

UMA EXPERIÊNCIA DE INTEGRAÇÃO DOS CONCEITOS STEAM NO PROJETO E FABRICO DE COMPONENTES ELETRO-MECÂNICOS [PRÁTICAS PROFISSIONAIS]

João Rocha [1], Jorge Santos [2], João Ribeiro [3]

[1] Departamento de Tecnologia Mecânica do Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, jrocha@ipb.pt

[2] Departamento de Tecnologia Mecânica do Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, jsantos@ipb.pt

[3] Departamento de Tecnologia Mecânica do Instituto Politécnico de Bragança, Bragança CIMO, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal, jribeiro@ipb.pt

Resumo: A integração de várias áreas do conhecimento é fundamental em muitos dos projetos de engenharia. Neste trabalho, partindo de um caso real para um estudo académico, pretendeu-se aplicar várias áreas do conhecimento no projeto e fabrico de um equipamento destinado a alterar o modo de interação do condutor com uma moto. Com este trabalho os autores pretendiam aplicar o conceito de educação STEAM que é uma abordagem de aprendizagem que usa a ciência, a tecnologia, a engenharia, as artes e a matemática como elementos fundamentais para orientar a investigação, o diálogo e o pensamento crítico dos alunos.

Palavras-chave: Tecnologia mecânica, STEAM, Fabrico Aditivo, Aulas Laboratoriais, FABLAB.

Resumen: La integración de diversas áreas de conocimiento es fundamental en muchos proyectos de ingeniería. En este trabajo, partiendo de un caso real para un estudio académico, se pretendió aplicar varias áreas de conocimiento en el diseño y fabricación de equipos destinados a cambiar la forma en que un piloto interactúa con una motocicleta. Con este trabajo los autores pretendieron aplicar el concepto de educación STEAM que es un enfoque de aprendizaje que utiliza la ciencia, la tecnología, la ingeniería, las artes y las matemáticas como elementos fundamentales para orientar la investigación, el diálogo y el pensamiento crítico de los estudiantes.

Palabras claves: Tecnología mecánica, STEAM, Fabricación Aditiva, Clases de Laboratorio, FABLAB.

Abstract: The integration of various areas of knowledge is fundamental in many engineering projects. In this work, starting from a real case for an academic study, it was intended to apply several areas of knowledge in the design and manufacture of equipment intended to change the way a rider interacts with a motorcycle. With this work the authors intended to apply the concept of STEAM education which is a learning approach that uses science, technology, engineering, arts and mathematics as fundamental elements to guide research, dialogue and critical thinking of students.

Keywords: Mechanical technology, STEAM, Additive Manufacturing, Laboratory Classes, FABLAB.

1. Contexto da prática profissional

No Instituto Politécnico de Bragança (IPB), em particular, na Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTIG) têm-se vindo a desenvolver vários trabalhos com alunos, que relacionam a componente mais teórica das unidades curriculares (UC's) com a concretização prática desses conceitos no desenvolvimento e fabrico de equipamentos didáticos que poderão ser usados, mais tarde, por outros colegas em ambientes laboratoriais (Ribeiro, 2018), (Ribeiro, Barros & Silva, 2018). Nesse sentido, os docentes da Licenciatura em Engenharia Mecânica têm introduzido uma forte componente de trabalhos laboratoriais nas suas UC's.

A Licenciatura de Engenharia Mecânica integra no seu plano de estudos a unidade curricular (UC) de Projeto ou Estágio com 6 *European Credits Transfer System* (ECTS), é lecionada no 2.º semestre do 3.º ano, tem um total de 162 horas de trabalho. Esta UC não tem carga horária letiva, funcionando como aulas tutoriais. A UC de Projeto ou Estágio não tem conteúdos programáticos definidos, sendo que o aluno pode abordar assuntos relacionados com a profissão ou estagiar em empresa ou instituição que garanta uma integração no mundo laboral.

