na criação e modificação de peças digitais.

CA 1.1. Definir parâmetros geométricos e dimensionais que permitam controlar a forma e o comportamento do modelo digital.

CA 1.2. Modificar modelos tridimensionais através da alteração de parâmetros, mantendo a integridade geométrica da peça.

CA 1.3. Relacionar dimensões e restrições geométricas para garantir a estabilidade e

funcionalidade do modelo criado.

CA 1.4. Aplicar corretamente ferramentas de edição paramétrica para melhorar a criação, ajuste e otimização de peças digitais.

CA 1.5. Verificar se as alterações efetuadas no modelo respeitam os requisitos técnicos e funcionais previstos para a peça.

RA4: Preparar modelos digitais para processos de impressão 3D e fabrico aditivo.

CA 1.1. Exportar modelos tridimensionais em formatos compatíveis com softwares de preparação e impressão 3D.

CA 1.2. Verificar a existência de erros geométricos, superfícies abertas ou falhas de malha antes da exportação do ficheiro.

CA 1.3. Ajustar a escala, orientação e posicionamento do objeto digital em função do processo de fabrico pretendido.

CA 1.4. Selecionar configurações adequadas de exportação para garantir a qualidade e integridade do modelo digital.

CA 1.5. Confirmar se o ficheiro final está corretamente preparado para utilização em equipamentos de fabrico aditivo.

RA5: Modificar e otimizar modelos tridimensionais de acordo com requisitos técnicos e funcionais.

CA 1.1. Alterar formas, dimensões e características geométricas do modelo digital em função das necessidades do projeto.

CA 1.2. Aplicar técnicas básicas de otimização estrutural e redução de material sem comprometer a funcionalidade da peça.

CA 1.3. Ajustar o design do objeto considerando limitações técnicas associadas ao processo de impressão 3D.

CA 1.4. Comparar diferentes versões do modelo digital, avaliando alterações de peso, resistência e desempenho estrutural.

CA 1.5. Verificar se o modelo otimizado mantém as condições necessárias para a sua utilização e produção.

RA6: Aplicar boas práticas de organização, segurança e gestão digital no desenvolvimento de modelos 3D.

CA 1.1. Organizar corretamente ficheiros, projetos e versões digitais utilizados durante o processo de modelação 3D.

CA 1.2. Aplicar corretamente os procedimentos básicos de segurança e ergonomia na utilização de equipamentos informáticos e de softwares de modelação.

CA 1.3. Gerir corretamente os formatos de ficheiros utilizados em processos de desenho, modelação e impressão 3D.

CA 1.4. Utilizar nomenclaturas e métodos de armazenamento adequados para facilitar a identificação e reutilização dos projetos digitais.

CA 1.5. Manter o ambiente de trabalho digital organizado, garantindo a integridade e segurança dos ficheiros desenvolvidos

Conteúdos

1. Introdução à Modelação 3D.

1.1. Conceito de modelação tridimensional

1.2. Aplicações da modelação 3D no fabrico aditivo

1.3. Áreas de utilização da modelação 3D na indústria e educação

1.4. Tipos de modelação 3D

1.4.1. Modelação paramétrica
1.4.2. Modelação orgânica
1.4.3. Modelação por malha

2. Softwares de Modelação 3D.

2.1. Principais softwares utilizados na modelação 3D
2.2. Características e aplicações dos softwares CAD 3D
2.3. Interface gráfica e ambiente de trabalho
2.4. Configuração inicial do software
2.5. Gestão de ficheiros e projetos digitais

3. Ferramentas Básicas de Desenho e Modelação.

3.1. Criação de esboços 2D
3.2. Sistemas de coordenadas e planos de trabalho
3.3. Ferramentas de desenho geométrico
3.4. Aplicação de cotas e restrições geométricas
3.5. Ferramentas de seleção e edição

4. Operações de Construção de Modelos 3D.

4.1. Extrusão de perfis
4.2. Revolução de perfis
4.3. Corte e remoção de material
4.4. União e combinação de sólidos
4.5. Arredondamentos e chanfraduras
4.6. Espelhamento e padrões geométricos

5. Modelação Paramétrica

5.1. Conceito de modelação paramétrica
5.2. Definição de parâmetros e relações geométricas
5.3. Alteração de dimensões e propriedades do modelo
5.4. Atualização automática de modelos paramétricos
5.5. Modificação e adaptação de peças digitais

6. Edição e Otimização de Modelos 3D

6.1. Técnicas básicas de edição de modelos
6.2. Ajuste de formas e dimensões
6.3. Otimização estrutural básica
6.4. Redução de material em peças digitais
6.5. Verificação funcional do modelo

7. Preparação de Modelos para Impressão 3D

7.1. Formatos de ficheiros para fabrico 3D aditivo
7.1.1. STL
7.1.2. OBJ
7.1.3. 3MF

7.2. Exportação de modelos digitais

7.3. Verificação e correção de erros geométricos

7.4. Escala, orientação e posicionamento do objeto

7.5. Compatibilidade com softwares de slicing

8. Organização e Gestão Digital

8.1. Organização de projetos e ficheiros digitais

8.2. Métodos de armazenamento e backup

8.3. Nomenclatura de ficheiros

8.4. Gestão de versões de projetos

9. Segurança e Ergonomia

9.1. Boas práticas na utilização de equipamentos informáticos

9.2. Ergonomia no posto de trabalho digital

9.3. Segurança no uso de softwares e equipamentos associados

9.4. Organização do ambiente de trabalho digital

10. Atividades Práticas de desenvolvimento e execução de diversos projetos de modelação digital

10.1. Criação de peças tridimensionais simples

10.2. Modificação de modelos paramétricos

10.3. Preparação de ficheiros para impressão 3D

10.4. Desenvolvimento de projetos básicos de modelação 3D

10.5. Exportação e validação de modelos digitais para fabrico 3D aditivo

Requisitos Básicos do Contexto Formativo do Módulo

Espaços:

Os espaços onde deve decorrer o contexto formativo devem preencher os requisitos básicos estipulados pelo Sistema de Acreditação das Entidades Formadoras. (cf. Decreto-Lei nº6/2013, de 11 de fevereiro; Boletim Oficial nº9; I Série).

Professor(a) / Formador(a):

- O(A) professor(a) ou formador(a) deve possuir um Certificado de Aptidão Profissional que prove que o mesmo é detentor de formação pedagógica na abordagem por competências, segundo a lei.
- O(A) professor(a) ou formador(a) deve ter a formação técnica relacionada com os conteúdos do Módulo Formativo.
- O(A) professor(a) ou formador(a) deve ter experiência profissional, mínima de 3 anos, comprovada nas competências incluídas na Unidade de Competência associada ao Módulo Formativo.

