



MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2014/2015

O IMPACTE DA TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL NUM PROCESSO FABRIL – O CASO DA BOA SAFRA

JOANA MARIA FONSECA ANDRADE DAS NEVES

Dissertação submetida para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Presidente do Júri: Cidália Maria de Sousa Botelho

Professor Auxiliar Convidado do Departamento de Engenharia Química

Orientador académico: Isabel Maria Soares Brandão de Vasconcelos

Professor Auxiliar Convidado do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de
Materiais

Supervisor na empresa: Isa Maria da Rocha Carvalho Moreira

Engenheira do Ambiente na empresa Boa Safra

Julho 2015

O Impacte da Terceira Revolução Industrial num Processo Fabril – O Caso da Boa Safra

Joana Maria Fonseca Andrade das Neves

Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

Orientador: Isabel Maria Soares Brandão de Vasconcelos

Co-orientador: Isa Maria da Rocha Carvalho Moreira

Julho de 2015

Resumo

Desde a ocorrência da 1ª Revolução Industrial que a situação mundial a nível económico, social e ambiental alterou por completo. Com os impactes causados por esta e com o decorrer dos anos foram surgindo as primeiras preocupações a nível ambiental, que deram origem à ecologia industrial e às ferramentas a esta associadas. No entanto, estas não são por si só suficientes para travar o estado de degradação do meio ambiente. Assim, surge o conceito de 3ª Revolução Industrial pela perspectiva de dois grandes visionários: Jeremy Rifkin e Chris Anderson. Estes focam-se em pontos distintos mas complementares. Rifkin destaca as energias renováveis em associação com a *web* como a solução para estagnar a degradação do meio ambiente e a economia em recessão. Por outro lado, Anderson foca-se na revolução digital, principalmente nas impressoras 3D em associação com o código aberto e com o espírito *Do-It-Yourself*.

Neste trabalho foi alvo de estudo uma editora de design sustentável, a Boa Safra que foca o seu trabalho na criação de peças de mobiliário sustentáveis. Para tal, esta recorre à utilização de madeira maciça, acabamentos naturais, tecidos naturais de forma a criar o menor impacte ambiental possível. Aliado a este modo de atuação, a empresa segue os moldes da 3ª Revolução Industrial, nomeadamente o facto de ser uma pequena empresa, com a criação de produtos inovadores, recorrer ao *design* aberto e a ferramentas digitais de *desktop*. De forma a perceber as vantagens da implementação desta nova revolução a um processo fabril, realizou-se uma avaliação de desempenho ambiental a dois cabides, o cabide *grow-up* e o tradicional. O primeiro foi produzido com base nos princípios e ferramentas da 3ª Revolução Industrial, e o segundo referido foi fabricado a partir de ferramentas mecanizadas típicas dos setores tradicionais de mobiliário.

Os resultados demonstram que a produção do cabide *grow-up* foi mais eficiente, uma vez que o seu consumo de energia e as emissões de CO_2 foram ambas 18.4% menores do que no cabide tradicional. O mesmo ocorreu a nível da produção de resíduos que se revelou 17% inferior, assim como, a massa de acabamentos utilizados, que demonstrou ser 49.4% menor no caso do cabide *grow-up*.

Palavras-chave: Sustentabilidade; 3ª Revolução Industrial; Impressora 3D; *Ecodesign*; Mobiliário.

Abstract

Since the occurrence of the 1st Industrial Revolution the worldwide levels at economic, social and environmental completely change. With the impacts caused by this and with the years passing the first concerns of the environmental level emerged, which gave rise to the industrial ecology and tools to this associated with. However, these are not by themselves sufficient to stop the degradation state of the environment. Thus arises the concept of the 3rd Industrial Revolution from the perspective of two great visionaries: Jeremy Rifkin and Chris Anderson. These focus on different but complementary points. Rifkin highlights renewable energy in association with the web as the solution to stop degradation of the environment and the economy recession. On the other hand, Anderson focuses on the digital revolution, especially in the 3D printers in combination with open source and the spirit Do-It-Yourself.

This work has been subject of the study about the publisher of sustainable design, the Boa Safra that focuses its work in creating sustainable furniture pieces. Allied to this mode of operation, the company follows the lines of 3rd Industrial Revolution, in particular the fact that it is a small company, creating innovative products, using the open design and the digital desktop tools. In order to identify the benefits of implementing this new revolution to a manufacturing process carried out by an environmental performance evaluation of two hangers, the grow-up and the traditional. The first was produced based on the principles tools of the 3rd Industrial Revolution, and the second that was made from typical mechanized tools of traditional furniture sectors.

The results show that the production of the grow-up hanger was more efficient, since their energy consumption and CO_2 emissions were both 18.4% lower than in the traditional hanger. The same occurred at the level of production of waste that has proved to be 17% lower, as well as the mass of finishes used which has been shown to be 49.4% lower in the case of grow-up hanger.

Keywords: Sustainability; 3rd Industrial Revolution; 3D Printer; Ecodesign; Furniture

Agradecimentos

À orientadora da minha dissertação, Eng.^a Isabel Vasconcelos, agradeço o apoio prestado, a partilha de conhecimentos, as opiniões e as críticas construtivas para que esta dissertação fosse concretizada com sucesso.

À Boa Safra, em especial, à Eng.^a Isa Moreira e ao Eng. Rui Rocha, por me terem recebido tão bem, pela partilha de conhecimentos e informação e pelo interesse demonstrado ao longo de todo o projeto.

Aos parceiros da Boa Safra, por me receberem de forma tão positiva, pela sua disponibilidade e por me demonstrarem com tanto entusiasmo o funcionamento das suas atividades.

À Eng.^a Paula Barroso e à Eng.^a Ana Carla Madeira pela disponibilidade em me receberem e pelos conhecimentos transmitidos.

Agradeço a todos os meus amigos da faculdade que partilharam comigo estes 5 anos e às minhas amigas de sempre por me terem ouvido, motivado e incentivado e por acreditarem que chegaria ao fim com sucesso.

Ao Emanuel por toda a ajuda prestada ao longo deste tempo.

Ao Sérgio pela compreensão, a tolerância, o incentivo e por ter acreditado em mim.

À minha família por sempre me ter apoiado, incentivado e acompanhado ao longo do meu percurso académico.

Aos meus Pais e à minha irmã Ana devo-lhes a pessoa que sou hoje. Obrigada pelo incrível acompanhamento, pelo carinho e amor e por transmitirem tanto orgulho em mim.

Joana Neves

“O que eu acho é que não devemos ser apanhados de surpresa pelo avanço da nossa tecnologia. Isto aconteceu vezes sem conta na História com o avanço tecnológico, que por sua vez muda as condições sociais, e de repente as pessoas encontram-se em situações que não anteciparam e a fazer todo o tipo de coisas que, afinal, nunca quiseram fazer.”

Aldous Huxley

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Estrutura da Dissertação	3
2	Revisão da Literatura	5
3	Evolução da Gestão Ambiental	9
3.1	Desenvolvimento Sustentável	9
3.2	Ecologia Industrial	11
3.2.1	Ferramentas e aplicações	12
3.2.2	<i>Ecodesign</i>	13
3.2.3	Avaliação do ciclo de vida	15
3.2.4	Avaliação do Desempenho Ambiental	17
4	1ª e 2ª Revoluções Industriais	21
4.1	1ª Revolução Industrial	21
4.2	2ª Revolução Industrial	22
5	3ª Revolução Industrial	25
5.1	Exemplo de ferramentas digitais de desktop	27
5.1.1	Impressora 3D	27
5.1.2	Controlo Numérico Computorizado (CNC)	34
6	Indústria do Mobiliário	37
6.1	Evolução do Setor	37
6.1.1	Europa	37
6.1.2	Portugal	38
6.2	Fileira da Madeira	39
6.3	A sustentabilidade na gestão das florestas	42
6.4	Outros componentes presentes no mobiliário	44
7	Caso de Estudo	47
7.1	Boa Safra	47
7.1.1	Rede Boa Safra	51
7.1.2	Evolução das Teorias de Produção	53
7.1.3	Estudo dos cabides	55
8	Conclusão	67

A	Desenho Técnico: Cabide <i>Grow-Up</i>	69
B	Demonstração dos cálculos referentes à produção de resíduos	73
C	Demonstração dos cálculos referentes à quantidade de matéria-prima	77
D	Demonstração dos cálculos referentes ao consumo de energia	79
E	Demonstração dos cálculos referentes à massa de acabamentos utilizados	83
F	Demonstração dos cálculos referentes à massa de cartão necessário para embalagem	85
	Referências	89

Lista de Figuras

3.1	Os três pilares da sustentabilidade [24].	10
3.2	Modelo de um ecossistema industrial [28]	12
3.3	Ferramentas de ecologia industrial utilizadas em cada parte do processo para promover o ciclo de produção fechado [33].	13
3.4	Custos de desenvolvimento e impactes ambientais ao longo do ciclo de vida do produto [40].	14
3.5	Diagrama de estratégias do <i>ecodesign</i> . [36]	15
3.6	Representação esquemática genérica do ciclo de vida de um produto [42].	16
3.7	Metodologia adoptada para a ADA pela Norma NP EN ISO 14031 [35].	18
5.1	Exemplo de uma impressora 3D [63]	28
5.2	Funcionamento de um sistema de sinterização seletiva por laser [62]	29
5.3	Funcionamento de um sistema de modelagem por deposição fundida [62].	29
5.4	Funcionamento de um sistema de estereolitografia [62].	30
5.5	Áreas de atuação da impressão 3D [62]	30
5.6	Complexidade de um modelo obtido através da impressão 3D [72].	33
5.7	Exemplo de um Controlo Numérico Computorizado [74]	34
6.1	Evolução do setor de mobiliário em Portugal [82]	39
6.2	Valores da exportação e importação de mobiliário [83]	39
6.3	Derivados da madeira.	41
7.1	Esquema representativo da distribuição espacial das atividades e funcionários da Boa Safra (cedido pela Boa Safra).	48
7.2	Etiqueta dos produtos utilizada pela Boa Safra (cedido pela Boa Safra).	50
7.3	Esquema representativo do uso da madeira pela Boa Safra e seus parceiros (cedido pela Boa Safra).	52
7.4	Cabide <i>grow-up</i> (cedido pela Boa Safra).	56
7.5	Esquema representativo das etapas analisadas na conceção dos cabides.	57
7.6	Tipo de empacotamento utilizado no cabide <i>grow-up</i> (cedido pela Boa Safra).	64
7.7	Comparação dos custos entre a produção em massa e o fabrico digital [4]	66

Lista de Tabelas

3.1	Vantagens e limitações da avaliação do ciclo de vida [38,43,44].	17
3.2	Vantagens e limitações da avaliação de desempenho ambiental [45-47].	19
5.1	Tipos de tecnologias de prototipagem rápida.	30
5.2	Vantagens e limitações da impressão 3D [4,71]	32
6.1	Importação de mobiliário pela UE a países não pertencentes à mesma [80].	38
6.2	Avaliação dos impactes dos derivados de madeira [93-95].	42
6.3	Impactes ambientais dos materiais constituintes de uma peça de mobiliário [105-107].	45
7.1	O papel desempenhado pela Boa Safra aos seus parceiros.	51
7.2	Volume de resíduos produzidos no fabrico do cabide <i>grow-up</i> e do cabide tradicional.	58
7.3	Quantidade de matéria-prima necessária para o fabrico do cabide <i>grow-up</i> e do cabide tradicional.	59
7.4	Consumo de energia decorrente da produção do cabide <i>grow-up</i>	60
7.5	Consumo de energia decorrente da produção do cabide tradicional.	61
7.6	Emissões de CO_2 equivalente resultantes da produção do cabide <i>grow-up</i> e do cabide tradicional.	63
7.7	Massa de acabamentos utilizados na produção do cabide <i>grow-up</i> e do cabide tradicional	63

Abreviaturas e Símbolos

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CN	Controlo Numérico
CNC	Controlo Numérico Computorizado
COV	Composto Orgânico Volátil
ECI	<i>Environmental Condition Indicators</i>
EPI	<i>Environmental Performance Indicators</i>
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i>
FSC	<i>Forest Stewardship Council</i>
GEE	Gases com Efeito de Estufa
HCFC	Hidroclorofluorocarbonetos
HPI	<i>Happy Planet Index</i>
JIT	<i>Just-in-Time</i>
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
MPI	<i>Management Performance Indicators</i>
OPI	<i>Operational Performance Indicators</i>
PEFC	<i>Programme for the Endorsement of Forest Certification</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PME	Pequenas e Médias Empresas
QREN	Quadro Estratégico de Referência Nacional
SLA	<i>Stereolithography</i>
SLS	<i>Selective Laser Sintering</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

Não existem limites fronteiriços para os problemas ambientais. O efeito de estufa, com conseqüente aquecimento global, a depleção da camada de ozono, a poluição das águas, ar e solo e a destruição das florestas atingem toda a população mundial. Estes acontecimentos devem-se ao forte desenvolvimento económico resultante das evoluções tecnológicas e industriais. Estas, apesar de estarem continuamente a ocorrer, despoletaram nos séculos XVIII e XIX com a 1ª e 2ª Revolução Industrial, respetivamente. Nestas épocas o consumo excessivo de recursos naturais e combustíveis fósseis alteraram por completo o estado global do meio ambiente. Apesar destes aspetos e de, desde sempre, a Humanidade ter demonstrado preocupações ambientais, só em meados dos anos 70 é que surgiram as primeiras medidas de preservação do meio ambiente.

Atualmente não há dúvida da importância da articulação e equilíbrio desta vertente com as dimensões sociais e económicas. Este equilíbrio designa-se por desenvolvimento sustentável. No entanto, uma parte do setor industrial ainda é cético em relação à integração da dimensão ambiental nas suas atividades, talvez por considerar que a inclusão deste aspeto iria prejudicar o seu foco, o lucro. Há, no entanto, estudos que contrariam esta perspetiva, nomeadamente o relatório económico, realizado para o governo do Reino Unido, que apresenta a visão do problema ambiental, particularmente o das alterações climáticas, pela vertente económica. Neste concluiu-se que[1]:

“(...) os custos e os riscos totais das alterações climáticas serão equivalentes a perder pelo menos 5% do PIB global todos os anos, agora e para sempre (...); em contraste, os custos da ação – reduzindo emissões de gases de estufa para evitar impactes mais graves na mudança do clima - podem ser limitados a cerca de 1% do PIB global todos os anos.”

As atividades industriais são responsáveis por 22% do consumo total de energia e por 20% das emissões globais de CO_2 . A par da dimensão ambiental, também a social e a económica encontram-se num modo insustentável [2].

Existem diversas ferramentas de decisão ambiental que permitem avaliar os desempenhos das organizações, determinar os pontos de maior desperdício e criar produtos mais sustentáveis. No entanto, estas não são suficientes para travar o estado constante de degradação. Aliado a este facto, verifica-se que os níveis de desemprego, resultantes da atual crise económica, têm assolado diversos países, encontrando-se o mundo numa situação de insustentabilidade. Desta forma, o setor industrial tem que, inevitavelmente, alterar o seu modo de atuação e encontrar soluções que permitam que as três dimensões mencionadas atinjam o seu equilíbrio.

Assim, surgiu recentemente uma nova adição às práticas industriais, o conceito de “3ª Revolução Industrial”. Esta nova revolução é suscetível de alterar drasticamente modelos de negócios, mudar locais de produção e diminuir cadeias de abastecimento [3]. De acordo com Chris Anderson (2013) para que um país se mantenha economicamente forte, terá de ser capaz de produzir os seus próprios bens. Esta situação é suscetível de ocorrer através da utilização do código aberto, isto é, da partilha de informação *online* e das ferramentas digitais de *desktop*. Destas a que se encontra em grande destaque é a impressora 3D. No entanto, existem outras a ter em consideração, como o controlo numérico computadorizado (CNC) de 5 eixos, a máquina de corte a laser e o *scanner* 3D. Estas ferramentas oferecem a possibilidade de cada pessoa produzir os seus próprios objetos com menores impactes ambientais [4].

Na presente dissertação será realizada uma análise a esta nova revolução como parte integrante da Editora de *Design* Sustentável “Boa Safra” e os impactes decorrentes da sua implementação. O setor de atuação da referida empresa (conceção e fabrico de mobiliário) é um dos mais relevantes para a economia nacional e para a população. No entanto, este ramo apresenta fortes impactes ambientais devido à tipologia de materiais que integram uma peça de mobiliário. O exemplo de atuação da “Boa Safra” permitirá demonstrar como se pode produzir de modo sustentável e manter-se competitivo no mercado através da adoção das características inerentes à 3ª Revolução Industrial.

1.2 Objetivos

O objetivo geral desta dissertação consiste na análise do impacte da 3ª Revolução Industrial num processo fabril. Por ser um tema ainda muito recente e com um carácter muito relevante para as questões ambientais, pretende-se com este estudo compreender de que modo as empresas podem atuar de forma a diminuírem os seus impactes ambientais tornando-se mais eficientes. O caso de estudo que se apresenta é um exemplo que ajudará na interpretação dos conceitos que sustentam o tema em análise.