O FabLab IPB, laboratório de fabrico digital, ocasionalmente, propõe estágios a alunos internacionais. Nesse sentido, foi proposto a um aluno internacional, em colaboração com vários docentes, desenvolver uma solução para um hipotético problema. Um motociclista que não possui um dos membros superiores, adquire um motociclo com 3 rodas, do tipo da Can-Am Spyder. Dada a sua limitação, necessita de passar os comandos que estão num dos lados do guiador para o outro, suponhamos do esquerdo para o direito. Para colmatar esta limitação, será necessário efetuar o projeto de engenharia, nomeadamente, o dimensionamento estrutural, ajustar o design final para integrar com o design do veículo, a ergonomia, bem como, estudar o processo tecnológico de fabrico.

2. Relato da prática profissional

Fabrico aditivo (FA) é qualquer tecnologia de fabrico que recorra a processos de fabrico por camadas a partir de um modelo CAD com a finalidade de obtenção de modelos ou protótipos e, até mesmo, peças de produção final (Diegel, 2014). Este processo de fabrico possibilita a criação de modelos com geometrias de extrema complexidade, possibilitando mesmo a construção de montagens, eliminando a necessidade do fabrico em peças individuais e posterior montagem, o que resulta numa redução de dificuldade e custos associados à montagem (Reis, 2021).

O processo realizado para criar esta alteração desenvolveu-se tendo em consideração, em simultâneo, os fatores científicos, tecnológicos, de engenharia e estéticos. De seguida descreve-se, sucintamente, o início do ensino das tecnologias de fabrico aditivo em Portugal passando depois para o caso em concreto.

2.1 O ensino e o fabrico aditivo

Os primeiros casos em Portugal da utilização da tecnologia de FA, em contexto académico, aconteceram na década de 90 do século passado. Em particular no INEGI (Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial), nesta época, iniciava-se o uso destas tecnologias, a primeira impressora fora lançada para o mercado cerca de 10 anos antes pela 3D

Systems. Nessa altura, ainda não se falava em FA e o grande objetivo era o fabrico rápido de protótipos, preferencialmente funcionais, falava-se, então, de prototipagem rápida. A outra grande área era o fabrico rápido de ferramentas (Rocha, Santos, & Barbosa, 2017).

Com o passar do tempo, mudou a terminologia, começou a falar-se de tecnologias de FA e impressão tridimensional, destinada à prototipagem rápida. Esta designação, fabrico aditivo opõe-se ao fabrico subtrativo, por exemplo, fresagem ou torneamento.

Outra grande alteração que esta tecnologia sofreu, rumo à democratização foi a alteração do preço dos equipamentos de FA. Na década de 90 do século passado um equipamento podia custar de 100.000 a 500.000 euros o que os tornava pouco acessíveis para a maioria das empresas. A democratização começa com uma forte e progressiva concorrência neste mercado, originando uma redução nos preços. A qualidade influencia decisivamente o preço, assim, atualmente é possível comprar uma pequena impressora a partir de 500 euros.

Para reduzir, ao máximo, o preço de venda, alguns fabricantes vendem o equipamento em peças devendo cada utilizador montar a sua própria impressora.

A impressão 3D está, inevitavelmente, associada a uma mudança de paradigma na sociedade, em particular, as gerações mais novas. Referimo-nos à facilidade com que os jovens interagem com equipamentos, por exemplo, smartphones e tablets, considerando que esta tecnologia sempre existiu. Alguns estudantes de várias áreas científicas, têm uma impressora em casa, tal como, no final do século passado tinham uma impressora 2D.