Requisitos de Acesso ao Módulo Formativo

As condições de acesso ao módulo formativo constam no BO nº 20, I Série, Portaria Conjunta nº 09/2020 de 20 de fevereiro - Estrutura e Organização do Catálogo Nacional de Qualificações e Portaria Conjunta nº 10/2020 de 20 de fevereiro - Quadro Nacional de Qualificações.

Unidade Formativa 2: Processos de laminação e impressão 3D (UF514) - 110h

Resultados de Aprendizagem (RA) e Critérios de Avaliação (CA)

RA1: Estabelecer o ajuste ou calibração das máquinas de fabrico aditivo para garantir a fiabilidade e a conformidade com as especificações das peças.

CA 1.1. Identificar ferramentas de medição e calibração analógicas e digitais com base na sua utilização.

CA 1.2. Num contexto prático de calibração e parametrização avançada das máquinas de fabrico aditivo:

- Utilizar o nónio para fazer medições, alinhando-o e aplicando a sua escala adequada.
- Utilizar ferramentas de medição e calibração, aplicando procedimentos de calibração.
- Utilizar ferramentas de precisão para fazer diferentes medições, escolhendo a mais adequada em função do objeto que está a ser medido.
- Calcular os coeficientes de deformação dimensional em peças impressas, utilizando métodos de análise baseados no seu projeto.

RA2: Realizar a reconstrução volumétrica de objetos 3D com base em imagens fotográficas, de acordo com as normas técnicas e os procedimentos de SHST aplicáveis.

CA 2.1. Identificar softwares específicos de reconstrução 3D a partir de imagens fotográficas.

CA 2.2. Estabelecer as fases de criação de objetos 3D a partir de fotografias.

CA 2.3. Realizar reconstituições volumétricas a partir de retratos fotográficos.

CA 2.4. Realizar uma reconstrução volumétrica de um objeto a partir de várias fotografias tiradas de diferentes ângulos.

CA 2.5. Gerar um ficheiro STL (Standard Triangle Language ou Stereolithography) com a volumetria criada a partir das fotografias disponibilizadas.

RA3: Gerar códigos G, analisando os parâmetros configuráveis dos programas laminação, de forma a viabilizar a fabricação 3D, assegurando o cumprimento das normas técnicas, de qualidade e de SHST aplicáveis.

CA 3.1. Identificar programas específicos de laminagem 3D, familiarizando-se com a utilização deste tipo de software.

CA 3.2. Identificar elementos que influenciam a geração de códigos G, através de programas de laminagem e realizando verificações e análises dos parâmetros.

CA 3.3. Analisar a influencia dos códigos G na obtenção da impressão 3D, otimizando a orientação da peça de acordo com o design e o processo de impressão.

CA 3.4. Identificar causas de falhas de impressão através de software de laminagem e análise comparativa de resultados impressos.

CA 3.5. Analisar e propor soluções para problemas de impressão em ambientes de fabrico aditivo.

CA 3.6. Interpretar o código G gerado, avaliando a sua estrutura e influência na otimização do processo de fabrico.

RA4: Interpretar a estrutura do projeto 3D, editando os ficheiros de código G com base no modelo, para promover melhorias no processo de fabrico.

CA 4.1. Reconhecer a estrutura de um código G, identificando os seus principais comandos e parâmetros.

CA 4.2. Analisar os parâmetros definidos no software de impressão e aplicar esses dados na execução de uma impressão 3D conforme o modelo projetado.

CA 4.3. Reconhecer os diferentes comandos que aparecem no código G, indicando a que movimento, velocidade e posição se referem.

CA 4.4. Identificar modificadores que podem ser adicionados ao código G para executar funções específicas, criando estruturas mais estáveis.

CA 4.5. Efetuar alterações a um código G para adicionar modificações de filamento no meio da impressão, criando peças com diferentes materiais, cores ou estruturas.

CA 4.6. Modificar o código G para corrigir falhas de impressão 3D e otimizar os percursos, melhorando a qualidade da peça e evitando defeitos como marcas de junção.

Conteúdos

1. Ferramentas de medição e calibração

1.1. Ferramentas de medição e calibração:
  1.1.1. Analógicas
  1.1.2. Digitais.
1.2. Procedimentos de calibração.
1.3. Ferramentas de medição de precisão.
1.4. Correções dimensionais na manufatura aditiva.
1.5. Padrões de calibração
1.6. Determinação do desvio dimensional.

2. Reconstrução volumétrica 3D a partir de imagens

2.1. Fotogrametria e suas aplicações.
2.2. Software de fotogrametria: proprietário e de código aberto.
2.3. Software para reconstrução volumétrica a partir de imagens fotográficas: proprietário ou de código aberto.
2.4. Objetos 3D a partir de imagens:
  2.4.1. fotografias,
  2.4.2. análise de correspondências,
  2.4.3. triangulação,
  2.4.4. criação de nuvens de pontos e geração de superfícies.

3. Desenvolvimento da laminação de objetos.

3.1. Linguagem de programação G-code para impressão 3D.
3.2. Software de laminagem:
  3.2.1. proprietário
  3.2.2. de código aberto.
3.3. Identificação de problemas na impressão 3D.
3.4. Proposta de soluções.
3.5. Otimização dos resultados da impressão 3D.

4. Geração de código G

4.1. Estrutura do código G.
4.2. Comandos do código G.
4.3. Modificadores de código G para funções específicas.
4.4. Modificações no código G.
4.5. Alterações no filamento.

4.6. Recuperação de uma impressão com falha;

Requisitos Básicos do Contexto Formativo do Módulo

Espaços:

Os espaços onde deve decorrer o contexto formativo devem preencher os requisitos básicos estipulados pelo Sistema de Acreditação das Entidades Formadoras. (cf. Decreto-Lei nº6/2013, de 11 de fevereiro; Boletim Oficial nº9; I Série).

Professor(a) / Formador(a):

- O(A) professor(a) ou formador(a) deve possuir um Certificado de Aptidão Profissional que prove que o mesmo é detentor de formação pedagógica na abordagem por competências, segundo a lei.
- O(A) professor(a) ou formador(a) deve ter a formação técnica relacionada com os conteúdos do Módulo Formativo.
- O(A) professor(a) ou formador(a) deve ter experiência profissional, mínima de 3 anos, comprovada nas competências incluídas na Unidade de Competência associada ao Módulo Formativo.