A par deste objetivo geral existem alguns objetivos específicos igualmente relevantes:

- Análise do modo como as empresas podem progredir no sentido da sustentabilidade: das ferramentas de decisão ambiental à 3ª Revolução Industrial;
- Estudo dos materiais constituintes de uma peça de mobiliário e dos impactes ambientais decorrentes dos mesmos;

- Avaliação do desenvolvimento digital mais recente, essencialmente as impressoras 3D e o CNC 5 eixos, e os seus efeitos ecológicos;

E ainda, no âmbito do caso de estudo, os seguintes:

- Análise do modo como a integração do conceito da 3ª Revolução Industrial afeta a empresa “Boa Safra” e torna os seus processos mais eficientes e sustentáveis;
- Avaliação e comparação do processo de produção de um cabide *grow-up* através das tecnologias CNC 5 eixos e impressora 3D e dos métodos de fabrico de um cabide tradicional na empresa “Boa Safra”.

1.3 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em oito capítulos.

No capítulo 1, realiza-se um enquadramento do tema com a explicação do porquê do seu estudo, a definição dos objetivos a que a dissertação se propõe, assim como a apresentação da sua estrutura.

No capítulo 2, elabora-se uma revisão da literatura com casos de estudo que explicitam como a 3ª Revolução Industrial está a ser encarada e integrada pelas organizações.

No capítulo 3, realiza-se uma abordagem aos conceitos de desenvolvimento sustentável e ecologia industrial, bem como as ferramentas a esta associadas. Apenas se dá destaque ao *ecodesign*, à avaliação do ciclo de vida e à avaliação de desempenho ambiental dada a sua relevância para o caso de estudo.

Nos capítulos 4 e 5, exploram-se as revoluções industriais ocorridas. A 1ª e 2ª Revolução Industrial encontram-se num capítulo distinto da 3ª Revolução Industrial dado a importância desta última para a presente dissertação. Ainda no quinto capítulo realiza-se uma análise a duas das ferramentas digitais de *desktop*: a impressora 3D e o CNC 5 eixos.

No capítulo 6, explora-se a indústria de mobiliário, analisando-se como esta tem evoluído a nível nacional, assim como na Europa. Também neste capítulo, realiza-se um estudo dos materiais tipicamente constituintes destas peças com os seus respetivos impactes ambientais.

No capítulo 7, elabora-se o estudo da Editora de *Design Sustentável* “Boa Safra”. Neste avalia-se o modo como a empresa integra o conceito da 3ª Revolução Industrial, os princípios subjacentes para atingir a sustentabilidade, os projetos e parceiros com os quais se encontra relacionada. Ainda no mesmo capítulo avalia-se o desempenho ambiental de dois produtos da empresa, cabide *grow-up* vs cabide tradicional, os quais foram fabricados com base em diferentes princípios, um de acordo com a 3ª Revolução Industrial e outro de acordo com a produção em massa. Com este estudo pretende-se demonstrar o efeito que esta nova Revolução Industrial pode ter num processo fabril.

Por fim, no capítulo 8, apresentam-se as conclusões do trabalho realizado.

Capítulo 2

Revisão da Literatura

A 3ª Revolução Industrial tem ganho uma forte dimensão e visibilidade ao longo dos anos. Desta forma, os países e as organizações estão a integrar cada vez mais nas suas atividades os princípios que a sustentam, de forma a ultrapassarem o nível de insustentabilidade económica, social e ambiental ainda comum na maioria dos casos.

A Alemanha é um destes exemplos. Este país produz atualmente 20% da sua eletricidade a partir de fontes de energia renováveis e espera-se que em 2020 este valor aumente para 35% (Rifkin, 2014) [5]. Este objetivo poderá ser conseguido à custa da construção de parques eólicos *offshore* que irão abranger uma área seis vezes superior à cidade de Nova York com o custo de 263 bilhões de dólares (Gordon, Borosage e Pugh, 2013) [6]. Para além da alteração em massa para as energias renováveis, atualmente na Alemanha, mais de um milhão de edifícios foram parcialmente convertidos em micro-estações de energia verde. Com o governo alemão a criar instalações de armazenamento de hidrogénio em todo o país, a empresa Daimler está a preparar estações de combustível do referido elemento direcionada para veículos elétricos movidos a célula combustível (Rifkin, 2014) [5].

Este forte investimento em energias renováveis também está no auge nos Estados Unidos da América (EUA). Estes investiram em 2011, 48,1 bilhões de dólares em energias renováveis (Gordon, Borosage e Pugh, 2013) [6]. O mesmo acontece com a China. Neste país, o sector da energia eólica sofreu um incremento de 0,567 GW em 2003 para 91 GW em 2013, sendo que já se fazem previsões para aumentar a capacidade de energia eólica da China para 200 GW em 2020. Já no caso da energia solar fotovoltaica, esta aumentou de 0,14 GW em 2009 para mais de 19 GW em 2013, com previsão de incremento para 50 GW até 2020 (Campbeel, 2014) [7]. Uma mudança mundial para a 3ª Revolução Industrial aumentará a eficiência energética global em 40% nos próximos 40 anos, de acordo com alguns autores (Gordon, Borosage e Pugh, 2013) [5].

Com a evolução da tecnologia atingir-se-á uma situação de convergência entre as energias renováveis e a *internet*. À medida que os diversos países forem produzindo e armazenando energia nos seus edifícios, da mesma forma que dados digitais, existirá a possibilidade de vender a energia excedente através da *web* (Rifkin, 2012) [8].

A par da implementação das energias renováveis, a 3ª Revolução Industrial também se foca

no desenvolvimento digital, nomeadamente, a impressora 3D. O mercado da produção aditiva que permite a produção de peças através da adição por camada de materiais, baseado num modelo sólido 3D sofreu um crescimento substancial a nível industrial. Ao longo dos últimos 25 anos verificou-se um aumento de 25,4% e nos últimos três anos cresceu 29% (Cotteleer, 2014) [9]. Para utilização a nível pessoal, este evoluiu de forma mais significativa, verificando-se um aumento de 345% por ano entre 2008 e 2011. Em 2012 o aumento foi muito menor, apenas 46,3%, possivelmente pela conjuntura económica mundial. A maioria destas impressoras 3D é utilizada por estudantes de engenharia e instituições de ensino incentivando o espírito *Do-It-Yourself* (Royal Academy of Engineering, 2013) [10].

Os EUA são, atualmente, um dos principais utilizadores da tecnologia aditiva. De todas as unidades comerciais/industriais vendidas em 2011, aproximadamente 62,8% foram produzidas pelos três maiores produtores de sistemas aditivos: Stratasys, Z Corporation, e 3D Systems (Thomas e Gilbert, 2014) [11]. No entanto, importa avaliar os impactes decorrentes da utilização desta tecnologia. Num estudo realizado com esta finalidade, concluiu-se que a tecnologia aditiva é capaz de melhorar a saúde e a qualidade de vida das populações devido à capacidade de criar produtos de saúde personalizados, nomeadamente, implantes cirúrgicos personalizados. A par deste facto, esta, em comparação com os métodos tradicionais, produz um menor impacte ambiental, devido ao menor consumo de recursos naturais e água. A capacidade da produção aditiva permitir criar produtos personalizados e, conforme a procura, permite reduzir as necessidades de armazenamento, transporte e embalagem, refreando de algum modo o consumismo e inevitavelmente o consumo de matérias-primas. A relação custo-eficácia torna-se mais vantajosa (Huang et al., 2012) [12].

Para os demais países, principalmente, os países em desenvolvimento, esta tecnologia constitui uma valorização. De acordo com um artigo produzido neste sentido, a impressora 3D demonstrou oferecer a possibilidade a cada país de ser produtor dos seus próprios bens, fomentando a criação de emprego e o desenvolvimento económico. A par deste aspeto, em países em desenvolvimento, este tipo de tecnologia auxilia na produção de ferramentas utilizadas na agricultura, assim como na construção de casas em situações de catástrofes ambientais. A impressora 3D poderia ainda permitir a criação de uma “máquina de água doce”, em locais onde o acesso a água potável é difícil, se não impossível. Este equipamento seria usado para gerar água doce a partir da água poluída (Ishengoma e Mtaho, 2014) [13].

Devido às suas vantagens, um número crescente de *fabrication laboratory* (Fab Lab) e *makerspaces*¹ têm surgido ao redor do mundo. Segundo Ellyssa Kroski e Chris Anderson, respetivamente, atualmente existem mais de 200 Fab Lab em mais de 30 países (Kroski, 2014) e quase mil *makerspaces* (Anderson, 2013) [14].

A combinação desta tecnologia com o *hardware* de código aberto permite acelerar o desenvolvimento sustentável. Neste sentido, no final de 2011 existiam mais de trezentos produtos comerciais de *hardware* de código aberto. (Torrone in Anderson, 2013) [4].

¹Os *makerspaces* são locais onde se encontram instaladas as mais variadas máquinas de produção. Constituem espaços criativos *Do-It-Yourself* onde as pessoas podem inventar, produzir e inovar [4]. Os *Fab Lab* constituem um tipo de *makerspaces*. Apesar do conceito *Do-It-Yourself* ser um estrangeirismo, a sua utilização na língua portuguesa é recorrente [14].

Para Brandon Malatest (2015) o código aberto é a chave para uma rápida inovação. Segundo este, com um *hardware* de código aberto todos os engenheiros podem colaborar na realização de um projeto, o que facilita a identificação de erros e a sua rápida correção, assim como o seu desenvolvimento com menores custos. Desta forma, menos tempo é despendido na criação de cada produto e mais produtos inovadores podem ser produzidos [15].

Capítulo 3

Evolução da Gestão Ambiental

As estratégias ambientais em geral, e na indústria, em particular, mudaram consideravelmente nas últimas décadas, nomeadamente, nas últimas três décadas do século XX [16, 17]. Na década de 70 surgiram os primeiros cargos e funções empresariais na área do ambiente [18]. Nesta época a indústria limitava-se a resolver os problemas ambientais *in-house*, isto é, dentro das fronteiras de instalações de produção [17]. O princípio inerente baseava-se no controlo da poluição, isto é, implementavam-se abordagens de fim-de-linha, tais como tratamento de efluentes. Esta estratégia apresentava custos elevados e tinha unicamente como finalidade o cumprimento das normas ambientais [19].

A abordagem das indústrias foi evoluindo e nas décadas de 80 e 90 focava-se na prevenção da poluição com integração dos problemas ambientais. De forma a fazer face a esta abordagem introduziu-se a avaliação de impacte¹ ambiental, como um instrumento de prevenção e de auxílio à decisão [19].

A partir do ano 2000 o tipo de atuação mudou consideravelmente, com a incorporação do ciclo de produção fechado nas suas atividades e processos. Este tinha como finalidade minimizar os impactos ambientais e na saúde pública, assim como, o consumo excessivo de recursos naturais. A reciclagem interna e externa iniciaram um processo de integração no sistema de produção, juntamente com as medidas de produção mais limpa e de redução de consumo de materiais [17, 19]. Este tipo de abordagem mais recente tinha como finalidade alcançar o desenvolvimento sustentável [19].

3.1 Desenvolvimento Sustentável

A primeira atitude mundial para lidar e discutir com o estado do meio ambiente ocorreu em 1972 na Conferência das Nações Unidas, realizada em Estocolmo, sobre o Ambiente Humano. Nesta surgiu a Declaração do Ambiente que engloba um conjunto de princípios orientadores para a preservação do ambiente [20].

¹Ao longo do texto optou-se sempre pela utilização do termo “impacte” em vez de “impacto”, sendo que ambos os termos estão corretos. No entanto, quando se abordam termos ambientais a legislação opta pela designação de “impacte”.

Posteriormente, em 1987, a Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento publicou o protocolo “Nosso Futuro Comum” também designado por declaração Brundtland onde se define desenvolvimento sustentável como [20]:

“O desenvolvimento que satisfaz as necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades.”

O mesmo tema foi integrado, em 1992, na Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (CNUAD), realizada no Rio de Janeiro. Esta proporcionou a criação da Agenda 21, a qual constitui um documento orientador dos governos, das organizações internacionais e da sociedade civil, para o desenvolvimento sustentável. A sua finalidade é conciliar a proteção do ambiente com o desenvolvimento económico e a coesão social [21, 22].

Desta forma, reforçou-se a importância da integração dos três pilares do desenvolvimento sustentável: o desenvolvimento económico, a coesão social e a proteção do ambiente (figura 3.1) [21]. Estes são frequentemente referidos como “tripé da sustentabilidade” (*triple bottom line*) e são utilizados para medir o sucesso de um programa de desenvolvimento específico ou projeto [23].



Figura 3.1: Os três pilares da sustentabilidade [24].

Sustentabilidade económica

A sustentabilidade económica prende-se com a utilização eficiente dos recursos [25]. Esta não deve ser avaliada apenas em termos de lucro, mas também em termos macrossociais, integrando-se o impacto do fluxo monetário entre o governo, as empresas e as populações [26].

Sustentabilidade ambiental

A sustentabilidade ambiental visa a integração de uma postura de responsabilidade ambiental por parte das populações e organizações. Esta tem como finalidade manter a resiliência e a solidez

dos sistemas biológicos e físicos, através de medidas como a redução da utilização de combustíveis fósseis e a diminuição da emissão de substâncias poluentes [23, 26].

Sustentabilidade social

Nesta vertente pretende-se garantir o bem-estar humano, bem como uma boa qualidade de vida. Como tal, devem ser garantidos os direitos dos trabalhadores e condições de trabalho dignas [26, 27]. De igual modo deve haver uma distribuição igualitária dos salários, diminuindo as diferenças sociais [26].

No sentido de se alcançarem as metas para um desenvolvimento sustentável, foram criadas diversas ferramentas que auxiliam na tomada de decisão as quais são parte integrante da disciplina de Ecologia Industrial.

3.2 Ecologia Industrial

Não existe uma única definição de ecologia industrial mundialmente aceite. Usando a definição de Robert White (1994, citado em Guo & Cai, 2011) esta pode ser vista como [28]:

“O estudo dos fluxos de materiais e energia nas atividades industriais e de consumo, no que respeita aos efeitos que esses fluxos possuem no ambiente e na influência de fatores económicos, políticos, reguladores e sociais do fluxo, no uso e na transformação de recursos”

O foco neste conceito ocorreu apenas em 1989 através de um artigo produzido por Robert Frosch e Nicholas Gallopoulos designado por “Estratégias para a manufatura” [29]. Neste artigo apresentava-se a ideia de que era possível desenvolver métodos de produção industrial com menor impacto no meio ambiente [30]. Para estes autores, a ecologia industrial visa desenvolver um ecossistema industrial fechado e sustentável [31]. Esta noção segue a analogia dos sistemas naturais. Num ecossistema os organismos utilizam a água e os minerais para crescerem e se desenvolverem, acabando por libertar resíduos. Os resíduos daqui resultantes são utilizados por outros microrganismos criando-se assim um ciclo fechado e dinâmico, encontrando-se todos os processos inter-relacionados [32].

O mesmo se pretende que ocorra num sistema industrial, onde a integração das noções de reutilização e reciclagem de resíduos no sistema seja passível de existir. A esta forma de atuação denomina-se “ecossistema industrial”, encontrando-se uma representação desta na figura 3.2 [32]

Com a inclusão deste conceito nos processos industriais, pretende-se atingir a maximização de benefícios sociais e económicos, o uso eficiente dos recursos, a minimização de danos ambientais, a promoção da reciclagem e a reutilização dos resíduos [28].

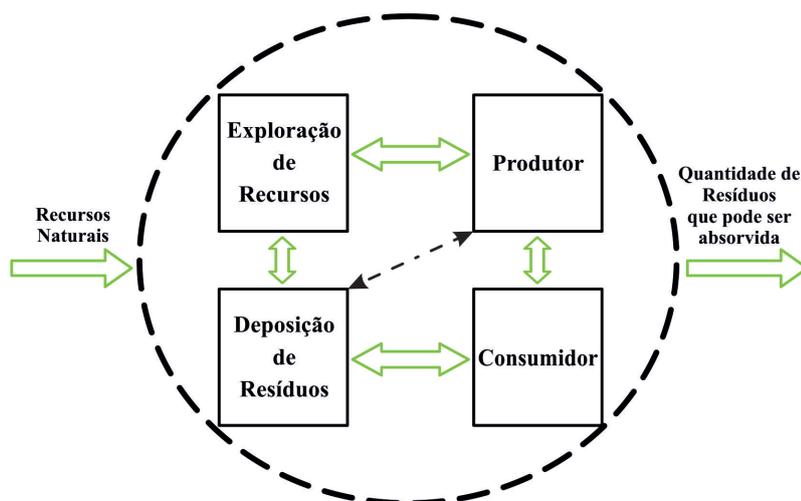


Figura 3.2: Modelo de um ecossistema industrial [28] .

3.2.1 Ferramentas e aplicações

De forma a promover um ciclo fechado, tal como anteriormente mencionado e apresentado na figura 3.3, existe um conjunto de tecnologias que podem ser utilizadas nas diferentes etapas da conceção de um produto [33].