2.2 Os FabLabs como local de democratização das tecnologias de fabrico digital

É aqui que entram os "FABLABS" e a rede internacional associada a estes laboratórios locais, reconhecida pela fabfoundation (www.fabfoundation.org), ligada ao MIT (Massachusetts Institute of Technology), que possibilitam a invenção, fornecendo acesso a ferramentas para a fabricação digital. Estes laboratórios são dotados de diversos equipamentos como computadores, scanners, impressoras 3D, plotters de vinil, fresadoras (CNC), máquinas laser, canetas 3D, bem como, diversos componentes e equipamentos eletrónicos. Equipamentos estes que facilitam, também, o acesso à programação básica e objetiva, com vista à resolução da necessidade de um automatismo específico para um determinado invento. Contudo, no FabLab, o segredo não são os equipamentos, mas sim a partilha de conhecimento e o apoio dos todos os intervenientes presentes, o que torna esta aprendizagem mais fluída e divertida.

O FABLAB IPB é apenas um dos que se destaca no âmbito nacional por estar fortemente vocacionado para o desenvolvimento e fabrico de protótipos associados à investigação científica, tendo vindo a ganhar utilizadores das mais diversas áreas, como é o caso da engenharia mecânica, engenharia biomédica, engenharia eletrónica e design. Este laboratório encontra-se localizado no Instituto Politécnico de Bragança (IPB), mais precisamente, na Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTiG) e que é um local de fácil acesso a toda a comunidade académica. Tendo uma grande comunidade estrangeira presente no IPB, alguns destes alunos efetuam aqui estágios.

2.3 Educação STEAM associada ao fabrico aditivo

Os recentes avanços nas tecnologias digitais e, particularmente, no FA têm revolucionado o cenário industrial. Essas mudanças exigem novas competências de engenharia e gestão para explorar, de forma completa e sustentável, as vantagens oferecidas por essas tecnologias avançadas (Despeisse & Minshall, 2017). Assim, nos últimos anos, tem-se verificado o aumento do interesse dos alunos do ensino superior pela educação STEAM com recurso a tecnologias de fabrico avançadas. Em particular, no caso do ensino de engenharias, estas metodologias de educação têm **demonstrado** uma elevada eficácia no processo de aprendizagem. No caso específico das tecnologias de FA, verifica-se que estas podem ser usadas para apoiar programas educacionais STEAM em todos os ambientes formais e informais, com o objetivo de aprender competências únicas de FA enquanto envolve os estudantes em atividades de aprendizagem prática, tátil e visual. Deste modo, é possível aumentar as competências dos alunos para empregos na indústria e, simultaneamente, aprenderem a pensar de forma diferente ao projetar para FA (Simpson et al., 2017).

Para permitir que estudantes do ensino superior, especialmente aqueles interessados em carreiras relacionadas com engenharia, arte e design, melhorem a sua capacidade de integrar o conhecimento de ciência, tecnologia, engenharia e matemática, **a metodologia STEAM deve ser utilizada** nas suas práticas de design criativo e **devem** familiarizar-se com o próprio fabrico.

O desenvolvimento de um currículo de transição, conhecido como STEAM (ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática) usando ferramentas digitais como impressoras 3D, tem sido cada vez mais reconhecido como emergente e vital (Chien & Chu, 2018). Nesse sentido, tem-se vindo a verificar, no seio do ensino superior, propostas de trabalhos que integrem conceitos da educação STEAM e **recorrem** ao fabrico digital para materializar alguns desses conceitos e ideias (Schelly & Pearce, 2019).

2.4 Elaboração do projeto

Este projeto é constituído por um conjunto de peças mecânicas e eletrónicas (ver Figura 1) que permitirá a um motociclista que, hipoteticamente, perdeu um braço num acidente de viação, poder conduzir uma mota de três rodas. O engrenamento das velocidades é efetuado pelo acionamento de um comando com a mão direita, do lado direito, estando o comando de acionamento de origem no lado esquerdo. Tudo tem de ser planeado tendo em conta que um dia se possa retirar todo este equipamento e voltar à sua forma original, mantendo o valor comercial, em caso de venda do motociclo. A homologação da alteração do sistema está fora do âmbito deste projeto, pretende-se apenas testar o conceito.