Requisitos de Acesso ao Módulo Formativo

As condições de acesso ao módulo formativo constam no BO nº 20, I Série, Portaria Conjunta nº 09/2020 de 20 de fevereiro - Estrutura e Organização do Catálogo Nacional de Qualificações e Portaria Conjunta nº 10/2020 de 20 de fevereiro - Quadro Nacional de Qualificações.

MF4: Digitalização 3D e reparação de malhas digitais		
Código: MF446_5	**Nível: 5**	**Duração:9**0 Horas
Associado à UC446_5: Executar processos de digitalização 3D e reparação de malhas digitais		

Resultados de Aprendizagem (RA) e Critérios de Avaliação (CA)

RA1: Identificar os diferentes tipos de scanners, distinguindo as características e funções de cada um.

- **CA 1.1.** Identificar tipologias de digitalização 3D com base em características como versatilidade, facilidade de utilização, design, qualidade, entre outras.
- **CA 1.2.** Compreender os princípios de funcionamento das tecnologias de digitalização 3D, considerando as características e necessidades do objeto a digitalizar.
- **CA 1.3.** Identificar aplicações de digitalização 3D através da utilização prática e estudo de cada uma delas.
- **CA 1.4.** Avaliar os diferentes tipos de digitalização com base nas necessidades do objeto a digitalizar.
- **CA 1.5.** Analisar cada tipo de digitalização e determinar qual o mais adequado para cada situação.
- **CA 1.6.** Relacionar os tipos de scanners 3D com as aplicações pretendidas e necessidades industriais específicas, gerando projetos com as características desejadas.

RA2: Gerar projetos tridimensionais através de processos de engenharia inversa, digitalizando a peça 3D, analisando problemas e procurando soluções derivadas do projeto 3D, sempre segundo as normas de SHST em vigor

- **CA 2.1.** Analisar os processos de digitalização utilizados em cada técnica para criar desenhos tridimensionais, identificando as características de cada uma e selecionando a técnica mais adequada para gerar o modelo 3D.
- **CA 2.2.** Compreender os processos matemáticos utilizados na definição de superfícies por triangulação, analisando a gestão de nuvens de pontos e determinando o número de polígonos necessários para compor o projeto 3D.
- **CA 2.3.** Determinar qualidades como a geometria, a textura e a cor dos objetos a partir de software de digitalização 3D.
- **CA 2.4.** Identificar e definir os termos específicos da técnica de digitalização 3D, estabelecendo a utilidade e o funcionamento de cada um dos seus componentes.
- **CA 2.5.** Identificar os processos de engenharia inversa aplicados em diferentes áreas tecnológicas, reconhecendo as vantagens da utilização desta técnica.
- **CA 2.6.** Avaliar processos de engenharia inversa analisando as vantagens da criação de modelos 3D de objetos sem projetos digitais e a sua reprodução para fabrico aditivo em contexto industrial.

RA3: Criar um ficheiro STL (Standard Triangle Language ou Stereolithography) a partir da digitalização de um objeto, através da geração e edição de malhas, realizando o seu processamento para obtenção de um modelo sólido 3D.

- **CA 3.1.** Reconhecer o conceito de digitalização 3D e a sua aplicação na obtenção de modelos tridimensionais a partir de objetos reais.
- **CA 3.2.** Identificar os princípios básicos da formação de malhas 3D, compreendendo a representação de superfícies através de polígonos (triangulação).
- **CA 3.3.** Compreender o formato STL, reconhecendo as suas características, estrutura e importância no fabrico digital e impressão 3D.
- **CA 3.4.** Criar uma nuvem de pontos a partir de fotografias tiradas do objeto, utilizando um software de digitalização.

CA 3.5. Criar uma malha 3D a partir de uma nuvem de pontos, editando a malha e combinando-a para gerar um design orgânico utilizando um algoritmo matemático.

CA 3.6. Identificar e analisar erros comuns em malhas 3D, tais como buracos, faces invertidas e falhas geométricas.

CA 3.7. Aplicar técnicas de correção e otimização de malhas 3D, incluindo suavização, refinamento e ajustes estruturais.

CA 3.8. Validar a qualidade final da malha 3D, assegurando a sua integridade e adequação para processos de modelação e fabrico digital.

CA 3.9. Converter a malha num objeto sólido, preenchendo o volume interno do design.

CA 3.10. Gerar um design tridimensional com base na morfologia do objeto, garantindo que as malhas e o preenchimento sólido formam um objeto estável.

CA 3.11. Gerar um ficheiro STL a partir da digitalização, processando a nuvem de pontos e a malha e gerando um ficheiro sólido do objeto a digitalizar.

RA4: Criar modelos 3D digitalizando aplicações móveis e software de fotogrametria para gerar o modelo tridimensional mais orgânico possível.

CA 4.1. Compreender o conceito de fotogrametria e o seu funcionamento na reconstrução de modelos 3D a partir de imagens captadas por dispositivos móveis.

CA 4.2. Identificar as etapas do processo de digitalização com recurso a aplicações móveis e software de fotogrametria, desde a captura de imagens até à geração do modelo tridimensional.

CA 4.3. Reconhecer os fatores que influenciam a qualidade do modelo 3D orgânico gerado, como iluminação, sobreposição de imagens e ângulos de captura.

CA 4.4. Criar projetos 3D a partir de software específico de fotogrametria.

CA 4.5. Criar designs 3D utilizando aplicações de fotografia para telemóveis.

CA 4.6. Corrigir, depurar e ligar malhas 3D geradas por programas de digitalização 3D com base na morfologia do objeto.

CA 4.7. Criar modelos 3D de cada malha, digitalizando o objeto em 3D e editando-o.

CA 4.8. Planear o modelo no formato apropriado (geralmente STL) tendo em conta as características do objeto digitalizado.

CA 4.9. Analisar e comparar a qualidade da geometria e das texturas obtidas através de scanners 3D, relacionando o modelo digital com o objeto real digitalizado.

RA5: Compreender a estrutura do design 3D, identificar possíveis erros e repará-los com novos polígonos para criar um design mais realista e mais preciso.

CA 5.1. Compreender a estrutura de um modelo de design 3D, reconhecendo a organização de vértices, arestas e polígonos na construção de objetos digitais.

CA 5.2. Reconhecer a morfologia de uma malha STL, utilizando software específico de modelação 3D.

CA 5.3. Reconhecer e delimitar erros numa malha STL, utilizando programas específicos de modelação 3D.

CA 5.4. Aplicar técnicas de correção e reparação de malhas 3D, incluindo a adição e ajuste de polígonos para melhorar a precisão do modelo.

CA 5.5. Otimizar o modelo 3D, garantindo maior realismo, coerência geométrica e adequação ao objetivo do design digital.