De acordo com a figura 3.3 as ferramentas com um maior efeito para que tal ocorra são o *ecodesign* e a avaliação do ciclo de vida. O primeiro constitui uma ferramenta muito relevante, uma vez que segundo Huang, Mak e Maropoulos (2010, p.290), *European Comission* (2014) e Neto (2010) cerca de 80% dos impactes ambientais dos produtos são determinados durante a sua conceção. Assim, se esta for tida em consideração, é possível integrar os aspetos ambientais numa fase prematura obtendo-se um produto com melhor desempenho ambiental. Consequentemente, o consumo excessivo de recursos naturais, assim como a produção elevada de resíduos, irá sofrer uma substancial diminuição. No que concerne à avaliação do ciclo de vida, esta permite analisar todas as etapas da vida do produto, do berço ao túmulo, identificando as que são responsáveis por um maior impacte ambiental, social e económico [34].

A par destas ferramentas, a promoção da reciclagem, assim como a reutilização de determinados resíduos, permite que uma menor quantidade destes seja encaminhada para tratamento ou deposição final e, consequentemente, um menor consumo de recursos naturais será necessário. No entanto, caso não seja possível, devido à natureza do resíduo gerado, é relevante promover uma gestão adequada do mesmo.

Para além das ferramentas referidas, existem outras com interesse para a ecologia industrial e para a tomada de decisão, entre as quais, a avaliação de desempenho ambiental. Esta é uma ferramenta que utiliza indicadores que poderão ser importantes para a seleção dos aspetos ambientais a considerar no estabelecimento da matriz integrante da Norma ISO 14001 referente à gestão ambiental [35].

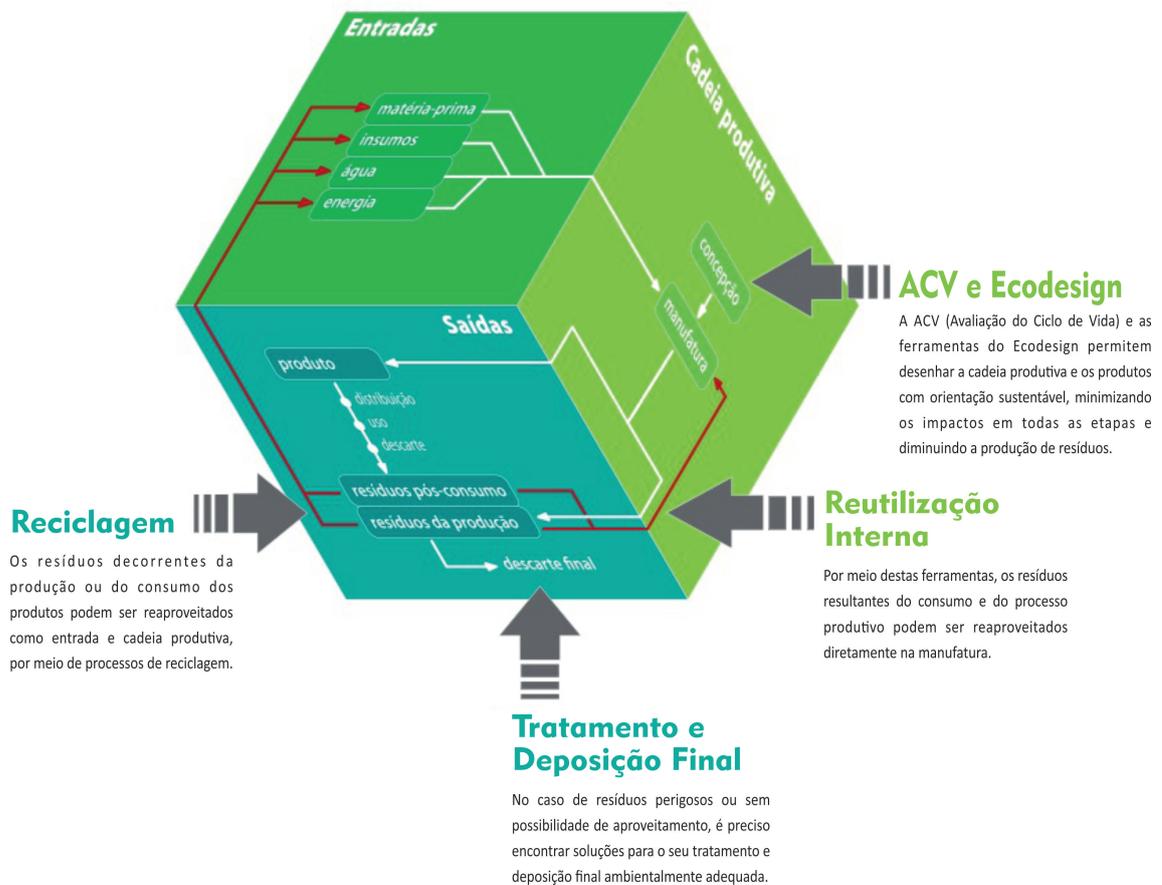


Figura 3.3: Ferramentas de ecologia industrial utilizadas em cada parte do processo para promover o ciclo de produção fechado [33].

Apesar da diversidade de ferramentas existentes, apenas serão abordadas de forma mais profunda, ao longo do trabalho, a avaliação de ciclo de vida, o *ecodesign* e a avaliação de desempenho ambiental devido, ao seu particular interesse para o caso de estudo.

3.2.2 *Ecodesign*

3.2.2.1 Definição de conceitos

Ainda que existam diversas designações atribuídas ao *ecodesign*, o conceito que lhe é inerente é comum aos diferentes autores, e passa pela integração das questões ambientais no *design* do produto, com vista a uma melhoria do seu desempenho ambiental, tendo em consideração todo o seu ciclo de vida (produção, utilização e eliminação) [36].

Citando Hemel e Cramer (2002, p.440) entende-se por *ecodesign* [37]:

“(…) a luta sistemática e consistente para melhorar o perfil ambiental do(s) produto(s) durante todas as fases do ciclo de vida do mesmo, incluindo a reciclagem e a deposição.”

A consideração dos aspetos ambientais na conceção de um produto não deve, no entanto, comprometer a sua funcionalidade, a estética, ergonomia e a qualidade [38].

Estima-se que cerca de 70% dos custos de desenvolvimento, fabrico e uso do produto são decididos nas primeiras fases do seu *design* e 80% dos impactes ambientais, durante a sua conceção (figura 3.4) [34, 39].

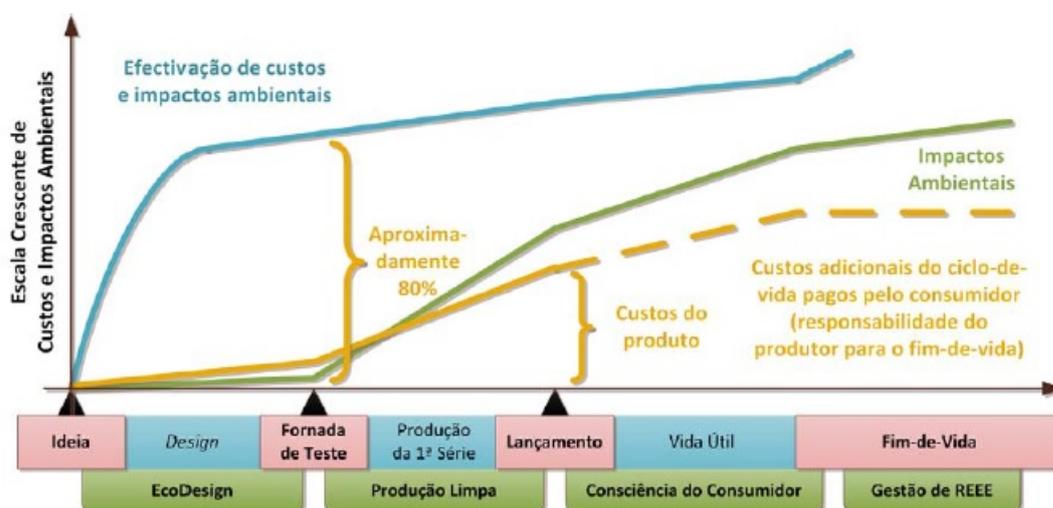


Figura 3.4: Custos de desenvolvimento e impactes ambientais ao longo do ciclo de vida do produto [40].

Assim, se se integrarem os aspetos ambientais no *design* do produto existe uma significativa redução de custos e impactes. A diminuição dos custos operacionais advém da utilização de menores quantidades de matérias-primas e materiais perigosos, recurso a materiais reciclados e/ou passíveis de reutilização e reciclagem, bem como a criação de produtos de fácil montagem e desmantelamento [40]. Por outro lado, os requisitos legais serão mais facilmente assegurados, e a imagem da empresa perante os seus clientes melhorará [38].

A inovação e a criatividade estão diretamente relacionados com o *ecodesign*, uma vez que a criação de um produto à luz deste conceito contempla a introdução de aspetos diferentes dos que habitualmente são considerados na metodologia habitual do *design* [36].

Para que o *design* implementado permita a efetiva redução dos impactes ambientais todo o produto tem que ser repensado. Assim, existem oito princípios que permitem obter os objetivos pretendidos, os quais se encontram especificados na figura 3.5 [36].

Figura 3.5: Diagrama de estratégias do *ecodesign*. [36]

3.2.3 Avaliação do ciclo de vida

3.2.3.1 Definição de conceitos e metodologia

A avaliação do ciclo de vida (ACV) de um produto é fundamental em *ecodesign*, pois a partir desta é possível analisar qual das alternativas de *design* causará menor impacto ambiental. Esta é uma ferramenta que, através da análise do ciclo de vida de um produto ou serviço, permite determinar os impactos do mesmo na saúde humana e no meio ambiente. As etapas alvo de análise englobam o *design* do produto, a extração de matérias-primas, a produção, a utilização/consumo, a reparação e manutenção e as atividades de fim de vida, tais como, a reciclagem, reutilização e deposição. Devido à abrangência completa do ciclo de vida, a ACV é reconhecida como uma abordagem do “berço ao túmulo” [41].

A referida ferramenta também permite comparar dados de ACV com base em diferentes materiais, componentes, processos ou produtos desde que os dois cenários em análise tenham sido produzidos com o mesmo âmbito/finalidade [38]. Na figura 3.6 apresenta-se um esquema simplificado da vida útil do produto conceito, que é habitualmente referido como “ciclo de vida”.

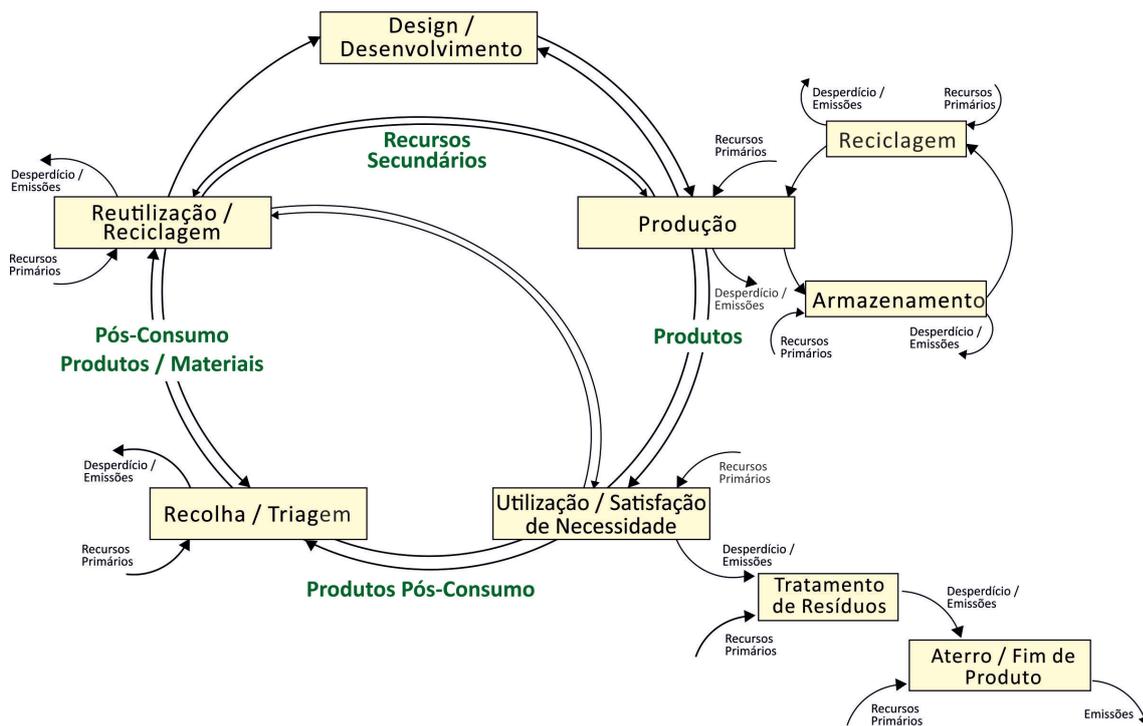


Figura 3.6: Representação esquemática genérica do ciclo de vida de um produto [42].

Da aplicação de uma ACV resulta um inventário com as entradas e saídas do sistema, isto é, os consumos de energia e de matéria-prima, assim como, as emissões resultantes. Estes dados permitem a realização de uma avaliação dos impactes ambientais associados e assim determinar soluções que os minimizem [41].

De acordo com a norma ISO 14040, um estudo ACV é realizado em quatro fases que compreendem a definição do objetivo e âmbito, análise do inventário, avaliação dos impactes e por fim, a interpretação dos resultados [38].

Na definição do objetivo deve-se descrever quais as aplicações do estudo, as razões da sua elaboração e o público-alvo a que se destina [36]. Por sua vez, na definição do âmbito deve-se realizar uma descrição do sistema em termos de fronteiras e de unidade funcional [42]. A análise de inventário consiste na recolha de dados relativos às entradas e saídas do sistema em estudo, tais como, quantificação de materiais, de consumos energéticos, emissões líquidas e gasosas, produção de resíduos sólidos, entre outros [38]. Na terceira etapa da ACV, avaliação dos impactes, determinam-se os impactes decorrentes do ciclo de vida do produto ou serviço em estudo. Nestes incluem-se não só os efeitos ecológicos e humanos, mas também a contabilização da escassez dos recursos naturais. De forma a determinarem-se estes impactes existem um conjunto de passos a seguir que incluem a seleção e definição das categorias de impacte, a classificação, a caracterização, a normalização e a ponderação [41]. Por fim, na etapa da interpretação, analisa-se a precisão dos resultados obtidos e se estão em conformidade com os objetivos e o âmbito definidos na primeira etapa. Posteriormente efetua-se a documentação dos resultados da avaliação do ciclo de

vida descrevendo, minuciosamente, todos os passos realizados [41].

3.2.3.2 Vantagens e Limitações

Na tabela 3.1 apresenta-se uma enumeração das vantagens e limitações da avaliação do ciclo de vida.

Tabela 3.1: Vantagens e limitações da avaliação do ciclo de vida [38,43,44].

Vantagens	Limitações
<ul style="list-style-type: none"> ● Fornece uma visão geral do sistema; ● Identifica/quantifica os impactes ambientais; ● Permite analisar o perfil ambiental de um produto desde a fase de extração de matérias-primas até à fase de eliminação; ● Pode ser utilizada para comparar produtos ou serviços com funções semelhantes, com base nos seus impactes ambientais; ● Oferece benefícios às empresas, tais como: <ul style="list-style-type: none"> – redução de custos e aumento das receitas; – valorização da marca e da imagem da empresa; – melhoria das relações com os clientes ● Pode ser utilizada como uma ferramenta para as empresas avaliarem a sua posição em termos de sustentabilidade, e com base nos resultados, definirem novas metas. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ferramenta complexa, pois considera uma cadeia completa de processos; ● Avalia os potenciais impactes ambientais e não os reais; ● Os estudos de ACV são realizados utilizando diferentes premissas e procedimentos de avaliação subjetivos; ● A disponibilidade de dados de qualidade é problemática; ● Estes estudos abordam apenas os aspetos ambientais de um produto e não os aspetos económicos ou sociais; ● As fronteiras espaciais e temporais por vezes não são as mais adequadas introduzindo incertezas nos resultados.

3.2.4 Avaliação do Desempenho Ambiental

De acordo com a Norma ISO 14031 entende-se por avaliação de desempenho ambiental (ADA) [35]:

“(...) processo interno de gestão que utiliza indicadores para fornecer informações e comparar o desempenho ambiental passado e presente de uma organização com seus critérios de desempenho ambiental.”

Os indicadores podem ser de gestão ou operacionais, fornecendo informação sobre entradas (materiais, energia e serviços) e saídas (produtos, emissões e resíduos) do sistema à escala local, regional ou global. Estes facultam ainda informações sobre a capacidade e esforços despendidos no sentido de melhorar o desempenho ambiental da organização [45].

A ADA segue um modelo de gestão reconhecido como PDCA "Planear-Executar-Verificar-Atuar" (do inglês, *Plan, Do, Check, Act*), o qual se encontra esquematizado na figura 3.7 [35].