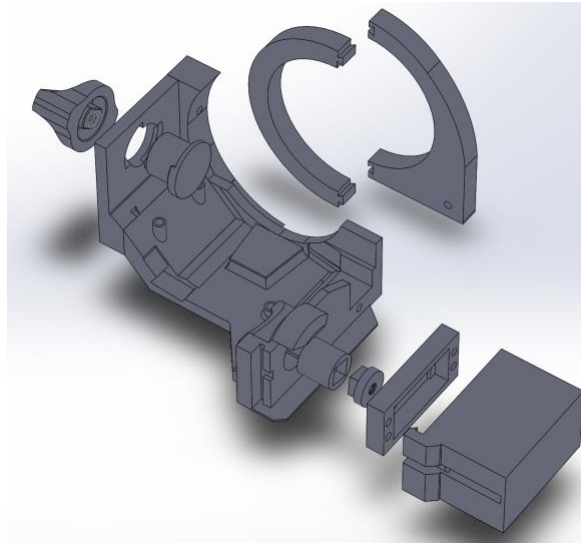


Figura1- Modelação 3D do equipamento.

Todos os componentes foram desenhados em programas de desenho tridimensional de CAD 3D. Há vários programas disponíveis no mercado, havendo, contudo, alguns que, por serem 'OPENSOURCE', ganham algum destaque no mercado como são, por exemplo, o "OpenCAD", "FreeCAD", o "Fusion350", o "Blender", entre outros, tão bem conhecidos pela comunidade "Maker". Como FabLab IPB tem uma licença comercial do software comercial SolidWorks®, permitindo uma redução significativa dos tempos de projeto, optou-se por este software.

São várias as tecnologias de impressão 3D existentes no laboratório, contudo, para a realização deste protótipo, recorreu-se, essencialmente, a impressoras de tecnologia FDM (*Fused deposition modeling*), por se tratar de uma tecnologia de baixo custo, o que facilita a produção de componentes de teste levando à otimização dos diversos componentes. Na Figura 2, é possível observar alguns elementos obtidos por fabrico aditivo, bem como, a componente eletrónica usada no projeto desenvolvido pelo aluno.

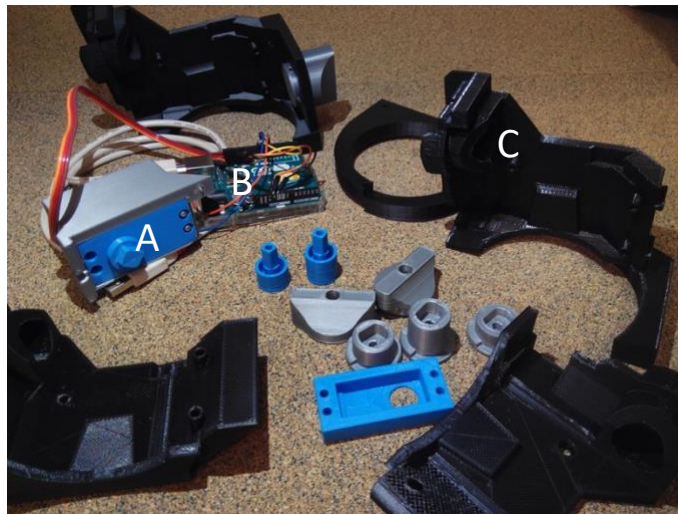


Figura2- Componentes mecânicos, elétricos e eletrónicos. (A) Motor; (B) Arduino UNO; (C) Impressão 3D