CA 5.6. Analisar a orientação das malhas 3D, identificando polígonos invertidos e avaliando o seu impacto na coerência e estrutura geométrica do modelo.

Conteúdos

1. Caracterização de tipologias de scanners 3D

1.1. Digitalização 3D.

1.2. Aplicações da digitalização 3D:
  1.2.1. produção industrial;
  1.2.2. design, entretenimento;
  1.2.3. modelação, topografia, arquitetura e assistência médica.
1.3. Classificação dos scanners 3D:
  1.3.1. Contacto
  1.3.2. sem contacto.
1.4. Setores industriais e tipos de scanners.
1.5. Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de scanners 3D.
1.6. Necessidades industriais na digitalização 3D.
1.7. Tecnologias de digitalização 3D:
  1.7.1. digitalização de luz estruturada
  1.7.2. digitalização baseada em fotogrametria.
1.8. Criação e gestão de nuvens de pontos.
1.9. Digitalização de geometria.
1.10. Digitalização de cores e texturas.
1.11. Engenharia inversa e suas aplicações.
1.12. Digitalização 3D e engenharia reversa.
1.13. Desenvolvimento de objetos digitais a partir de digitalizações 3D:
  1.13.1. software proprietário e de código aberto para digitalização 3D;
  1.13.2. malhas de nuvens de pontos;
  1.13.3. reparação e montagem de malhas;
  1.13.4. conversão de malhas em sólidos 3D;
  1.13.5. geometria e características de objetos digitais digitalizados e conversão em sólidos: ficheiros STL.;

2. Aplicações para telemóveis e software específico de fotogrametria para digitalização 3

2.1 Fotogrametria na impressão 3D.
2.2 Software proprietário e de código aberto para fotogrametria 3D: Meshroom.
2.3 Aplicações de fotogrametria 3D para telemóveis: Scann 3D.
2.4 Manipulação de malhas 3D.
2.5. Correção e depuração.
2.6. Obtenção de modelos tridimensionais.;

3. Reparação de arquivo STL (Standard Triangle Language ou Stereolithography).

3.1 Software de modelação e reparação 3D.
3.2 Morfologia de ficheiros STL.
3.3 Reparação de arquivo STL.
3.4 Remoção e reparação de áreas corrompidas em malhas 3D.
3.5 Mesclando malhas para gerar novos ficheiros STL.
3.6. Invertendo polígonos numa malha STL.

Requisitos Básicos do Contexto Formativo do Módulo

Espaços:

Os espaços onde deve decorrer o contexto formativo devem preencher os requisitos básicos estipulados pelo Sistema de Acreditação das Entidades Formadoras. (cf. Decreto-Lei nº6/2013, de 11 de fevereiro; Boletim Oficial nº9; I Série).

Professor(a) / Formador(a):

- O(A) professor(a) ou formador(a) deve possuir um Certificado de Aptidão Profissional que prove que o mesmo é detentor de formação pedagógica na abordagem por competências, segundo a lei.
- O(A) professor(a) ou formador(a) deve ter a formação técnica relacionada com os conteúdos do Módulo Formativo.
- O(A) professor(a) ou formador(a) deve ter experiência profissional, mínima de 3 anos, comprovada nas competências incluídas na Unidade de Competência associada ao Módulo Formativo.

Requisitos de Acesso ao Módulo Formativo

As condições de acesso ao módulo formativo constam no BO nº 20, I Série, Portaria Conjunta nº 09/2020 de 20 de fevereiro - Estrutura e Organização do Catálogo Nacional de Qualificações e Portaria Conjunta nº 10/2020 de 20 de fevereiro - Quadro Nacional de Qualificações.

MF5: Acabamento em peças e componentes fabricados.		
Código: MF447_5	**Nível: 5**	**Duração:** 50 Horas
Associado à UC447_5: Executar operações de acabamento em peças e componentes fabricados.		

Resultados de Aprendizagem (RA) e Critérios de Avaliação (CA)

RA1: Desenhar peças de grande escala utilizando impressoras de pequeno formato, utilizando software para separar as peças e depois uni-las para a construção subsequente.

CA 1.1. Separar a peça em elementos menores, utilizando software de design específico, tendo em conta os fatores estruturais e geométricos.

CA 1.2. Avaliar o tipo de montagem entre as peças para garantir uma união duradoura, considerando fatores estruturais e geométricos.

CA 1.3. Gerar partes impressas do modelo, através do fabrico aditivo, cumprindo as características técnicas e estéticas exigidas.

CA 1.4. Colar as partes já montadas de acordo com o design inicial, após impressão e polimento das zonas onde será realizada a união

CA 1.5. Alisar as juntas e superfícies das peças, considerando os materiais e os métodos de impressão utilizados, aplicando técnicas como lixagem, acetona ou outros processos de acabamento.

CA 1.6. Aplicar o acabamento final em função do modelo, respeitando as características exigidas para o resultado.

RA2: Gerar tratamentos superficiais mecânicos de pós-impressão para criar objetos com características estruturais e estéticas superiores às obtidas na impressão, cumprindo as medidas de SHST estabelecidas para cada técnica.

CA 2.1. Determinar possíveis tratamentos mecânicos de superfície e a sua compatibilidade com materiais de impressão comuns em função do material utilizado pela impressora 3D, tais como ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), PLA (Ácido Polilático), FDM (Fused Deposition Modeling), entre outros.

CA 2.2. Executar procedimentos manuais de acabamento de acordo com as medidas de SHST e proteção ambiental aplicáveis.

CA 2.3. Executar processos de acabamento, utilizando equipamento especializado em função do material utilizado e da qualidade exigida do objeto 3D.

CA 2.4. Relacionar os procedimentos mecânicos pós-impressão com as qualidades superficiais do objeto tratado.

CA 2.5. Avaliar a qualidade do objeto impresso, comparando-o com o objeto inicial, tendo em conta o material utilizado e a técnica aplicada de forma a obter um objeto com as características técnicas e estéticas desejadas.

CA 2.6. Identificar os riscos de SHST e proteção ambiental nos processos mecânicos de pós-impressão, adotando as medidas de proteção individual e coletiva necessárias e estabelecendo protocolos de atuação.

RA3: Aplicar tratamentos superficiais térmicos e químicos pós-impressão, para criar objetos com características estruturais e estéticas superiores às obtidas na impressão, cumprindo as medidas de SHST e proteção ambiental estabelecidas para cada técnica.

CA 3.1. Identificar possíveis tratamentos superficiais térmicos e químicos, e a sua compatibilidade com materiais de impressão comuns como o PLA (Ácido Polilático), ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), PETG (Poliéster Glicol), entre outros, tendo em conta as características exigidas para o objeto.