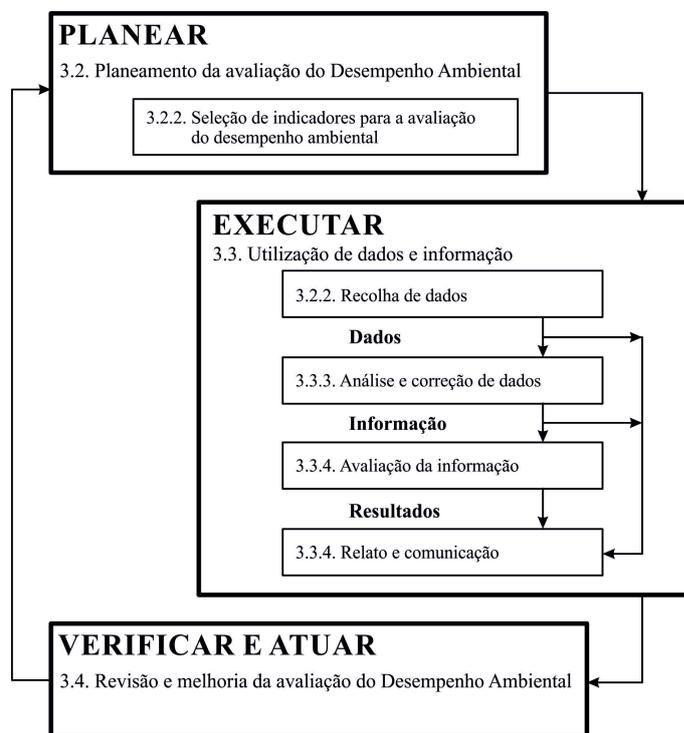


Figura 3.7: Metodologia adoptada para a ADA pela Norma NP EN ISO 14031 [35].

- *Plan* (Planear): Seleção de indicadores de avaliação de desempenho ambiental.
- *Do* (executar): Recolha de dados relativos aos indicadores seleccionados, conversão dos dados em informação, análise e avaliação.
- *Check and act* (Verificar e atuar): Verificação e implementação de estratégias de melhoria da ADA.

Esta norma prepara a empresa para a implementação da Norma ISO 14001 relativa aos Sistemas de Gestão Ambiental.

3.2.4.1 Vantagens e Limitações

Na tabela 3.2 apresenta-se uma enumeração das vantagens e limitações da avaliação de desempenho ambiental.

Tabela 3.2: Vantagens e limitações da avaliação de desempenho ambiental [45-47].

Vantagens	Limitações
<ul style="list-style-type: none"> ● Refletem o desempenho ambiental; ● Permitem a identificação das variáveis-chave do sistema; ● Bom instrumento de apoio à decisão e aos processos de gestão ambiental; ● Possibilidade de comparação com padrões e/ou metas pré-definidas; ● Os indicadores são de construção simples e facilmente compreendidos; ● Possibilidade de comparar desempenhos ambientais entre organizações – <i>benchmarking</i>; ● Permite melhorar a imagem da empresa, através da comunicação do desempenho ambiental da mesma em relatórios; ● Auxíla no cumprimento da legislação em vigor. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ausência de critérios robustos para seleção de alguns indicadores; ● Inexistência de informação base; ● Perda de informação nos processos de agregação dos dados; ● A identificação do conjunto de indicadores mais relevantes, que capturam os aspetos mais importantes da organização nem sempre é fácil; ● Podem assumir uma representação simplista da realidade.

Capítulo 4

1ª e 2ª Revoluções Industriais

Neste capítulo realizar-se-á uma análise sintetizada dos acontecimentos que marcaram as duas primeiras revoluções industriais. A 3ª Revolução Industrial irá ser analisada separadamente, num capítulo de destaque dada a sua relevância para o presente trabalho.

4.1 1ª Revolução Industrial

A 1ª Revolução Industrial compreende um conjunto de inovações que afetou diversas áreas, nas quais se incluem a agricultura, os transportes, a indústria, o comércio e as finanças. Esta iniciou-se em 1780 na Grã-Bretanha alastrando-se, posteriormente, ao resto da Europa, à América e à Ásia [48].

Este marco histórico despoletou na Grã-Bretanha pois esta encontrava-se numa fase de desenvolvimento intelectual onde se incentivava os artesãos a criarem inovações assegurando a partilha das mesmas através de leis e políticas de patentes [4].

Até meados do século XVIII a principal atividade vigente era a agricultura e o conceito de fábrica ou manufatura não existia. Desta forma, sem a presença de maquinaria e estruturas organizacionais, para que o aumento de produção ocorresse e suprisse as necessidades, era necessário aumentar a mão-de-obra existente, a quantidade de matéria-prima, assim como a área de oficinas. Com a ocorrência da Revolução Industrial tudo foi alterado [49]. Um dos setores com principal destaque foi a indústria têxtil, pois neste ocorreram sucessivas inovações tecnológicas na fição e na tecelagem com o surgimento da máquina manual *jenny* (máquina de fição), da *spinning mule* (máquina de fição movida a água) e da *water frame* (permitiu a produção massiva de algodão) [48, 50].

A própria agricultura que deixou de ser o principal setor de atividade sofreu diversas inovações, principalmente a nível da maquinaria, com o aparecimento de novos tipos de charrua e debulhadoras mais eficientes assim como equipamentos de colheita (ceifeiros, ancinhos, enxadas, foices) e de drenagem [48, 50].

Os principais materiais desta época foram o ferro e o carvão. O ferro, substituinte da madeira e da pedra, permitiu o aumento de produção dos altos-fornos de coque, os quais geraram novas

indústrias. Por sua vez, o carvão serviu como combustível da máquina mais icónica desta época, a máquina a vapor [48].

As inovações anteriormente mencionadas foram algumas das muitas que esta época proporcionou. O ritmo acelerado no desenvolvimento é visível na quantidade e diversidade de patentes criadas, na extensa lista de licenças requeridas, nos valores cada vez maiores de produção e exportação, assim como na curva de preços que iniciou uma subida acentuada [48]. No entanto, é de realçar que o impacto desta Revolução Industrial estendeu-se para além das inovações tecnológicas, tendo sido o fator propulsor na alteração da vida social e no crescimento económico. Os economistas descrevem este fenómeno como um arranque para um crescimento que se sustentou a si próprio, tendo resultado do poder produtivo da sociedade [51].

Até 1780, início da Revolução Industrial, a renda *per capita* oscilava praticamente sempre dentro dos mesmos valores, existindo alguns períodos mais favoráveis e outros menos favoráveis. A partir desta época, iniciou-se um crescimento acentuado, sendo que nos últimos 200 anos o seu valor aumentou entre 10 a 15 vezes nos países mais ricos [52].

Em termos sociais as principais alterações devem-se ao movimento migratório das populações dos campos para a cidade com a finalidade de trabalhar nas fábricas. Com esta mudança social, as pessoas tiveram oportunidade de viver em edifícios com melhores qualidades, tiveram acesso a roupa mais barata e melhores práticas de higiene. Para além destes aspetos, com o trabalho fabril houve uma melhoria nos rendimentos e conseqüentemente uma alimentação mais rica, acesso a médicos e a escolas. É certo que o emprego nas fábricas era em condições precárias. No entanto, dado o aumento da esperança média de vida, constata-se que o trabalho de campo fosse ainda pior [4].

Como afirma Chris Anderson (2013, p.49) no seu livro *Makers – A Nova Revolução Industrial* [4]:

“As revoluções deviam ser medidas pelo seu impacto na vida das pessoas, e nesse aspeto a Primeira Revolução Industrial não tem igual.”

A Revolução Industrial é um fenómeno sem fim, pois a sua essência passou a ser a criação de uma mudança revolucionária.

4.2 2ª Revolução Industrial

Com o surgimento de novas tecnologias revolucionárias e novas indústrias no final do século XIX, iniciou-se uma 2ª Revolução Industrial. Geralmente considera-se que esta se situa no período entre 1850-1914. Esta teve lugar de destaque na Europa, com o surgimento de novas regiões industriais em França e na Alemanha, e na América, nos Estados Unidos da América (EUA). Assim, houve uma descentralização da forte tecnologia e poder da Grã-Bretanha, decorrente da 1ª Revolução Industrial, passando a liderança tecnológica para a Alemanha e para os EUA [50, 53]. Esta época ficou conhecida como a era do aço e da eletricidade [54]. A invenção do processo *Bessemer* na década de 60 do século XIX, que tinha como finalidade transformar ferro em aço,

permitiu que diversos objetos em metal fossem produzidos, assim como a criação de novas linhas de montagem [4]. A par deste feito, o surgimento do dínamo que originou a substituição do vapor pela eletricidade, e do motor de combustão interna que possibilitou a utilização de petróleo em maiores dimensões, foram também dois acontecimentos cruciais desta era [54]. Com efeito, os transportes foram um dos setores de grande desenvolvimento com a criação de locomotivas elétricas e do metro, assim como as comunicações com a criação do telégrafo [53].

As inovações decorrentes da 2ª Revolução Industrial promoveram o progresso tecnológico em diferentes setores. No entanto, o que diferencia esta revolução da primeira foram os progressos a nível científico. A 2ª Revolução Industrial desencadeou inovações organizacionais nos seios das empresas, permitindo uma ligação entre a indústria e a ciência, originando mudanças estruturais no interior das mesmas. Em larga escala, este tipo de empresas que incorporou departamentos de pesquisa ou laboratórios surgiram na Alemanha e nos EUA [50].

Com todo este processo de crescimento e desenvolvimento industrial as empresas necessitavam de uma administração científica que lhes proporcionasse uma produção mais eficaz, de forma a fazer face à concorrência. Frederick Taylor realizou alguns estudos onde concluiu que os operários não tinham formação científica para manusear as máquinas industriais, sendo eles próprios que geriam o seu trabalho e o seu tempo sem qualquer orientação. Com efeito, o tempo despendido era muito elevado e, conseqüentemente, a produtividade era reduzida [55]. Assim, Taylor defendeu que os trabalhadores deveriam desenvolver uma atividade específica e receber formação para a mesma. Desta forma surgiu o método da administração científica, que ficou reconhecido como Taylorismo, que se refere à organização de trabalho [55].

No seu livro *Princípios da Administração Científica*, Taylor enuncia alguns princípios [56]:

- Planeamento: Substituição dos métodos empíricos por métodos científicos;
- Preparação: Seleção dos trabalhadores adequados para cada tarefa e treiná-los para as mesmas;
- Controlo: Supervisionar o trabalho de modo a garantir o cumprimento de normas na sua execução;
- Execução: distribuição das tarefas de acordo com as funções de cada trabalhador, isto é, cada um executa apenas uma etapa do processo, sendo especializado para a mesma.

Estes princípios do Taylorismo foram aplicados às máquinas dando origem ao Fordismo. Esta visão criada por Henry Ford surgiu em 1913 e refere-se a um conjunto de práticas de gestão, económicas e políticas que têm como finalidade uma reprodução maior do capital. De acordo com Sónia M.G. Laranjeira (citada em Botelho, 2008) [57] :

“(...) o fordismo caracterizar-se-ia como prática de gestão na qual se observa a radical separação entre conceção e execução, baseando-se esta no trabalho fragmentado e simplificado, com ciclos operatórios muito curtos, requerendo pouco tempo para formação e treinamento de trabalhadores.”

Henry Ford aplicou este conceito a uma linha de montagem de automóveis, surgindo a produção padronizada, alcançando níveis de produtividade notáveis acompanhados de maior controlo [54].

Estes dois métodos de produção a par da já mencionada evolução científica foram os destaques desta 2ª Revolução Industrial.

Capítulo 5

3ª Revolução Industrial

Com a ocorrência das duas primeiras revoluções industriais, o estado geral da economia, da sociedade e do ambiente foram alterando completamente no decorrer dos anos. Com efeito, atualmente a sociedade, as indústrias e o ambiente encontram-se numa situação muito preocupante. Diversas empresas encontram-se em processo de falência, gerando níveis de desemprego bastante elevados, chegando estes a atingir uma taxa de 32%. Em Portugal os níveis de desemprego têm sofrido um crescimento bastante significativo, sendo que em 2013 atingia os 16,5% [58].

Uma das principais razões para estes valores tão elevados é o facto da indústria transformadora não estar a criar novos empregos no ocidente. A par deste acontecimento, o aumento do nível de automatização ao longo dos anos, assim como a concorrência mundial das grandes empresas que eliminaram as empresas de pequenas dimensões são outros fatores que têm contribuído para esta situação. Desta forma, apesar da produtividade ter duplicado nas últimas quatro décadas, um número avassalador de pessoas continua desempregada [4].

Se por um lado as taxas de desemprego criaram uma situação de insustentabilidade social e económica, a exploração excessiva de combustíveis fósseis, fonte de avanço tecnológico nas anteriores revoluções industriais, têm comprometido a sustentabilidade do meio ambiente. Devido à sua forte constituição em carbono, a queima destes para as mais diversas utilizações, tem sido o principal responsável pela emissão de dióxido de carbono, o principal gás causador do efeito de estufa e consequentemente do aquecimento global [59].

Assim, o Mundo encontra-se numa verdadeira encruzilhada sendo necessário uma nova narrativa para fazer a transposição desta situação. Talvez a solução ou parte dela seja a progressão para uma 3ª Revolução Industrial, a qual é vista de forma complementar de dois ângulos distintos por dois grandes visionários.

Desde o início da Era da Informação, após o fim da Segunda Guerra Mundial, que importantes evoluções científico-tecnológicas foram ocorrendo, nomeadamente o surgimento da *internet*. De acordo com Jeremy Rifkin (2014) o Mundo está prestes a assistir a uma era de convergência entre as tecnologias de comunicação e os regimes energéticos, dando origem à 3ª Revolução Industrial [5].

Esta nova perspectiva encontra-se em completa coerência com as revoluções industriais anteriores, onde a energia e a comunicação estiveram sempre interrelacionadas. No decorrer da 1ª Revolução Industrial o surgimento do carvão e da máquina a vapor permitiram a construção de caminhos-de-ferro, facilitando o estabelecimento de comunicação entre diferentes locais. Por sua vez, na 2ª Revolução Industrial o surgimento do petróleo e da eletricidade permitiram a criação do motor a combustão interna, o automóvel e a comunicação apoiada em centrais elétricas. A 3ª Revolução Industrial segue esta perspectiva através da interligação entre as energias renováveis e a internet.

Nesta nova fase, as pessoas poderão produzir a sua própria energia renovável nas suas casas, escritórios e fábricas e partilhar a mesma com os outros da mesma forma que as informações são partilhadas hoje *online*. Assim vai surgir um novo poder descentralizado, partilhado e colaborativo, ou como o próprio Jeremy Rifkin ¹intitula no seu livro *A Terceira Revolução Industrial - Como o poder lateral está a inspirar uma geração e a transformar o mundo*, o poder lateral. Na perspectiva deste, a 3ª Revolução Industrial assenta em cinco pilares que implicam uma reorganização na cultura e nos modos de vida [8]:

- Mudança para as energias renováveis;
- Transformação dos blocos de edifícios de todos os continentes em micro-estações de energia verde que possam armazenar localmente energias renováveis;
- Implantação de tecnologias de armazenamento de hidrogénio e outras em todos os edifícios, e em todas as infraestruturas para armazenar energias intermitentes;
- Utilização da tecnologia da *internet* para transformar a rede de energia de todos os continentes numa “*internet da energia*” que atuará de modo igual à *internet* que hoje é conhecida;
- Transição na área dos transportes para veículos elétricos e de células de combustível, que podem comprar e vender energia elétrica verde numa rede de energia inteligente, continental e interativa.

A par desta perspectiva, a 3ª Revolução Industrial é também vista como a Revolução Digital, também abordada por Jeremy Rifkin mas explorada de forma mais profunda por Chris Anderson², criador do livro *Makers – A Nova Revolução Industrial*. O autor defende que existem novas formas de criar, inventar e trabalhar em conjunto, utilizando para tal a *web*. Esta partilha de conhecimentos *online* pode ser sob a forma de *software* ou de *hardware*. Nas palavras de Chris Anderson (2013, p.121 e 122), *bits* no caso do formato digital e átomos para os produtos físicos. Desta forma qualquer pessoa com uma invenção pode mandar fabricar o seu próprio produto,

¹ Jeremy Rifkin é um economista e escritor americano produtor de diversos livros sobre o impacte das alterações científico-tecnológicas na economia, no emprego, na sociedade e no ambiente [60]. Atualmente é um dos pensadores mais influentes sendo que cada um dos seus livros é lido atentamente pela comunidade científica, política e empresarial. Jeremy Rifkin é também um conselheiro da Comissão Europeia, do Parlamento Europeu, e de vários chefes de Estado da União Europeia [61].

necessitando apenas de carregar o ficheiro num serviço, que com o clique de um rato pode expandi-lo para um mercado global. Outra forma de fabrico passa pela produção do mesmo na sua própria casa/escritório utilizando ferramentas digitais de *desktop*, tais como, impressora 3D [4].

Atualmente já existem diversos *makerspaces*, que correspondem a locais onde as pessoas se reúnem para criar e inventar produtos. Com esta ótica surge o Movimento *Makers*, uma extensão científica e tecnológica do espírito *Do-It-Yourself* (DIY) – “faça você mesmo”.

Com a possibilidade de cada pessoa criar os seus próprios produtos, as empresas de pequena dimensão vão ressurgir dada a sua capacidade de atuarem globalmente, serem inovadoras, tecnologicamente avançadas e de baixo custo. Estas pequenas empresas vão contribuir para alcançar os pilares da sustentabilidade. Dado que muitas começam o seu trabalho como uma comunidade aberta estas podem receber os contributos de qualquer pessoa, alcançando produtos de maior qualidade, de uma forma mais rápida e com custos mais reduzidos.