Outra parte importante deste projeto, sem a qual não seria possível a sua automatização, é a conceção de um sistema que tem como base a programação de um microcontrolador, neste caso, baseado na plataforma Arduino Nano para o controlo de um servo motor. Desta forma, o condutor utiliza um interruptor, colocado do lado que lhe permite usar a mão funcional, de modo a dar ordens de "SHIFT_UP" e "SHIFT_DOWN", acionando o interruptor num sentido ou noutro, respetivamente. O sinal do interruptor é lido por 2 entradas digitais, que detetam o sentido da mudança (isto aliado a um mecanismo de *debouncing* por software para eliminar a mudança não desejada de mudanças). Uma vez detetado o sentido de mudança, o Arduino comanda o servo motor de forma que este se mova no sentido correto (ex: esquerda ou direita), movendo o sistema mecânico associado, retornando à posição de repouso (onde nenhuma mudança é engrenada) algumas centésimas de segundo depois.

3. Discussão e avaliação da implementação da prática profissional

Tendo sido um dos primeiros projetos em que se tentou aplicar a metodologia STEAM no FabLab IPB, pensamos que, em termos gerais, os objetivos que se pretendia atingir foram alcançados, na medida em que se conseguiu que o aluno aplicasse a metodologia da educação STEAM, isto é, uma abordagem de aprendizagem que usou a ciência, a tecnologia, a engenharia, as artes e a matemática.

Em trabalhos anteriores neste laboratório, os alunos preocupavam-se pouco com algumas áreas, principalmente, o design e ciências sociais. Neste trabalho, dado o destinatário do próprio trabalho e o design da moto, estes dois aspetos foram alvo de atenção durante todo o desenvolvimento.

O facto de o aluno experienciar dificuldades em adaptar a ideia que tinham à realidade, tendo limitações de espaço, equipamentos de fabrico disponíveis, componentes eletrónicos, ter de programar Arduino e utilizar o software de simulação (SolidWorks), certamente, terá tornado o trabalho realizado um meio de aprendizagem enriquecedor e profícuo que lhe terá permitido desenvolver competências essenciais a um futuro engenheiro mecânico.

O aluno teve uma atitude muito positiva ao longo de todo o processo, pois mostrou-se sempre motivado e empenhado, mesmo quando se deparou com alguns obstáculos. O seu entusiasmo foi particularmente evidente quando passou à fase de execução do projeto e se podia observar os componentes a executar os movimentos corretamente.

Referências

- Chien, Y., Chu, P. (2018). The Different Learning Outcomes of High School and College Students on a 3D-Printing STEAM Engineering Design Curriculum. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16, 1047-1064.
- Diegel, O. (2014), 10.02 - Additive Manufacturing: An Overview. In Chester J. Van Tyne (Eds.), *Comprehensive Materials Processing*, Vol. 10, (pp. 3-18).
- Despeisse, M., Minshall (2017). Skills and Education for Additive Manufacturing: A Review of Emerging Issues. Paper presented at *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems* (pp. 289-297).

- Ribeiro, J. (2018). Project based learning applied to manufacturing processes course unit. *EDULEARN18 Conference*.
- Ribeiro, J., Barros, P., Silva, F. (2018). Uma experiência de integração da teoria com a prática em Tecnologia Mecânica II. *Encontro Internacional "A Voz dos Professores de Ciências e Tecnologia" (VPCT 2018)*.
- Reis, R. (2021). Fabrico Aditivo. *Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica*, Instituto Politécnico de Tomar.
- Rocha, J. Santos, J., Barbosa, J. (2017). Impressão 3D no FabLab IPB, um caso solidário. *Revista Robótica*. 108, 24-25.
- Schelly, C., Pearce, J. (2020). Bridging the Social and Environmental Dimensions of Global Sustainability in STEM Education with Additive Manufacturing. In N. Ali and M. Khine (Eds.), *Integrating 3D Printing into Teaching and Learning* (pp. 29-42). Practitioners' Perspectives.
- Simpson, T., et. al (2017). Preparing industry for additive manufacturing and its applications: Summary & recommendations from a National Science Foundation workshop. *Additive Manufacturing*, 13, 166-178.