CA 3.2. Executar procedimentos de soldadura térmica, alisamento de superfícies e Termo formação em peças impressas, respeitando as normas de SHST e proteção ambiental, estabelecendo protocolos de atuação adequados a cada técnica e material utilizado.

CA 3.3. Executar procedimentos químicos de suavização superficial e colagem de peças impressas, reconhecendo os riscos de SHST, aplicando as medidas de proteção necessárias e seguindo protocolos adequados a cada técnica.

CA 3.4. Comparar os resultados dos processos de pós-processamento de superfície, térmico e químico com as superfícies originais, determinando se a peça cumpre as características estéticas e técnicas pretendidas.

RA4: Identificar tipologias de pós-processamento, alcançando uma resistência ótima nos materiais de impressão utilizados para gerar objetos com as características técnicas e estéticas pretendidas.

CA 4.1. Identificar os riscos de SHST e proteção ambiental nos processos de pós-processamento, adotando as medidas de proteção individual e coletiva necessárias.

CA 4.2. Relacionar os tipos de pós-processamento e de cura com os processos industriais que os requerem em função nos materiais e requisitos da peça.

CA 4.3. Determinar o processo de pós-processamento de acabamento e endurecimento de resinas foto poliméricas em função nos materiais e requisitos da peça.

CA 4.4. Gerar o elemento impresso em resinas foto poliméricas, respeitando as características técnicas e estéticas exigidas.

CA 4.5. Realizar o processamento pós-endurecimento de um objeto impresso em resinas foto poliméricas, tendo em conta os custos e a qualidade do modelo em resina.

CA 4.6. Reconhecer o processo de manuseamento de pós poliméricos no pós-processamento de peças impressas em SLS, tendo em conta as características do objeto a produzir, utilizando os EPI´s.

CA 4.7. Definir o pós-processamento de objetos metálicos fabricados por sinterização direta de metais, considerando as características técnicas do objeto a imprimir.

RA5: Determinar os procedimentos de colagem e acabamento de peças impressas, tendo em conta o material e a técnica de impressão utilizados para obter peças estáveis e de elevada qualidade.

CA 5.1. Identificar colas e adesivos, relacionando-os com os materiais a que se destinam e as suas potenciais incompatibilidades químicas, em função do material utilizado, através de procedimentos adequados a cada técnica.

CA 5.2. Identificar os acabamentos, relacionando-os com os materiais a que se destinam e as suas possíveis incompatibilidades químicas, dependendo do material utilizado.

CA 5.3. Numa situação prática:

- Relacionar os materiais de impressão 3D com os tipos de colas e adesivos adequados.

- Produzir peças coladas a partir de objetos impressos para obter juntas estáveis de um objeto maior, utilizando software de edição 3D.

- Aplicar acabamentos em objetos impressos, utilizando técnicas de pós-processamento em função do material a partir do qual foi criado e das características desejadas.

- Identificar incompatibilidades químicas nos acabamentos com base nos materiais utilizados.

RA6: Avaliar os riscos e perigos que podem surgir ao aplicar técnicas de pós-processamento em processos de impressão, identificando medidas e equipamentos para os prevenir, cumprindo as normas de SHST e a proteção ambiental.

CA 6.1. Identificar riscos e perigos associados ao manuseamento de materiais, ferramentas, utensílios e máquinas de pós-processamento, tendo em conta as normas de SHST e proteção ambiental.

CA 6.2. Descrever as regras de SHST na operação de máquinas e ferramentas, mantendo a área de trabalho segura.

CA 6.3. Identificar as causas de acidentes que envolvam o manuseamento de produtos químicos, ferramentas, máquinas de corte e conformação e outros riscos, seguindo as normas de SHST.

CA 6.4. Identificar os elementos de SHST necessários às operações de acabamento.

CA 6.5. Relacionar o manuseio de produtos químicos, ferramentas e máquinas com as medidas de SHST e proteção individual necessárias, estabelecendo protocolos de atuação e demonstrando a utilidade de cada uma delas.

CA 6.6. Reconhecer potenciais fontes de poluição ambiental, estudando os mecanismos de prevenção associados a cada tipo de risco.

CA 6.7. Classificar os resíduos gerados para recolha seletiva com base na sua origem, biodegradabilidade e composição.

CA 6.8. Avaliar a ordem e a limpeza das instalações e equipamentos como primeiro fator na prevenção de riscos.

CA 6.9. Identificar incompatibilidades químicas de diferentes acabamentos, com base no material com que será feita a impressão e nas características exigidas para o produto final.

Conteúdos

1. Fabrico aditivo de peças grandes

1.1. Software de design para preparação de peças 3D de grandes dimensões.

1.2. Design e montagem de peças em elementos de grande escala.

1.3. Procedimentos de acabamento de superfícies em peças de grandes dimensões.

1.4. Desenvolvimento de tratamentos mecânicos de superfície pós-impressão:

1.4.1. compatibilidade dos tratamentos mecânicos com os materiais de impressão;

1.4.2. procedimentos de acabamento mecânico;

1.4.3. equipamentos especiais para acabamento mecânico;

1.4.4. qualidades em sistemas de acabamento mecânico.

1.5. Desenvolvimento de tratamentos de superfície térmicos e químicos pós-impressão:

1.5.1. compatibilidade dos tratamentos de superfície químicos e térmicos com os materiais de impressão;

1.5.2. procedimentos de pós-processamento térmico;

1.5.3. procedimentos de alisamento químico de superfícies;

1.5.4. colagem de peças impressas.

1.6. Prevenção de riscos profissionais, SHST e proteção ambiental;

2. Caracterização de processos de cura ou termofixação e estabilização de materiais de impressão

2.1. Processos industriais em fabrico 3D que requerem pós-processamento e cura.

2.2. Acabamento e endurecimento de resinas fotopoliméricas.

2.3. Manuseamento de pós poliméricos no pós-processamento de peças impressas em SLS.

2.4. Pós-processamento de objetos metálicos fabricados com sinterização direta de metais.

2.5. Prevenção de riscos profissionais, SHST e proteção ambiental.

3. Seleção de procedimentos para a colagem e acabamento de peças impressas

3.1. Tipos de colas e adesivos.

3.2. Incompatibilidades químicas com materiais de impressão.

3.3. Acabamentos em objetos impressos.

3.4. Incompatibilidades químicas dos acabamentos.

4. Prevenção de riscos profissionais, SHST e proteção ambiental.

4.1. Riscos no acabamento de peças

4.1.1. Riscos no uso de ferramentas manuais e elétricas (lixagem, corte, polimento)

4.1.2. Riscos químicos em colas, resinas e solventes

4.1.3. Riscos térmicos em processos de acabamento e suavização

4.2. Equipamentos de proteção

4.2.1. EPIs: luvas, óculos, máscaras e vestuário de proteção

4.2.2. EPCs: ventilação, extração de fumos e sinalização de segurança

4.3. Normas de segurança

4.3.1. Utilização correta de ferramentas e máquinas

4.3.2. Manuseamento seguro de produtos químicos

4.3.3. Organização e limpeza do posto de trabalho

4.4. Proteção ambiental

4.4.1. Gestão e separação de resíduos

4.4.2. Redução de desperdício de materiais

4.4.3. Recolha e eliminação segura de produtos químicos

Requisitos Básicos do Contexto Formativo do Módulo

Espaços:

Os espaços onde deve decorrer o contexto formativo devem preencher os requisitos básicos estipulados pelo Sistema de Acreditação das Entidades Formadoras. (cf. Decreto-Lei nº6/2013, de 11 de fevereiro; Boletim Oficial nº9; I Série).