Atualmente uma significativa quantidade de artigos são produzidos e importados da China devido à mão-de-obra barata, principalmente quando se trata de um elevado volume de produtos. No entanto, quando o produto esgota a nova carga demora meses a chegar. Se a este facto se acrescentar a preferência das empresas chinesas em trabalhar com elevados *stocks*, as empresas importadoras verão parte do seu capital estagnado. No conceito da 3ª Revolução Industrial este processo será simplificado, uma vez que o *design* dos produtos é disponibilizado num serviço *online* a partir do qual os produtos poderão ser descarregados e fabricados em qualquer local. Desta forma, as necessidades de transporte reduzirão significativamente, o que por sua vez origina uma diminuição no consumo de combustíveis fósseis. Tal como Chris Anderson (2013, p.58) afirma [4]:

“O «lugar» importa cada vez menos na fabricação hoje em dia – as ideias vencem a geografia.”

A transição para a 3ª Revolução Industrial irá originar uma reestruturação económica dos diversos países, a criação de vários produtos e serviços, assim como de diversos empregos. Estes últimos serão alvo de um processo de reciclagem, pois esta nova era exige trabalhadores formados e especializados [8].

5.1 Exemplo de ferramentas digitais de desktop

5.1.1 Impressora 3D

5.1.1.1 Conceito e aplicações

Os primeiros conhecimentos na área da impressão 3D surgiram em 1980 e as tecnologias associadas designavam-se por prototipagem rápida. No entanto, o processo de concretização da

²Chris Anderson é um físico com pós-graduações em Mecânica Quântica e Jornalismo Científico, cofundador da 3DRobotics e da DIYDrones. Foi editor de revistas científicas como a *Nature*, a *Science* e *The Economist*, no entanto destacou-se no cargo de editor-chefe da revista *Wired*. Chris Anderson é o autor do *bestseller* *A Cauda Longa* e de *Makers - A Nova Revolução Industrial* [4].

patente não foi conseguido. Assim, esta tecnologia surgiu verdadeiramente em 1986 quando Chuc Hull criou a primeira impressão 3D utilizando a estereolitografia, tecnologia precursora deste tipo de impressão [62].

O fascínio de uma impressora 3D (fig.8) é o facto de permitir que cada pessoa obtenha algo que idealizou. Apenas é necessário dar forma a essa ideia desenhando-a, posteriormente o *software* projeta o ficheiro CAD (*computer aided design* - desenho assistido por computador) num objeto e calcula uma impressão eficiente em termos de materiais e tempo [4]. (figura 5.1)



Figura 5.1: Exemplo de uma impressora 3D [63] .

As diversas impressoras existentes podem utilizar tecnologias distintas, que processam os objetos de formas igualmente diferentes. A principal diferença entre estas deve-se ao modo como são formadas as camadas utilizadas na construção de uma dada peça. Assim, as tecnologias mais comuns de impressão 3D são SLS (*selective laser sintering* - sinterização seletiva por laser), FDM (*Fused Deposition Modeling* - modelagem por deposição fundida) e SLA (*Stereolithography* - estereolitografia) [64].

Sinterização seletiva por laser

O SLS utiliza uma fina camada de pó de um determinado material, que com o auxílio de um laser, permite fundir seletivamente alguns grânulos de acordo com a forma do objeto pretendido [62]. Na figura 5.2 apresenta-se uma ilustração do modo de funcionamento do mesmo.

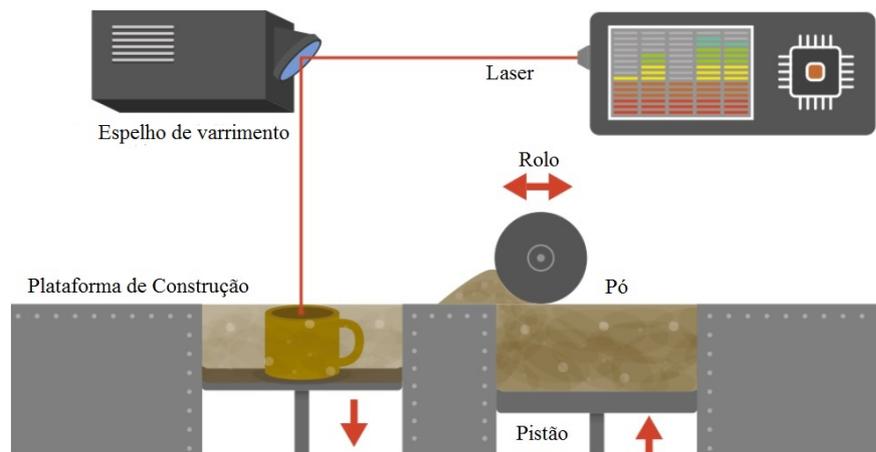


Figura 5.2: Funcionamento de um sistema de sinterização seletiva por laser [62]

Modelagem por deposição fundida

No que diz respeito ao FDM, este utiliza um material semilíquido, habitualmente um termoplástico quente que se vai depositando em filamentos muito finos na plataforma de construção do objeto, formando-se assim sucessivamente as camadas pretendidas [65]. Na figura 5.3 apresenta-se uma ilustração do modo de funcionamento do mesmo.

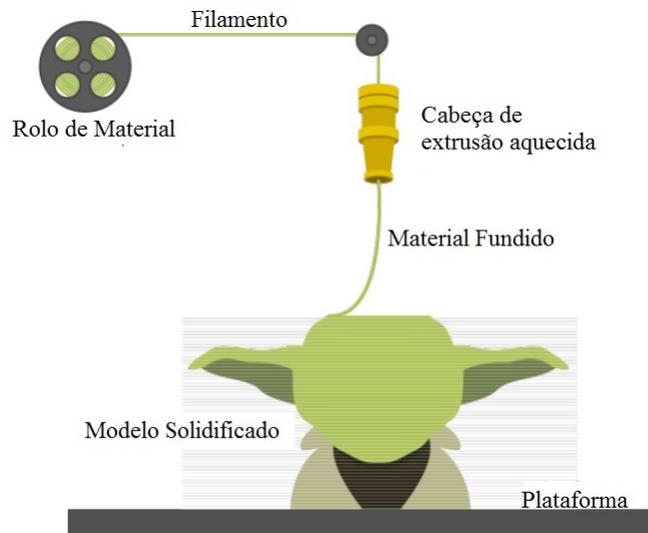


Figura 5.3: Funcionamento de um sistema de modelagem por deposição fundida [62].

Estereolitografia

O SLA consiste na utilização de um raio laser ultravioleta, que ao incidir num recipiente de fotopolímeros líquidos de "resina para estereolitografia", permite que ocorra a solidificação deste em partes até à produção do objeto completo [66].

Na figura 5.4 apresenta-se uma ilustração do modo de funcionamento do mesmo.

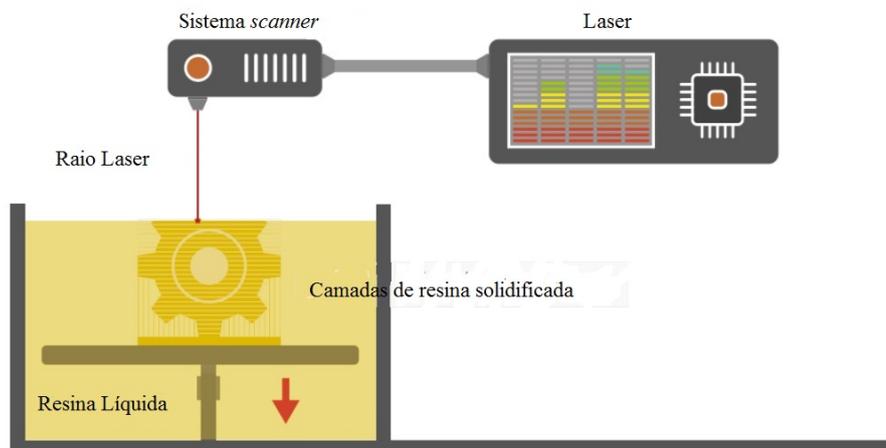


Figura 5.4: Funcionamento de um sistema de estereolitografia [62].

Na tabela 5.1 encontra-se uma comparação dos três tipos de tecnologias mencionadas.

Tabela 5.1: Tipos de tecnologias de prototipagem rápida.

Tecnologia	Precisão	Custo	Vantagens	Desvantagens
SLA	+++	€€	Resolução mais elevada; Vasta gama de materiais;	Resistência moderada;
SLS	++	€€€	Resolução mais elevada; Vasta gama de materiais; Boa resistência;	Custo elevado; Superfície em pó;
FDM	++	€	Custo reduzido; Boa resistência;	Velocidade reduzida;

A utilização de impressoras 3D abrange uma ampla gama de setores, tal como apresentado no esquema da figura 5.5.

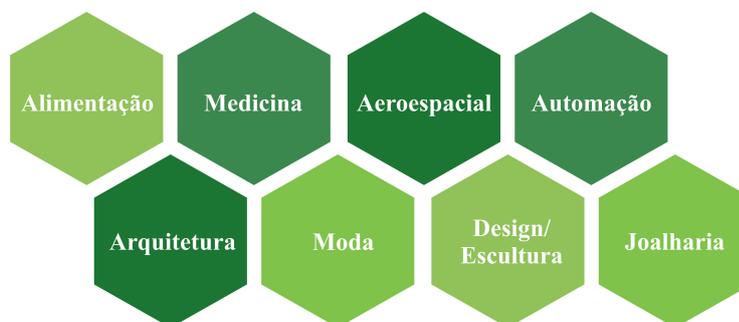


Figura 5.5: Áreas de atuação da impressão 3D [62].

Em todos os setores este tipo de impressão tem contribuído de forma essencial, sendo inovador e permitindo, num espaço de tempo reduzido e com um menor custo a criação de diversos objetos. A progressão nesta área tem sido surpreendente, sendo que atualmente 10 casas foram construídas na China utilizando esta tecnologia em menos de 24 horas [68]. A nível da automação, na *International Manufacturing Technology Show* em Chicago a *Local Motors* produziu o primeiro carro numa impressora 3D em apenas 44 horas [69]. No que se refere à medicina vários estudos para a produção de tecidos e órgãos por meio deste tipo de impressão foram já realizados, sendo esta uma realidade cada vez mais próxima de ser conseguida [70]. Não é possível enumerar tudo o que as impressoras 3D são capazes de produzir. No entanto, e dada a crescente dedicação a esta área, constata-se que esta está a chegar ao mercado para ficar. Apesar de atualmente os seus custos ainda serem elevados e não acessíveis a qualquer pessoa, Chris Anderson (2013, p.108) acredita que [4]:

“O mercado evoluirá das primeiras 5000 para as 50000 seguintes, dos primeiros aderentes sofisticados a pessoas que querem apenas imprimir algo «porreiro».”

Com a utilização generalizada da impressão 3D a estrutura da economia global irá ser profundamente alterada, pois a produção e distribuição dos objetos será perto ou mesmo nos locais de consumo. Com efeito, os grandes centros industriais irão entrar em declínio ocorrendo a descentralização da fabricação [3].

Apesar das elevadas vantagens decorrentes da utilização de uma impressora 3D esta também apresenta algumas limitações. Assim na tabela 5.2 apresenta-se uma enumeração das vantagens e limitações apresentadas pela mesma.

Tabela 5.2: Vantagens e limitações da impressão 3D [4,71]

Vantagens	Limitações
<ul style="list-style-type: none"> ● Pode produzir em diferentes tipos de escala, desde as mais pequenas como a biologia, até as maiores, tais como, casas e pontes; ● Produção de produtos personalizados em pequena escala sem acréscimo monetário; ● Custos de transporte reduzidos ou inexistentes, uma vez que o produto é fabricado localmente; ● Não há produção de resíduos, uma vez que a matéria-prima é inserida de acordo com as necessidades para a produção de um determinado produto; ● Risco de <i>stock</i> é mínimo, uma vez que os objetos são produzidos de acordo com os pedidos; ● Possibilidade de partilhar facilmente os modelos criados; ● Possibilidade de individualizar e personalizar produtos; 	<ul style="list-style-type: none"> ● Reduzida precisão quando comparada com outras ferramentas da 3ª Revolução Industrial; ● Limitações na variedade de materiais utilizados, cores assim como acabamentos de superfície; ● Custos mais elevados para a produção em grande escala, isto é, o fabrico de várias unidades não fica mais barato do que a produção de apenas uma;

5.1.1.2 Benefícios e Efeitos

A impressão 3D, independentemente da sua utilização industrial ou pessoal fornece um conjunto de benefícios que os métodos tradicionais não conseguem facultar, tais como:

Complexidade dos produtos

A impressão 3D tem permitido a criação de objetos que envolvem uma complexidade que não é possível ser obtida pelos métodos tradicionais [62]. Desta forma há uma maior liberdade no *design* do produto, uma vez que não existem limitações no processo. A par deste aspeto, esta complexidade é conseguida sem custos adicionais, pois independentemente da geometria desejada não há necessidade de alterar em nada nenhum aspeto do processo [3]. Um exemplo deste tipo de modelos complexos obtidos por meio da impressão 3D é apresentado na figura 5.6.



Figura 5.6: Complexidade de um modelo obtido através da impressão 3D [72].

Personalização

A capacidade de responder às exigências e necessidades dos consumidores constitui um dos benefícios desta tecnologia de impressão. Assim, vários artigos podem ser produzidos simultaneamente de acordo com as especificações dos utilizadores sem custos adicionais [62].

Simplificação do processo e ausência de ferramentas

Numa indústria a aquisição de máquinas e ferramentas que satisfaçam as produções desejadas constitui um custo elevado para a mesma. Com a impressão 3D é possível eliminar este aspeto, uma vez que as indústrias necessitam de diversas máquinas para desenvolver cada um dos componentes de um objeto, enquanto que uma só impressora pode imprimir todas as partes [62]. Para além deste facto, o processo é simples uma vez que cria produtos diretamente de um arquivo digital controlados por um computador [3].

Efeitos ambientais, económicos e sociais

A impressão 3D é uma valorização na garantia de um processo eficiente, uma vez que é capaz de utilizar de forma eficaz as matérias-primas, diminuindo conseqüentemente a utilização de recursos e a produção de resíduos. Para além deste aspeto, dado que os produtos podem ser fabricados de acordo com os pedidos dos consumidores, não são necessários grandes *stocks*, o que se traduz em custos de armazenamento e de logística reduzidos [3, 62]. A par destes factos, os produtos desenvolvidos em *software* de modelação podem ser impressos nos locais de aquisição, como tal, a redução na utilização de transportes e nos impactes advindos destes serão muito significativos [62].

Este tipo de impressão faria uma grande reforma na situação mundial, pois surgiriam novas indústrias, com profissionais formados em *design* de produto, novos operadores de impressoras 3D, assim como novos fornecedores de matérias-primas. Por outro lado, diversas outras indústrias

encerrariam tendo como consequência um aumento do desemprego, devido à falta de especialização da população nesta área. Tal situação leva a refletir como é fundamental a criação de uma verdadeira reforma política que tivesse em consideração estas preocupações [62].

5.1.2 Controlo Numérico Computorizado (CNC)

5.1.2.1 Conceito e aplicações

O CNC é uma evolução do termo CN (controlo numérico) e representa a mais recente tecnologia de controlo numérico computadorizado (figura 5.7). As primeiras máquinas de controlo numérico surgiram em 1725 e 1863, e foram respetivamente, a máquina de tricotar e o piano [73].

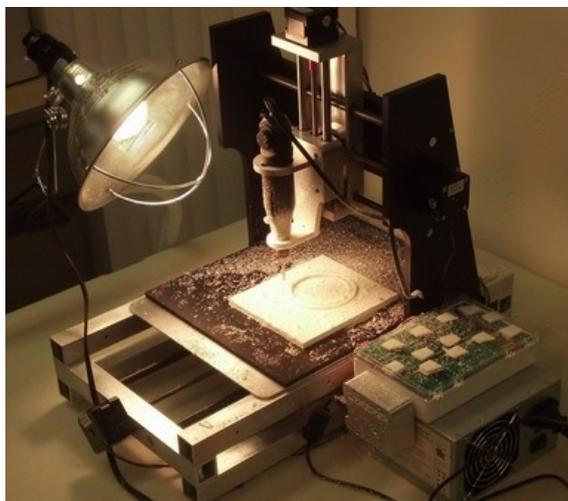


Figura 5.7: Exemplo de um Controlo Numérico Computorizado [74] .

O CNC, tal como é atualmente conhecido, foi inicialmente desenvolvido em 1947 por John Parsons, membro da *Parsons Corporation Traverse City*, onde este decidiu utilizar dados de curvatura de três eixos para controlar o movimento de ferramentas em máquinas. Esta criação foi inicialmente concebida para a produção de componentes de aeronaves. Dois anos mais tarde a Força Aérea dos Estados Unidos contratou Parsons para construir a primeira máquina de controlo numérico. Os primeiros comandos numéricos eram programados a partir de fitas ou cartões perfurados. Devido ao tempo e esforço decorrente para editar a fita, introduziram-se os computadores como auxílio na programação [75].

O CNC é assim uma tecnologia que permite operar uma máquina, através da introdução de valores numéricos. A máquina segue uma sequência predeterminada de operações nas velocidades preestabelecidas, produzindo um determinado produto com a forma e o tamanho desejado [76].

O seu modo de atuação é o oposto de uma impressora 3D, enquanto esta última é uma tecnologia aditiva construindo os objetos camada a camada, o CNC é uma tecnologia subtrativa. Este utiliza uma ferramenta rotativa que vai talhando o objeto a partir de um bloco de um dado material,

tendo capacidade para cortar profundidades precisas, possibilitando a criação de um objeto 3D de uma vez só [4].

De acordo com Chris Anderson (2013, p.109) [4]:

“Versões industriais mais sofisticadas de «cinco eixos» conseguem dobrar e rodar uma cabeça de corte como uma mão humana para cortar de todos os lados e esculpir metal como o escultor mais talentoso, mas funcionando a uma velocidade sobre-humana.”

5.1.2.2 Benefícios e efeitos

Assim como a impressora 3D a utilização do CNC permite alcançar diversos benefícios que não são obtidos a partir de métodos tradicionais.

Redução do tempo de preparação (*setup*)

O tempo de preparação ou *setup* ocorre numa mudança de série, e compreende o intervalo de tempo que decorre desde que a última peça boa do lote anterior é produzida até à produção da primeira peça boa do novo lote. Neste período de tempo são realizadas um conjunto de tarefas necessárias para a preparação das operações de maquinação do novo lote de produção [77]. Este tempo de preparação pode ser reduzido com as máquinas CNC, uma vez que estas têm um conjunto de recursos avançados, tais como, sistema de mudança automática de ferramentas e localizadores fixos, que permitem tornar o tempo mais eficiente [78].

Redução do tempo de ciclo

A preparação do programa e a configuração das máquinas controladas numericamente é geralmente curto. Embora o tempo de espera para a primeira operação seja mais longo, é praticamente nulo para qualquer operação posterior. Para além deste aspeto, caso seja necessário realizar alguma alteração no *design* do produto, esta pode ser realizada rapidamente através de uma alteração no código do programa [78].

Precisão e repetibilidade

O alto grau de precisão e a capacidade de repetibilidade dos CNC's tem sido o principal benefício para muitos utilizadores. Um programa, uma vez armazenado num disco ou na memória do computador, irá sempre permanecer o mesmo, podendo ser reutilizado várias vezes sem perda de informação. Desta forma, há facilidade em repetir a produção de diversas peças [78].

Contorno de formas complexas

O CNC é capaz de realizar o contorno de peças complexas, de forma mais rápida e precisa, sendo este um dos principais motivos pelos quais as indústrias optam por o adquirir [79].

Redução do erro humano

Com o CNC a presença de um operador para realizar os cortes de ensaio manuais, medições experimentais ou movimentos de posicionamento é dispensável, como tal os erros serão diminutos [79].

Redução de tempo de ciclo e aumento da produtividade

Contrariamente às máquinas tradicionais, onde a capacidade dos operadores, experiência e fadiga afetam a produtividade, o CNC tem um tempo de ciclo constante e é controlado por um computador, como tal, a produtividade de uma peça será maior. A existência de um tempo de ciclo regular constitui uma valorização em trabalhos repetitivos, onde a programação de produção pode ser feita com bastante precisão [78].

Esta tecnologia oferece assim oportunidade para as empresas obterem uma melhoria significativa da sua produtividade e aumento da qualidade geral das peças fabricadas [78].

Capítulo 6

Indústria do Mobiliário

6.1 Evolução do Setor

6.1.1 Europa

A União Europeia é a maior influente na produção de mobiliário, uma vez que um quarto deste é produzido na mesma, sendo os fabricantes da UE os principais responsáveis pela definição da tendência a nível global no que concerne ao *design* e à inovação. Apesar deste facto, existem diferenças significativas entre os países de UE nomeadamente no que diz respeito ao custo de trabalho, sendo este mais reduzido em países como a Roménia e Bulgária; existência de matérias-primas em quantidades substanciais, por exemplo, República Checa; a presença de tecnologia *know-how* em países como a Alemanha e a Itália [80].

O setor do mobiliário na UE é maioritariamente constituído por micro, pequenas e médias empresas (PME). No entanto, importa explicar o que se entende por PME.

De acordo com o *Enterprise Europe Network* a categoria das micro, pequenas e médias empresas é constituída por empresas que empregam menos de 250 pessoas e cujo volume de negócios anual não excede 50 milhões de euros ou cujo balanço total anual não exceda os 43 milhões de euros. Dentro desta categoria distinguem-se três subcategorias. Uma microempresa é definida como uma empresa que emprega menos de 10 pessoas e cujo volume de negócios anual ou balanço total anual não excede 2 milhões de euros. Por sua vez, uma pequena empresa é definida como uma empresa que emprega menos de 50 pessoas e cujo volume de negócios anual ou balanço total anual não excede 10 milhões de euros. Por fim, uma média empresa refere-se às PME que não se enquadram nas micro e pequenas empresas [81].

Assim, na UE em 2014, do total de empresas de mobiliário existentes, 85% eram microempresas, 12% eram pequenas empresas e apenas 2% eram médias [80].

A indústria de mobiliário é considerada muito dinâmica e com bastante influência na economia e na estabilidade social dos diferentes países, pois em 2011 empregava quase um milhão de pessoas [80].

Dos países constituintes da UE destacam-se no setor do mobiliário a Alemanha, a Polónia, a Itália e a França, os quais são responsáveis por 13% da produção mundial e 60% da europeia.

No entanto, devido à crise incidente, verifica-se que o fabrico de mobiliário em 2012 manteve-se aproximadamente constante, quando comparado com os dez anos anteriores. Como consequência, na UE o número de empresas de mobiliário diminuiu em 9000 de 2003 até 2011, assim como o número de trabalhadores em atividade que, no mesmo período, diminuiu em 280000 [80].

Apesar destes factos, 85% do consumo total de mobiliário na União Europeia é ainda satisfeito pela produção no interior na mesma, sendo os restantes provenientes de importação [80].

Na tabela 6.1 apresenta-se a quantidade importada em termos económicos e a taxa média de crescimento anual em alguns países fora da UE.

Tabela 6.1: Importação de mobiliário pela UE a países não pertencentes à mesma [80].

País	Milhões €		Taxa média de crescimento anual
	2003	2012	2003-2012
China	1745,2	6496,5	15,7
Vietname	322,8	677,1	8,6
Indonésia	761,9	464,7	-5,3
Turquia	182,0	355,7	7,7
Suíça	308,9	270,5	-1,5
Malásia	296,1	266,8	-1,1
Noruega	233,5	230,3	-0,2
Índia	119,8	172,7	4,1
Taiwan	190,9	155,2	-2,3
EUA	174,7	151,1	-1,6

Através da análise da tabela anterior, verifica-se um aumento significativo na importação de mobiliário proveniente, principalmente da China e do Vietname. A seleção destes países deve-se ao facto de ambos possuírem mão-de-obra de baixo custo e do Vietname apresentar uma grande abundância das matérias-primas necessárias para a produção do mobiliário.

6.1.2 Portugal

Em Portugal, e tal como mencionado anteriormente, perante a presença da crise económica o setor da indústria de mobiliário ressentiu-se. Como consequência, o número de empresas neste setor diminuiu em aproximadamente 20%, o número de postos de trabalho sofreu uma queda de 25% e o volume de negócios decresceu 26% (figura 6.1).

Apesar da significativa diminuição do número de empresas, os valores da exportação de mobiliário de madeira aumentaram consideravelmente entre 2008 e 2013, sendo que a importação reduziu durante o período considerado. (figura 6.2)

As empresas de mobiliário existentes em Portugal concentram-se na sua grande maioria no norte do país, diminuindo o número das mesmas de norte para sul [83].

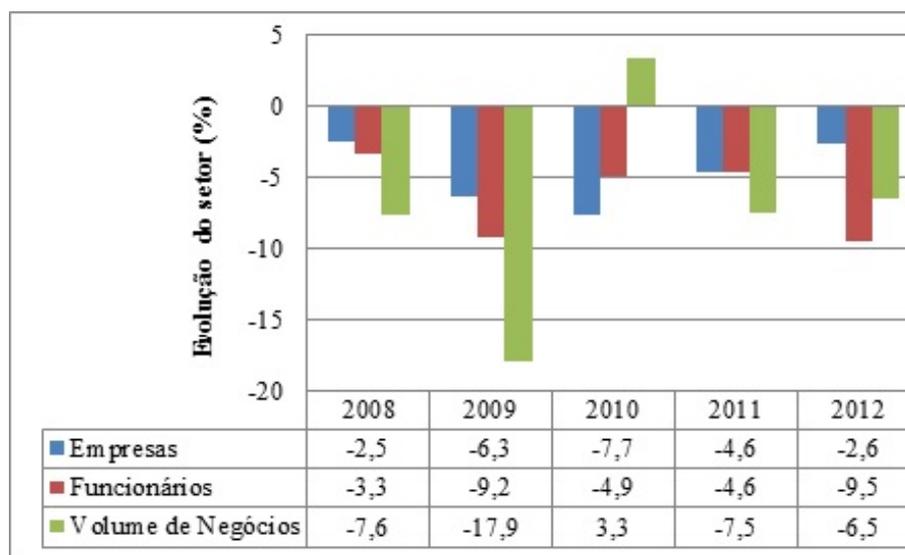


Figura 6.1: Evolução do setor de mobiliário em Portugal [82] .

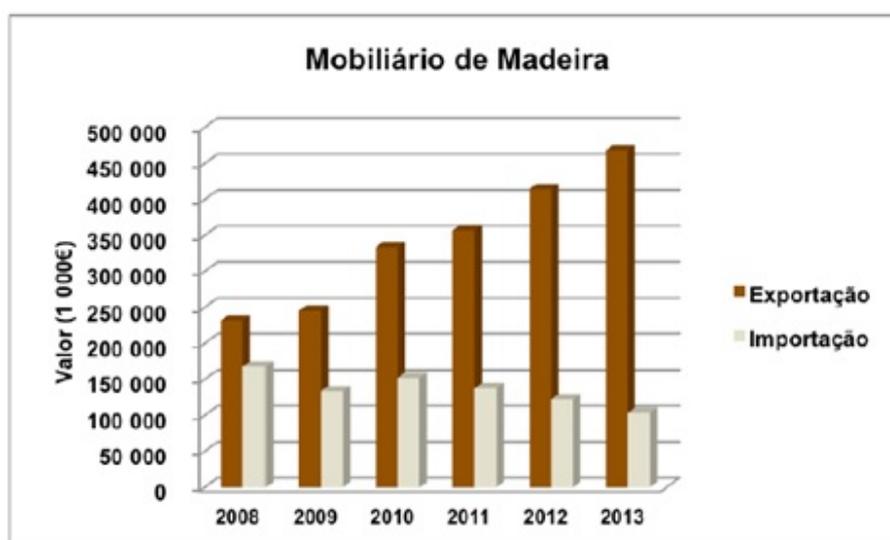


Figura 6.2: Valores da exportação e importação de mobiliário [83] .

De acordo com um estudo realizado pela Faculdade de Economia da Universidade do Porto em 2011, 85,7% das empresas do setor de mobiliário eram microempresas, 12,6% pequenas empresas, existindo apenas 4 grandes empresas, ou seja 0,1% do total. Assim, verifica-se uma efetiva predominância das PME [84].

6.2 Fileira da Madeira

Para além da perspetiva funcional e estética, a madeira constitui uma excelente opção em termos ambientais, devido ao facto de ser um material renovável, com capacidade para ser reutilizado

e reciclado [85]. É de realçar que de todos os materiais de construção, a madeira é o único que tem um saldo de carbono positivo, isto é, absorve o carbono da atmosfera enquanto os restantes o libertam [85].

No entanto, quando se refere a madeira como um material sustentável é necessário considerar o ciclo de vida da mesma, desde a sua extração até ao pós-consumo (reutilização, reciclagem e prevenção de resíduos) [85]. A extração é responsável pela criação de uma grande pegada ecológica. Como tal, esta deve ser realizada em florestas certificadas de modo a assegurar a biodiversidade, a produtividade e os processos ecológicos da floresta [86]. Desta forma, também boas práticas de silvicultura ficam asseguradas, nomeadamente no que concerne à utilização limitada de biocidas, respeito pela biodiversidade e a capacidade de regeneração [85]. No que diz respeito à última fase do ciclo, o pós-consumo, a reciclagem da madeira e fibras lenhosas constitui uma boa opção, na medida em que permite a diminuição da exploração desta matéria-prima, permitindo a produção de papel e produtos derivados de madeira [85].

Nas últimas três décadas, os derivados de madeira têm ganho grande destaque em comparação com a madeira maciça, nomeadamente devido ao decréscimo do custo associado a estes e à facilidade da montagem. Com efeito, os painéis derivados de madeira são um dos principais componentes no setor da indústria de mobiliário [80]. Estes podem ser essencialmente de quatro tipos:

Contraplacado: Obtém-se a partir da colagem e posterior prensagem de placas finas de madeira. Normalmente, de forma a prover uma maior resistência ao produto, utiliza-se um número ímpar de placas as quais são sobrepostas transversalmente (figura 6.3a) [87, 88].

Aglomerado de madeira: Produto à base de madeira reciclada, constituído por fibras ou partículas de madeira prensadas juntamente com resina sintética (figura 6.3b) [87, 88].

MDF (*Medium Density Fiberboard*): Produto obtido através da aglutinação de fibras de madeira finas, coladas com resinas sintéticas e outros aditivos, tais como, o formaldeído. Possui algumas características idênticas à madeira maciça, nomeadamente, uma boa resistência (figura 6.3c) [87, 88].

Folha de madeira: são folhas finas de madeira, obtidas através do corte de toros de várias espécies em lâminas de espessuras que variam entre os 0,5 e os 0,7 mm. São produzidas com a intenção de serem coladas em aglomerados de madeira ou MDF, apresentando o mesmo efeito estético que a madeira maciça mas não as mesmas características mecânicas (figura 6.3d) [87, 92].

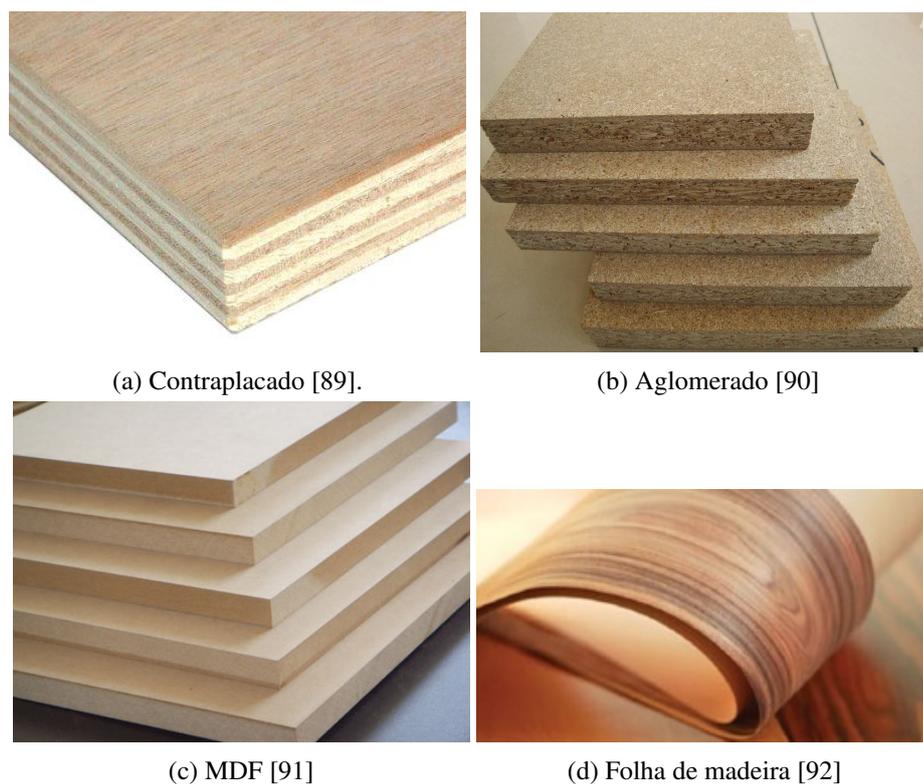


Figura 6.3: Derivados da madeira.

Em primeira análise, a madeira maciça constitui a melhor opção em termos ambientais uma vez que provém diretamente das árvores, sem ser sujeita a qualquer tipo de colagem, isto se a exploração da mesma ocorrer de um modo sustentável. No entanto, e visto que é inevitável a produção de resíduos de madeira, habitualmente procede-se ao reaproveitamento destes para produzir os derivados de madeira anteriormente apresentados. No entanto, uma vez que estes implicam a utilização de colas e resinas sintéticas, os seus impactes ambientais são uma preocupação. Neste sentido, o *American Wood Council* e o *Canadian Wood Council* (2013) realizaram um estudo onde analisaram os impactes ambientais advindos do ciclo de vida de $1m^3$ de MDF, aglomerado e contraplacado. O peso de $1m^3$ destes derivados de madeira é, respetivamente, 745,95kg, 709,79kg e 491,17kg [93-95]. Os resultados obtidos encontram-se presentes na tabela 6.2.