Professor(a) / Formador(a):

- O(A) professor(a) ou formador(a) deve possuir um Certificado de Aptidão Profissional que prove que o mesmo é detentor de formação pedagógica na abordagem por competências, segundo a lei.
- O(A) professor(a) ou formador(a) deve ter a formação técnica relacionada com os conteúdos do Módulo Formativo.
- O(A) professor(a) ou formador(a) deve ter experiência profissional, mínima de 3 anos, comprovada nas competências incluídas na Unidade de Competência associada ao Módulo Formativo.

Requisitos de Acesso ao Módulo Formativo

As condições de acesso ao módulo formativo constam no BO nº 20, I Série, Portaria Conjunta nº 09/2020 de 20 de fevereiro - Estrutura e Organização do Catálogo Nacional de Qualificações e Portaria Conjunta nº 10/2020 de 20 de fevereiro - Quadro Nacional de Qualificações.

MF6: Manutenção de equipamentos de fabricação 3D na ótica do utilizador		
Código: MF448_5	**Nível: 5**	**Duração:** 60 Horas
Associado à UC448_5: Efetuar a manutenção em máquinas de fabricação 3D		

Resultados de Aprendizagem (RA) e Critérios de Avaliação (CA)

RA1: Manter o processo operacional do fabrico 3D aditivo, identificando peças críticas e planeando a manutenção das máquinas, de forma a considerar e colmatar possíveis falhas.

CA 1.1. Identificar os elementos específicos, comuns e críticos de cada tecnologia de fabrico 3D aditivo, tendo em conta as suas vantagens e limitações.

CA 1.2. Planear a manutenção de uma impressora 3D, tendo em conta a manutenção necessária com base em possíveis falhas.

CA 1.3. Planear a manutenção dos processos de fabrico 3D profissional de acordo com as necessidades de produção.

CA 1.4. Avaliar o custo do planeamento da manutenção em relação às necessidades de produção.

RA2: Reparar componentes de uma impressora standard, identificando as suas peças, desmontando e substituindo as peças necessárias e atualizando o firmware.

CA 2.1. Reparar as partes de uma impressora 3D: extrusora, leito aquecido, motor de passo, entre outras, descrevendo as suas finalidades.

CA 2.2. Num caso prático de reparação de elementos de uma impressora standard:

- Efetuar a desmontagem e montagem dos elementos críticos de uma impressora 3D, utilizando os seguintes materiais: chave de fendas, chave Allen, chave inglesa, entre outros, para que a funcionalidade não seja alterada.
- Executar a manutenção, limpeza, ajuste, calibração e testes operacionais de peças críticas de uma impressora de modelação por deposição fundida,
- Selecionar os materiais com base na atividade (silicone para manutenção ou ferramentas de precisão para calibração, entre outros).
- Imprimir o modelo padrão para verificar a qualidade da impressão numa impressora de modelação por deposição fundida,
- Analisar se a peça resultante cumpre as características exigidas de dureza, resistência, flexibilidade, entre outras.

CA 2.3. Instalar e atualizar firmware para diferentes tipos de impressão 3D, assegurando melhorias de desempenho.

CA 2.4. Identificar as peças de diferentes tipos de impressoras para fabrico aditivo.

RA3: Identificar problemas de calibração nos processos de impressão, analisando os elementos que possam gerar defeitos de impressão, de forma a otimizar a qualidade das peças obtidas.

CA 3.1. Identificar mecanismos críticos que necessitam de calibração nas diferentes tecnologias de fabrico aditivo, como o nivelamento do leito, alinhamento dos eixos, calibração dos motores passo a passo, entre outros

CA 3.2. Identificar problemas de calibração em diferentes tipos impressoras 3D, reconhecendo métodos para os prevenir.

CA 3.3. Avaliar o funcionamento das ferramentas para medições de precisão e calibração.

CA 3.4. Selecionar a metodologia de calibração adequada para cada impressora 3D de acordo com a sua tecnologia, elaborando protocolos de calibração.

CA 3.5. Manter impressoras 3D, aplicando processos de calibração e ajuste.

CA 3.6. Imprimir modelos standard em impressoras 3D calibradas e ajustadas, verificando características como dimensão, mobilidade, flexibilidade e resistência, assegurando a boa funcionalidade.

RA4: Gerar objetos 3D de acordo com a qualidade e velocidade de impressão fornecidas pelo fabricante, otimizando o consumo de recursos, através do software de impressão 3D.

CA 4.1. Obter o modelo tridimensional do objeto, utilizando software de modelação 3D, através de técnicas de digitalização, ou design 3D.

CA 4.2. Gerar o modelo tridimensional em formato apropriado para o objeto, normalmente STL, utilizando software de modelação 3D compatível com os programas de laminagem.

CA 4.3. Recolher informações sobre a geometria e características do objeto, determinando a necessidade de gerar apoios na estrutura, modificar a altura das camadas, entre outros.

CA 4.4. Laminar o objeto utilizando software proprietário ou de código aberto específico, obtendo uma simulação da impressão e gerando o ficheiro G-code correspondente.

CA 4.5. Configurar a laminação do objeto, tendo em conta a sua funcionalidade, qualidade de acabamento, tempo de impressão e características específicas do material utilizado.

CA 4.6. Orientar o objeto, tendo em conta a sua funcionalidade, as características anisotrópicas do processo de fabrico e a otimização do consumo de material.

RA5: Determinar os custos de fabrico 3D aditivo comparando diferentes opções tecnológicas para uma implementação otimizada numa empresa.

CA 5.1. Determinar os custos de conceção num processo de fabrico aditivo com base nas tecnologias utilizadas e na qualidade dos designs pretendidos.