O MDF é o componente com massa volúmica mais elevada, logo, para a produção de $1m^3$ deste, maior será a quantidade de matérias-primas necessárias, nomeadamente de resina de ureia-formaldeído. Para além deste aspeto, o MDF apresenta uma maior compactação quando comparado com os restantes derivados de madeira, logo, mais energia e resinas serão utilizadas para garantir tal coesão. Assim, tal como seria de esperar, o MDF é o derivado de madeira que produz impactes ambientais mais significativos em todas as categorias analisadas. No entanto, é de realçar que o MDF apresenta uma maior durabilidade do que o aglomerado, como tal, apesar dos impactes ambientais serem mais significativos no MDF, por vezes, a produção de vários aglomerados que durem tanto como um MDF pode ser ambientalmente mais prejudicial. Por sua vez, o contraplacado foi o derivado que menores impactes apresentou no decorrer do seu ciclo de vida,

nomeadamente, devido ao facto de apresentar uma massa volúmica reduzida, como consequência, menores quantidades de matérias-primas serão utilizadas. Para além deste aspeto, o contraplacado, resulta da colagem de placas de madeira, contrariamente ao aglomerado e ao MDF que resultam da colagem de fibras de madeira, exigindo estes últimos uma quantidade superior de resinas para apresentarem uma estrutura compacta.

Ainda de acordo com estudo, verifica-se que, independentemente do derivado de madeira analisado, o aquecimento global é o impacte ambiental para o qual estes mais contribuem.

Tabela 6.2: Avaliação dos impactes dos derivados de madeira [93-95].

Impacte Ambiental		Unidades	MDF	Aglomerado	Contraplacado
Aquecimento Global		<i>Kg CO₂ eq.</i>	525,50	315,30	129,77
Potencial de Acidificação		<i>H⁺ moles eq.</i>	317,92	188,78	75,88
Potencial de Eutrofização		<i>Kg N eq.</i>	0,2128	0,1496	0,0666
Depleção da camada de ozono		<i>Kg CFC⁻¹¹ eq.</i>	0,0000	0	0
<i>Smog</i>		<i>Kg O³ eq.</i>	64,48	35,54	22,28
Consumo total de energia primária		Unidades	MDF	Aglomerado	Contraplacado
Não renovável	Comb. Fósseis	MJ	9621,29	5987,91	2111,96
	E. Nuclear	MJ	1163,84	555,59	278,53
Renovável	Biomassa	MJ	6762,74	2542,42	3191,40
	Outros	MJ	400,31	203,91	61,00
Consumo de matéria-prima		Unidades	MDF	Aglomerado	Contraplacado
Não renovável		Kg	0,93	1,02	0,59
Renovável		Kg	763,28	746,28	472,46
Água doce		L	1319,16	463,52	450,55
Resíduos não perigosos gerados		Unidades	MDF	Aglomerado	Contraplacado
Resíduos Sólidos		Kg	71,54	30,15	32,49

6.3 A sustentabilidade na gestão das florestas

O sector florestal é uma fonte de riqueza quer da perspetiva ambiental, social ou económica, sendo de maior importância a garantia da sua preservação. Do ponto de vista ambiental, os seus efeitos positivos são óbvios na preservação do meio ambiente, pelo facto de proteger a biodiversidade, permitir a correção da qualidade do ar e da água e ser fonte de captação do CO_2 [96]. Da perspetiva económica e social, este setor contribui para o produto interno bruto nacional em 2,5% e para o emprego em 3% [97].

Contudo, atualmente o sector florestal tem enfrentado alguns desafios nomeadamente no que concerne à sustentabilidade dos recursos e qualidade dos produtos gerados [97].

Assim, na III Conferência Ministerial para a Proteção das Florestas na Europa foram definidos seis critérios de sustentabilidade a ter em consideração aquando da exploração das florestas. Estes critérios assentam nos seguintes objetivos [98]:

- Manutenção e aumento apropriado dos recursos florestais e o seu contributo para os ciclos globais do carbono;
- Manutenção da saúde e vitalidade dos ecossistemas florestais;
- Manutenção e fomento das funções produtivas das florestas;
- Manutenção, conservação e fomento apropriado da diversidade biológica nos ecossistemas florestais;
- Manutenção e fomento apropriado das funções protetoras na gestão das florestas (principalmente solo e água);
- Manutenção de outras funções e condições socio-económicas.

De acordo com Poschen, Wooders e Lindell (2009, p.3) a forma como os recursos florestais contribuem para a mitigação das alterações climáticas depende do modo como são geridos. Neste sentido, a adoção de sistemas de certificação constitui uma valorização [99]. Atualmente existem dois organismos principais de certificação: o *Forest Stewardship Council* (FSC) e o *Programme for the Endorsement of Forest Certification* (PEFC).

Ambas as organizações atuam com o propósito de melhorar a gestão florestal incentivando os proprietários, através da aquisição do processo de certificação, a cumprirem boas práticas ambientais. Desta forma é garantido aos consumidores que as madeiras/produtos adquiridos provêm de florestas com bons princípios de silvicultura [100, 101].

Quer o FSC, quer o PEFC emitem dois tipos de certificados idênticos, o certificado de gestão florestal e o certificado de cadeia de custódia (FSC)/responsabilidade (PEFC). O primeiro referido indica que uma determinada área é gerida em conformidade com os princípios destas organizações, nomeadamente, no que diz respeito ao cumprimento da legislação, à assecuração dos direitos dos trabalhadores e dos povos indígenas, à manutenção e conservação da floresta reduzindo os impactes ambientais associados à exploração da mesma. No que diz respeito ao certificado de cadeia de custódia (FSC)/responsabilidade (PEFC), este permite rastrear os produtos florestais ao longo das diversas fases do seu processo produtivo até à sua comercialização. Para além destes dois tipos de certificados, o FSC pode emitir um terceiro designado por certificação de madeira controlada, o qual permite às indústrias a utilização de produtos mistos, isto é, com certificado FSC, e não certificados, provenientes de fontes aceitáveis, isto é, fontes legais, que respeitem a conservação da natureza [102, 103].

Em Portugal a floresta ocupa uma área de 3,2 milhões de hectares, o que corresponde a 35,4% do território nacional, sendo que 2,8 milhões de hectares são privados pertencentes a pequenos proprietários ou de cariz familiar [104]. Dado o elevado custo do processo de certificação este

encargo para pequenos proprietários pode tornar-se insustentável [99]. Como tal, a nível nacional a área de floresta certificada é ainda reduzida, sendo de cerca de 335000 hectares pelo FSC e 253000 hectares pelo PEFC [100, 101].

6.4 Outros componentes presentes no mobiliário

Para além da constituição base em madeira ou derivado de madeira, uma peça de mobiliário pode albergar uma diversidade de materiais, tais como, metais, plásticos, têxteis, couro, vidro, mármore, pedra, entre outros. A par da madeira maciça e derivados de madeira, os metais e os plásticos são os componentes em maior percentagem numa peça de mobiliário [105].

Dada a variedade de materiais constituintes de uma peça de mobiliário, constata-se que os impactes ambientais associados a este encontram-se maioritariamente na produção e no tratamento das matérias-primas.

Assim, foi realizada uma análise dos impactes ambientais derivados das matérias-primas, a qual se encontra na tabela 6.3.

Quando se aborda o setor da indústria automaticamente consideram-se fábricas de grandes dimensões, altamente equipadas, produzindo em massa e com *stocks* bastante consideráveis. No entanto se se analisar os efeitos destas no meio ambiente constata-se que o impacte é bastante negativo, pois daqui resultam:

- Grandes *stocks* que implicam automaticamente a produção de um grande número de embalagens;
- Muitos dos produtos produzidos não são vendidos acabando por ser descartados pelas empresas, gerando-se assim uma maior produção de resíduos;
- A movimentação de todo este *stock* implica um elevado transporte e conseqüentemente um grande consumo de combustível, que por sua vez, implica um maior consumo de petróleo;

Daqui depreende-se o efeito negativo que as empresas de grandes dimensões têm no meio ambiente.

Se aos impactes ambientais das matérias-primas constituintes de uma peça de mobiliário (tabela 6.3) se adicionar os impactes decorrentes dos derivados de madeira e os impactes que as empresas de grandes dimensões apresentam verifica-se que se está a caminhar para uma situação de insustentabilidade. Como tal existem certos pontos-chave onde se pode atuar de modo a alterar os impactes do setor do mobiliário.

Tabela 6.3: Impactes ambientais dos materiais constituintes de uma peça de mobiliário [105-107].

Material	Impacte ambiental
Madeira maciça	Perda de biodiversidade; Desflorestação; Redução do armazenamento de carbono.
Derivados de madeira	Práticas de silvicultura utilizadas; Utilização de colas; Emissões atmosféricas de COV e formaldeído; Acabamentos incorporam: resinas de formaldeído, melamina, resinas de poliuretano, acetato de vinil e etileno, epóxi.
Metais	Recursos não renováveis; Durante a fase de extração pode ocorrer contaminação das fontes de água e emissão de poeiras; Consumo de energia; Libertação de metais pesados.
Plásticos	Recursos não renováveis; Consumo de energia; Emissões atmosféricas de COV e HCFC; Utilização de aditivos, como por exemplo, retardador de chama.
Têxteis e couro	Utilização de pesticidas (fibras naturais); Emissão de COV (fibras sintéticas); Emissão de formaldeídos e metais pesados; Pode ocorrer contaminação das fontes de águas devido ao uso de corantes, pigmentos e fungicidas.
Pintura/Envernizamento	Emissão atmosférica de COV se forem utilizados vernizes/tintas à base de solventes; Emissão de metais pesados
Materiais de acolchoamento e enchimento	Emissão atmosférica de formaldeído.
Colas	Emissão de COV;
Embalagem	Consumo de matérias-primas (cartão, plásticos).

1º - Alteração dos acabamentos utilizados

Os acabamentos utilizados são, maioritariamente, à base de tintas ou vernizes. A sua utilização prende-se com a necessidade de proteger a madeira aumentando assim a durabilidade, ocorrendo uma redução de custos de manutenção e reparação. Para além destes factos, estes também têm como finalidade contribuir para a decoração de espaços [108]. No entanto, tal como apresentado anteriormente na tabela 6.3, os impactes ambientais advindos destes materiais são bastante significativos, prejudicando não só o meio ambiente como também a saúde humana. Estes materiais acabam por se impregnar na madeira dificultando a possibilidade de reutilização ou reciclagem. Assim, a substituição destes acabamentos por outros que também contribuam para a proteção da madeira mas com menor impacte ambiental seria vantajoso. Neste sentido, a utilização de ceras e óleos naturais seria uma solução ambientalmente sustentável.

2º - Alteração dos gostos

“(…) os *designers* têm a oportunidade de influenciar o impacte que os produtos têm sobre o meio ambiente e a sociedade. As suas decisões podem ter impactes sociais e ambientais positivos e negativos ao redor do mundo. (...) estes devem aumentar a sua responsabilidade devido ao papel fundamental que desempenham como conexão do setor com o mercado.” (Efkolidis et al.,2010) [109]

Os consumidores são os responsáveis pelos produtos atualmente existentes, uma vez que as empresas apenas produzem de acordo com a escolha destes. No entanto, estes seguem a moda ditada pelos *designers* e arquitetos. Assim, o primeiro passo para uma modificação dos gostos seria a alteração do modo de atuação destes prescritores. Esta alteração passa pela escolha de cores neutras, tecidos naturais, como o algodão e o linho e a preferência pela madeira maciça.

3º - Incentivo à 3ª Revolução Industrial

“Mas e se milhões de pessoas pudessem fabricar lotes ou mesmo itens individuais manufaturados nas suas próprias casas ou empresas, de forma mais barata, mais rápida, e com o mesmo controle de qualidade que a maioria das fábricas avançadas na terra?” (Rifkin, 2012) [8]

Com a implementação da 3ª Revolução Industrial, as micro e pequenas empresas tornar-se-iam mais competitivas, impondo-se em relação às grandes empresas que se encontravam no centro da economia na 1ª e 2ª Revolução Industrial. Tal ocorreria devido ao facto da fabricação aditiva permitir que haja uma redução no custo de produção de bens de maior durabilidade. Ocorre assim uma descentralização da manufatura.

Capítulo 7

Caso de Estudo

Os três pilares de um desenvolvimento sustentável encontram-se num processo instável, onde a crise económica que assola os diversos países, assim como a crise ambiental encontram-se nos assuntos da ordem do dia. Como forma de combater o decrescimento económico acredita-se, de uma forma generalizada, que a solução consiste no crescimento desenfreado. No entanto, o crescimento desenfreado origina um consumo desmesurado o que por sua vez causa uma escassez nos recursos naturais.

De acordo com Tim Jackson (2009) a solução passa pela prosperidade sem crescimento, respeitando os limites ecológicos do planeta. Este defende que a prosperidade é mais do que a capacidade económica de um país (PIB), é também o bem-estar, a saúde e a solidez da comunidade. Estes últimos parâmetros determinam a felicidade sustentável (*HPI – Happy Planet Index*), isto é, a capacidade de gerar bem estar e longevidade com uma menor pegada ecológica [110]. Para Catherine O’Brien (2010) a felicidade sustentável é definida como [111]:

"A felicidade que contribui para o indivíduo, a comunidade e/ou o bem-estar mundial e não explora outras pessoas, o ambiente ou as gerações futuras."

Estes ideais suscitam a criação de novos tipos de empresas, tal como a Boa Safra.

7.1 Boa Safra

A Boa Safra é uma Editora de *Design* Sustentável que surgiu em 2009. O seu trabalho centra-se na criação de produtos ecológicos para a casa que se estendem desde os móveis, à iluminação e têxteis – *Eco Home Design*. As suas peças resultam da atividade de diversos *designers* que complementam dois fatores num produto: a funcionalidade e a estética. A atividade da Boa Safra encontra-se descentralizada por Portugal e Espanha, com a colaboração de diversos engenheiros, arquitetos, *designers*, técnicos e vendedores, tal como apresentado no esquema da figura 7.1.

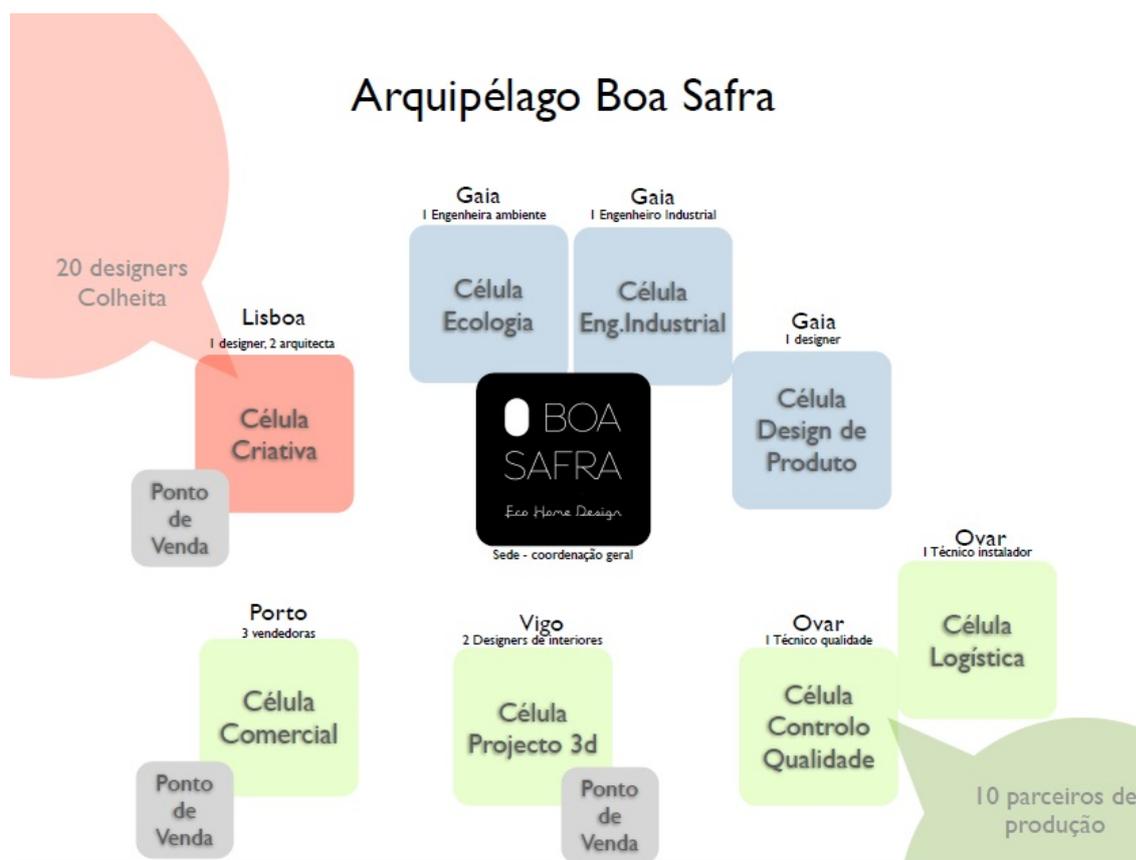


Figura 7.1: Esquema representativo da distribuição espacial das atividades e funcionários da Boa Safra (cedido pela Boa Safra).