CA 5.2. Calcular os custos de produção de um processo de fabrico aditivo com base no tipo de material, no tempo de impressão e outros recursos utilizados.

CA 5.3. Determinar os custos de pós-produção de um processo de fabrico aditivo de acordo com tecnologias utilizadas e nos níveis de qualidades exigidos.

CA 5.4. Calcular os custos dos sistemas de controlo de qualidade numa produção de fabrico aditivo, tendo em conta as tecnologias e os elementos utilizados.

CA 5.5. Determinar custos gerais e de consumíveis para a produção de fabrico em função qualidade dos materiais de impressão e nas tecnologias utilizadas.

CA 5.6. Elaborar cenários de implementação de tecnologias específicas de fabrico, seja ela aditiva, subtrativa ou híbrida, em linhas de produção industrial, determinando os custos associados a cada tecnologia.

RA6: Avaliar os riscos associados, as medidas e os equipamentos de proteção para antecipar os potenciais perigos, cumprindo as normas de SHST e a proteção ambiental.

CA 6.1. Identificar os riscos e os níveis de perigo associados ao manuseio de materiais, ferramentas, utensílios e máquinas, incluindo impressoras 3D, de acordo com o plano de prevenção de riscos profissionais.

CA 6.2. Utilizar máquinas e ferramentas de impressão em conformidade com as normas aplicáveis de SHST e prevenção de riscos ocupacionais.

CA 6.3. Identificar causas de acidentes que ocorrem no manuseio de materiais, ferramentas, máquinas de corte e conformação, entre outros, enumerando medidas preventivas.

CA 6.4. Identificar os elementos de SHST e os equipamentos de proteção individual e coletiva necessários às operações de pós-processamento, reconhecendo a sua utilização na prevenção potenciais riscos.

CA 6.5. Relacionar o manuseamento de produtos químicos, ferramentas e máquinas com as medidas de SHST e proteção individual exigidas na prevenção de acidentes.

CA 6.6. Identificar potenciais fontes de poluição ambiental aplicando e incentivando boas práticas na proteção do meio ambiente.

CA 6.7. Classificar os resíduos gerados nos processos para a recolha seletiva com base no seu tipo e seu derivado.

CA 6.8. Valorizar a organização e a limpeza das instalações e equipamentos como fator primordial na prevenção dos riscos profissionais.

Conteúdos

1. Técnicas de manutenção de máquinas de fabrico 3D aditivo

1.1. Fabrico aditivo.

1.2. Planeamento da manutenção em manufatura aditiva.

1.3. Custos de manutenção em fabrico 3D aditivo.

1.4. Reparação e manutenção de impressoras 3D standard:

1.4.1. componentes de uma impressora de modelação por deposição fundida;

1.4.2. desmontagem e montagem de componentes críticos de uma impressora de modelação por deposição fundida;

1.4.3. manutenção, limpeza, configuração, calibração e teste de uma impressora de modelação por deposição fundida;

1.4.4. peças de uma impressora estereolitográfica;

1.4.5. desmontagem e montagem de componentes críticos e manutenção, limpeza, configuração, calibração e teste de uma impressora estereolitográfica.

1.5. Edição e modificação de firmware: firmware proprietário e de código aberto em ferramentas de impressão 3D, bem como atualização, edição e modificação de firmware.

1.6. Prevenção de riscos profissionais, SHST e proteção ambiental;

2. Utilização de máquinas de impressão 3D

2.1. Configuração e calibração de máquinas de impressão 3D:

2.1.1. elementos críticos que requerem calibração no fabrico aditivo;

2.1.2. problemas de calibração em impressoras 3D;

2.1.3. ferramentas de medição e calibração de precisão;

2.1.4. metodologia de calibração.

2.2. Desenvolvimento da impressão 3D:

2.2.1. parâmetros-chave na fabricação aditiva (qualidade necessária, velocidade de impressão e otimização de recursos).

2.3. Laminado em impressão 3D.

2.4. Orientação da impressão e anisotropia de objetos manufaturados.

2.5. Prevenção de riscos profissionais, SHST e proteção ambiental.;

3. Determinação dos custos de produção diretos ou indiretos na manufatura aditiva

3.1. Custos de modelação de impressão 3D.

3.2. Custos de execução de impressão 3D.

3.3. Custos de material de impressão 3D.

3.4. Custos de acabamento pós-processamento na impressão 3D.

Requisitos Básicos do Contexto Formativo do Módulo

Espaços:

Os espaços onde deve decorrer o contexto formativo devem preencher os requisitos básicos estipulados pelo Sistema de Acreditação das Entidades Formadoras. (cf. Decreto-Lei nº6/2013, de 11 de fevereiro; Boletim Oficial nº9; I Série).

Professor(a) / Formador(a):

- O(A) professor(a) ou formador(a) deve possuir um Certificado de Aptidão Profissional que prove que o mesmo é detentor de formação pedagógica na abordagem por competências, segundo a lei.
- O(A) professor(a) ou formador(a) deve ter a formação técnica relacionada com os conteúdos do Módulo Formativo.
- O(A) professor(a) ou formador(a) deve ter experiência profissional, mínima de 3 anos, comprovada nas competências incluídas na Unidade de Competência associada ao Módulo Formativo.

Requisitos de Acesso ao Módulo Formativo

As condições de acesso ao módulo formativo constam no BO nº 20, I Série, Portaria Conjunta nº 09/2020 de 20 de fevereiro - Estrutura e Organização do Catálogo Nacional de Qualificações e Portaria Conjunta nº 10/2020 de 20 de fevereiro - Quadro Nacional de Qualificações.

MÓDULO FORMATIVO EM CONTEXTO REAL DE TRABALHO	MT_MET008
Nível: 5	**Duração indicativa:** 360 Horas
Associado a todas as Unidades de Competência	

Resultados de Aprendizagem (RA) e Critérios de Avaliação (CA)

RA1: Aplicar normas de SHST e organização no ambiente de trabalho, assegurando condições adequadas de operação em processos de fabrico aditivo.

CA 1.1. Cumprir as normas de SHST definidas para o espaço de impressão.

CA 1.2. Manter a área de trabalho organizada antes, durante e após a impressão.

CA 1.3. Utilizar corretamente os equipamentos de proteção individual (EPI).

RA2: Interpretar os desenhos técnicos e ficheiros digitais, identificando informações essenciais para a produção de peças por impressão 3D.

CA 2.1. Identificar corretamente dimensões, tolerâncias e referências geométricas no desenho técnico.

CA 2.2. Reconhecer e utilizar corretamente ficheiros digitais (STL, OBJ, etc.) para preparação da impressão.

RA3: Preparar modelos digitais para impressão 3D, utilizando software de laminagem e definindo parâmetros adequados à geometria e funcionalidade das peças.

CA 3.1. Selecionar parâmetros corretos de laminagem (altura de camada, velocidade, preenchimento, suportes).

CA 3.2. Garantir que o modelo digital está orientado e posicionado corretamente para impressão.

CA 3.3. Detetar e corrigir possíveis erros do modelo (malhas, interseções, orifícios).

RA4: Configurar e calibrar equipamentos de fabrico aditivo, executando operações básicas de ajuste para garantir o correto funcionamento do equipamento.

CA 4.1. Realizar o nivelamento do leito e calibração dos eixos conforme o equipamento.

CA 4.2. Ajustar corretamente os parâmetros da impressora antes do início do processo.

CA 4.3. Verificar que o equipamento está operacional antes da impressão

RA5: Selecionar e preparar materiais de impressão, considerando as propriedades do material e os requisitos da peça a fabricar.

CA 5.1. Escolher o material adequado ao tipo de peça e ao processo de impressão.

CA 5.2. Preparar o material corretamente (filamento, resina, pó), garantindo a qualidade de impressão.

CA 5.3. Armazenar o material de acordo com as recomendações do fabricante.

RA6: Executar e monitorizar o processo de impressão 3D, garantindo a conformidade das peças e o funcionamento eficiente do equipamento.

CA 6.1. Iniciar e acompanhar a impressão, intervindo em caso de falhas ou desvios.

CA 6.2. Manter registos de tempo, consumo de material e ocorrências durante a impressão.

CA 6.3. Confirmar a integridade da peça ao final do processo

RA7: Realizar operações de pós-processamento e acabamento, assegurando a qualidade e a funcionalidade das peças produzidas.

CA 7.1. Executar remoção de suportes, lixamento, polimento ou cura conforme o material.

CA 7.2. Aplicar técnicas de acabamento de forma a respeitar a geometria e funcionalidade da peça.

CA 7.3. Cumprir normas de SHST durante o pós-processamento.

RA8: Verificar a qualidade das peças fabricadas e registar informações do processo produtivo, assegurando rastreabilidade e documentação adequada.

CA 8.1. Medir dimensões, tolerâncias e propriedades das peças com precisão.

CA 8.2. Identificar e documenta defeitos ou não conformidades.

CA 8.3. Preencher corretamente os registos do processo produtivo e dos materiais utilizados**.**

REQUISITOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL	MT_MET008
Nível: 5	**DURAÇÃO: 1150 Horas**

Formando:

Possuir: Mínimo 12º Ano de escolaridade ou equivalente;

Qualificação Profissional de Nível 4 em áreas tecnológicas, industriais ou afins;

Experiência profissional relevante em áreas de desenho técnico, mecânica, mecatrónica, fabrico digital ou tecnologias industriais sujeitas ao processo de reconhecimento de competências.

RECURSOS / POR TURMA 20 FORMANDOS	
SALA DE FORMAÇÃO TEÓRICA	
Espaço/Instalações em m²	40 a 50 m²
Equipamentos	✓ Mesas e cadeiras ✓ Quadro branco ✓ Projetor multimédia ✓ Ligação à internet ✓ Sistema de áudio e vídeo
LABORATÓRIO DE MODELAÇÃO E DESIGN 3D	
Espaço/Instalações em m²	60 m²
Equipamentos	**1 computador para formador e 20 Computadores para formandos, todos de elevado desempenho equipados com:** ✓ Software CAD e modelação 3D ✓ Software de análise estrutural ✓ Software de topologia estrutural ✓ Software de laminação (slicer) ✓ Scanner ou sistema de armazenamento em rede
Software recomendado	✓ Fusion 360 ✓ SolidWorks ✓ FreeCAD ✓ Blender ✓ Cura ✓ PrusaSlicer ✓ OrcaSlicer ✓ Meshmixer 3D ✓ Autodesk Meshmixer ✓ CloudCompare ✓ Software de fotogrametria
LABORATÓRIO DE FABRICAÇÃO 3D ADITIVA	
Espaço/Instalações em m²	80 a 100 m²
Equipamentos	✓ Impressão FDM - 5 impressoras FDM ✓ Impressão por Resina - 2 impressoras SLA/LCD ✓ Digitalização 3D - 1 Scanner 3D

	✓ Pós processamento - Estação de lavagem de resinas, estação de cura UV, bancadas de acabamento.
Consumíveis de impressão	✓ PLA ✓ PETG ✓ ABS ✓ TPU ✓ Resinas foto poliméricas ✓ Materiais de suporte
OFICINA DE ACABAMENTO E PÓS- PROCESSAMENTO	
Espaço/Instalações em m²	40 m²
Equipamentos	✓ Lixadores manuais ✓ Microrretíficadoras ✓ Ferramentas de corte ✓ Equipamentos de polimento ✓ Equipamentos de colagem ✓ Sistema de extração de poeiras ✓ Armário para armazenamento de produtos químicos

MARERIAIS DE ACABAMENTO

- ✓ Lixas
- ✓ Primários
- ✓ Tintas
- ✓ Colas técnicas
- ✓ Álcool isopropílico
- ✓ Solventes autorizados

EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO E CONTROLO

- ✓ Paquímetros digitais
- ✓ Micrómetros
- ✓ Comparadores
- ✓ Balanças de precisão
- ✓ Medidores de temperatura
- ✓ Equipamentos de calibração de impressoras
- ✓ Ferramentas de manutenção

MATERIAIS DE ENSAIO

- ✓ Provetes para ensaios mecânicos
- ✓ Instrumentos de medição
- ✓ Paquímetros
- ✓ Micrómetros
- ✓ Balanças digitais

EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI)

Para cada formando:

- ✓ Bata ou avental de trabalho
- ✓ Óculos de proteção
- ✓ Máscaras de proteção respiratória
- ✓ Luvas de proteção química
- ✓ Luvas de proteção mecânica
- ✓ Calçado de segurança

RECURSOS HUMANOS	**Coordenador do curso** **Requisito:** ✓ Licenciatura em Engenharia Mecânica, Mecatrónica, Industrial, Design Industrial ou área afim; ✓ Experiência comprovada em gestão de formação ou projetos tecnológicos. **Formador:** **Requisitos:** ✓ Licenciatura ou qualificação de nível igual ou superior ao da qualificação ministrada. ✓ Experiência comprovada em: Modelação 3D; Fabricação aditiva; Impressão 3D; Digitalização 3D; Manutenção de impressoras 3D. ✓ Certificado de Aptidão de Formador ou equivalente reconhecido pela autoridade competente.