Tal como apresentado no esquema da figura 7.1, a coordenação geral de todas as atividades é realizada na sede da empresa em Gaia. As restantes células encontram-se interligadas a esta, sendo supervisionadas pela mesma. Esta distribuição espacial é um dos pontos-chave da empresa, uma vez que as células encontram-se em locais estratégicos, isto é, a célula criativa encontra-se em Lisboa, o centro das tendências e da moda, enquanto que a célula de engenharia industrial encontra-se no Porto, o centro da produção do país.

A atividade da Boa Safra segue os moldes da 3ª Revolução Industrial. Com 13 funcionários esta é considerada uma pequena empresa, que apesar de ter capacidade para atuar globalmente, exportando para diversos países, valoriza a atuação local e contribui para o desenvolvimento do meio ao seu redor. Por este motivo a sede da empresa localiza-se numa zona rural sem existência de outras infraestruturas industriais. Assim é possível criar uma excelente relação com a população e as atividades locais, possibilitando a criação de empregos, fomentando estilos de vida saudáveis e ambientalmente sustentáveis. Este aspeto é definido pela empresa como *Eco Life Design*.

O conceito *Do-It-Yourself* pode ser interligado à atividade da empresa, onde esta através da plataforma *You Design* possibilita a prototipagem de uma peça ou o lançamento de um produto, quer por parte de profissionais, quer por parte do consumidor final. Apesar desta possibilidade,

a Boa Safra conta com o profissionalismo de diversos *designers* e arquitetos que em colaboração com os artesãos e fabricantes produzem peças criativas e ambientalmente sustentáveis.

A criatividade é um ponto fulcral para a empresa. Habitualmente os consumidores admiram o mobiliário com a presença de cores chamativas e brilho proveniente da presença de lacados e vernizes. No entanto, tal como apresentado na tabela 6.3, os impactes destes no meio ambiente são bastante significativos. Assim, e seguindo o seu princípio de sustentabilidade, a Boa Safra, utiliza a criatividade para produzir mobiliário que se torne igualmente admirável, mas com materiais sustentáveis.

Neste sentido, a Boa Safra prima pelos seguintes materiais e modo de atuação:

Madeira

A empresa prioriza a utilização de madeira maciça nos seus móveis em detrimento dos derivados, devido ao facto de esta não ter que ser sujeita a nenhum tipo de colagem ou resina que lhe confira toxicidade. Para além deste aspeto a madeira maciça é um material de elevada durabilidade, diminuindo as necessidades de substituição por motivos de detrimento. Quando explorada de forma sustentável a madeira é 100% renovável, como tal, a Boa Safra utiliza madeira europeia corretamente gerida.

No seio da empresa, a madeira passa por diversas etapas e tem diferentes destinos, assim como os resíduos resultantes da exploração da mesma.

Acabamentos Naturais

Um dos principais componentes que tornam as peças de mobiliário tóxicas e de difícil tratamento após a sua eliminação são os vernizes. Estes são utilizados de forma a preservar a madeira. No entanto, a presença de COV's nos mesmos torna-os ambientalmente prejudiciais, para além de que estes compostos são também responsáveis por provocar doenças respiratórias nos trabalhadores que são frequentemente sujeitos à sua presença. Para contrariar estes factos, a Boa Safra utiliza óleos naturais que para além de serem isentos de COV's e de não apresentarem risco para a saúde humana, possuem uma resistência equivalente aos vernizes tradicionais.

Tecidos naturais

A utilização de tecidos sintéticos implica um conjunto de ações até à sua produção final que são responsáveis pela degradação da qualidade ambiental, nomeadamente, a emissão de COV's, metais pesados e formaldeídos. Assim, seguindo o seu princípio de sustentabilidade ambiental, a Boa Safra dá prioridade a tecidos naturais tais como o algodão e o linho. Da mesma forma que a utilização da madeira é vantajosa quando as florestas onde esta é recolhida é gerida de modo sustentável, também no caso destes tecidos, uma agricultura isenta de fertilizantes e pesticidas torna o seu uso mais favorável e com menores impactes ambientais.

Design intemporal

Uma das principais apostas da Boa Safra é a criação de produtos simples, com tons suaves de forma a que as peças não se tornem cansativas e desgastantes. Deste modo, promove-se a durabilidade dos produtos. Com efeito, o consumismo desmesurado reduzirá e a necessidade de consumo de recursos naturais também.

A este modo de atuação encontra-se inerente o conceito de *ecodesign*. A interligação desta ferramenta de ecologia industrial com a avaliação do ciclo de vida, a reciclagem e a reutilização permitem a criação do ciclo de produção fechado verificado na empresa. Desde a extração das matérias-primas, a qual é realizada em florestas sustentáveis, até à entrega para os consumidores em material reutilizável, existe uma forte preocupação na minimização dos impactes ambientais. Tal como será mencionado posteriormente, não há produção de desperdícios na empresa, pois todos os resíduos constituem matéria-prima para outros materiais.

A atividade da Boa Safra destaca-se igualmente pela não produção de *stocks*, os quais constituem um forte fator no desperdício no seio empresarial. A produção ocorre à medida que as encomendas são realizadas, a designada produção peça a peça.

Se a todos os aspetos anteriormente mencionados, se acrescentar o facto da empresa recorrer a ferramentas digitais de *desktop*, a impressora 3D e o CNC, constata-se que esta atua fortemente no sentido da sustentabilidade.

Denota-se uma grande preocupação da Boa Safra em criar um equilíbrio entre os três pilares da sustentabilidade. No que diz respeito à sustentabilidade ambiental, a empresa destaca-se pela utilização de materiais com menores impactes ambientais e por promover a venda destes em detrimento de outros com um forte impacte ambiental no decorrer do seu ciclo de vida. Um método simples mas com um forte impacte, em termos de consciencialização por parte dos clientes, consiste na criação de etiquetas para os diversos produtos expostos nas lojas que descrevem características ambientais dos mesmos. Um exemplo destas é apresentado na figura 7.2.

Habitualmente, no senso comum, diz-se que os gostos não se discutem. No entanto, a empresa é bastante relutante em relação a esta expressão e defende precisamente o contrário. Como tal, atuam no sentido de alterar os gostos dos consumidores conquistando-os com peças ecológicas em detrimento de outros que produzem um impacte ambiental bastante significativo no meio ambiente. Um intenso trabalho de *designers* e arquitetos, pois são estes os principais capazes de alterar o sentido de moda e criar outras tendências ambientalmente sustentáveis.

A sustentabilidade económica é outro



Figura 7.2: Etiqueta dos produtos utilizada pela Boa Safra (cedido pela Boa Safra).

fator-chave da empresa a qual avança nos seus projetos e cria produtos de acordo com o seu poder económico, não recorrendo a situações de empréstimos. O seu crescimento resulta do trabalho diário dos demais trabalhadores da empresa. Por fim, a sustentabilidade social é indiscutível, começando pelo local onde a empresa se encontra até à criação de empregos locais. Fomenta-se o espírito de partilha de saberes e conhecimentos, ficando ambas as partes em vantagem.

7.1.1 Rede Boa Safra

O crescimento da empresa é um passo conseguido com bastante ponderação. A perspetiva da Boa Safra não se centra no crescimento desmesurado, mas num equilíbrio harmonioso entre esta e os seus parceiros, onde todos obtêm vantagens.

O foco da empresa não passa apenas pela criação de peças de mobiliário. A Boa Safra foi a desencadeadora da criação de outras empresas devido ao seu suporte técnico e de gestão. Na tabela 7.1 apresenta-se o apoio prestado pela Boa Safra aos seus parceiros.

Tabela 7.1: O papel desempenhado pela Boa Safra aos seus parceiros.

Parceiro	Papel Desempenhado
BioAgro	Horta Biológica na Sede Boa Safra - Sustenta- ção Local BioChar Store
IMF – Ibero Massa Florestal	Apoio técnico na engenharia industrial e na conceção do projeto QREN Comercialização e promoção do BioChar
EcosLar	Fundação da Serração Apoio de Gestão Novos produtos
Marcenaria Boa Safra	Marcenaria 100% Boa Safra Escola de Marcenaria em Madeira

Tal como apresentado no esquema da figura 7.3 existe uma rede de interligação da atividade de diversas empresas apoiadas pela Boa Safra, sendo esta o elo de ligação e relação entre estas. Esse elo resulta da principal matéria-prima das suas atividades, a madeira.

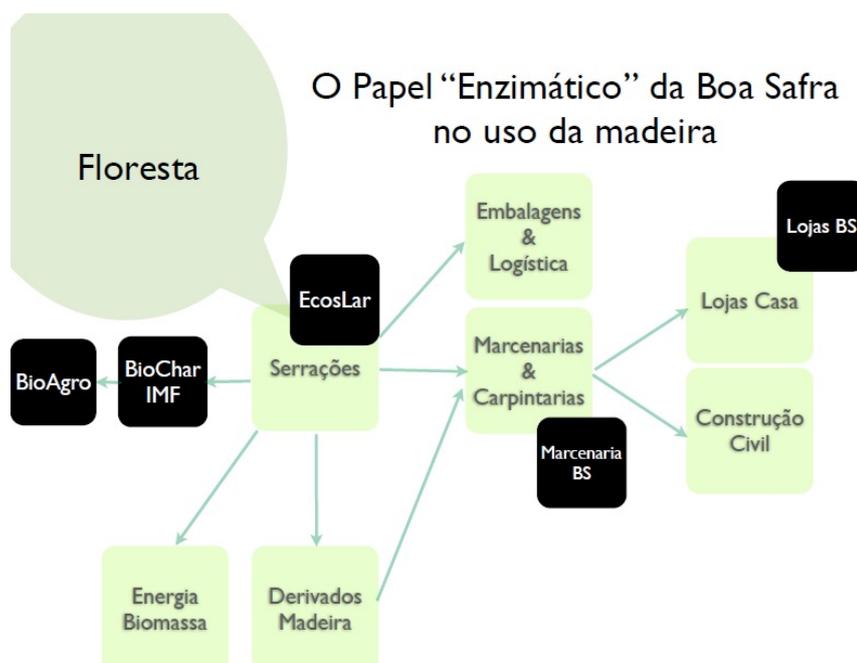


Figura 7.3: Esquema representativo do uso da madeira pela Boa Safra e seus parceiros (cedido pela Boa Safra).

Após a recolha de madeira em florestas europeias, geridas de forma sustentável, esta é encaminhada para a serração – EcosLar – onde se faz o tratamento adequado aos mais diversos fins a que esta se destina. Parte desta madeira é utilizada no fabrico de embalagens de fruta e outra parcela segue para as marcenarias e carpintarias para a produção de mobiliário. Entre estes dois passos ocorre a produção de resíduos de madeira, os quais são utilizados para a produção de energia ou vendidos a outras empresas para fabrico de derivados de madeira. Alguns dos resíduos florestais são encaminhados para a Ibero Massa Florestal para a produção de Biochar¹. O biochar é um produto rico em carbono que resulta da carbonização de resíduos agrícolas e florestais [112].

Este é obtido através do processo de pirólise, onde a biomassa é decomposta termicamente no interior de reatores pirolíticos. Apesar da sua utilização passada, os estudos nesta área têm sido recentes, e prendem-se com a utilização deste para combater as emissões de gases com efeito de estufa, os quais contribuem para o aquecimento global [112]. Devido às suas também comprovadas vantagens na agricultura, este é utilizado na Horta Biológica – BioAgro. Neste último também se utilizam as aparas de madeira resultantes da serração, para evitar o crescimento de espécies indesejadas que prejudiquem o crescimento das plantas.

No que diz respeito ao mobiliário criado nas marcenarias e carpintarias, este é enviado para as lojas da Boa Safra localizadas no Porto, Lisboa e Vigo para se proceder à sua venda. Neste processo de criação do mobiliário, as tábuas resultantes podem ainda ser encaminhadas para a construção civil para, por exemplo, a formação de andaimes.

¹Atualmente a bibliografia sobre este produto tem vindo a crescer demonstrando a importância e a inovação do mesmo.

7.1.2 Evolução das Teorias de Produção

Para que seja perceptível o conceito associado à criação e fabrico dos cabides *grow-up* e tradicional, analisados de seguida, apresenta-se a evolução das diferentes teorias de produção ao longo dos tempos, as quais acompanharam as diferentes revoluções industriais.

Com a ocorrência da 1ª Revolução Industrial várias ferramentas e equipamentos foram surgindo originando nos produtores a necessidade de produzir mais rapidamente e em maiores quantidades de forma a fazer face à concorrência. Foi neste sentido que Henry Ford criou as linhas de produção as quais, na sua perspetiva, tornariam o processo mais produtivo, pois em vez de serem os trabalhadores e os componentes a deslocarem-se, seria o próprio automóvel a deslocar-se. Deste processo produtivo surgiu a produção em massa. Com esta fomentou-se o fabrico em série e de forma padronizada o que originou falta de personalização nos produtos, apesar da sua redução de custos.

Sistema de Produção Toyota

Com o fim da Segunda Guerra Mundial em 1945, o Japão encontrava-se com grandes problemas necessitando de recuperar a sua economia e indústria. Assim a Toyota retomou o seu trabalho para se tornar uma indústria competitiva no setor automóvel. No entanto, devido à falta dos mais variados recursos, a tarefa desta para competir com os americanos e os europeus estava dificultada, sendo que a produtividade destes últimos era 9 vezes superior à mão-de-obra japonesa [113]. No entanto, as indústrias ocidentais apresentavam uma grande desvantagem que foi vista como uma oportunidade pela *Toyota Motors Company*, a falta de diversidade nos produtos comercializados [114]. Com efeito surgiu o Sistema de Produção Toyota (*Toyota Production System* - TPS) desenvolvido pelo seu fundador Sakichi Toyoda, o seu filho Kiichiro Toyoda e pelo engenheiro Taiichi Ohno [115].

Com esta nova filosofia pretendia-se satisfazer as necessidades dos clientes assim como as suas preferências, garantindo boa qualidade e baixo custo no menor tempo possível. Para que este nível de eficiência fosse alcançado a Toyota assenta a sua produção em dois pilares: *Just-in-time* (JIT) e *jidoka* [113].

Just-in-time: JIT significa “fazer apenas o que é necessário, quando for necessário, na quantidade necessária.” [116] A aplicação deste princípio constitui uma estratégia de modo que esteja em circulação a menor quantidade de matérias-primas e produtos possível, assim como menores *stocks*. Desta forma existe um maior poder capital em circulação.

O JIT baseia-se em quatro princípios que em conjunto apoiam este: *Heijunka*, eliminação do desperdício, *Takt time* e *Kanban*. *Heijunka* significa sequenciamento de produção ou nivelamento de produção. Consiste na realização da programação da produção através da organização sequencial dos pedidos num padrão repetitivo de curta duração, mas que está relacionado à procura no longo prazo. Desta forma é possível produzir diferentes bens de forma a garantir um fluxo contínuo, suave e eficiente nivelando também a procura dos recursos de produção [113].

A eliminação de desperdício, também reconhecido como muda, refere-se a tudo o que não acrescenta valor devendo deste modo ser reduzido ou eliminado [117]. Isto abrange áreas que normalmente não são consideradas como desperdício, tais como sobreprodução, *stocks*, movimentos e tempos de espera desnecessários [118].

O *takt-time* é uma palavra alemã que significa ritmo/compasso. Sendo *takt* a taxa de procura dos clientes, o tempo *takt* corresponde ao ciclo de trabalho que satisfaz a procura de cada cliente. Numericamente é a razão entre o tempo disponível para produção e o número de unidades a serem produzidas. A otimização do *takt-time* reduz o desperdício e a ineficiência eliminando o risco de atrasos temporais ou a produção em excesso [113, 118].

Kanban é uma palavra japonesa que significa registo/cartão de sinalização. A sua principal função no sector industrial é controlar os fluxos de produção. Assim, quando há um *stock* mínimo de componentes para assegurar o fluxo, o cartão *kanban* é colocado de forma visível para que o operário seja capaz de reabastecer *just-in-time* [115, 118].

Jidoka: *Jidoka* é a designação japonesa para automação. Consiste na possibilidade do operador ou a máquina interromperem o processo sempre que detetarem uma condição anormal nos materiais, métodos ou nas próprias máquinas. Assim, evita-se que o erro progrida no processo, sendo a eficiência do mesmo maior. Com efeito, a presença do operador só é requerida quando existe uma anomalia, caso contrário o processo decorre com normalidade, podendo o operador operar várias máquinas, flexibilizando-se a mão-de-obra [113].

Diversas firmas japonesas aderiram ao TPS, pelo que nos anos 60 estas já tinham adquirido uma larga vantagem em relação aos produtores de outros países [119]. Com a perceção do benefício proveniente da utilização do TPS o conceito *Lean Thinking* começou a generalizar-se na década de 90 [114].

Lean Thinking

O conceito *Lean Thinking* surgiu na década de 1990 quando James Womack e Daniel Jones lançaram um livro com a mesma designação, após uma década a analisar o sucesso das empresas japonesas que seguiram o Sistema de Produção Toyota. Este termo é assim uma evolução do TPS [120].

Lean Thinking significa “pensamento magro” e deve-se ao facto do seu princípio subjacente sugerir a utilização do menos possível. Este “menos” refere-se a todas as partes intervenientes num processo, isto é, menos materiais, menos energia, menos espaço, menos pessoas, menos *stocks*, garantindo-se na mesma a qualidade do serviço prestado [114]. O termo é mundialmente aplicado para se referir à filosofia de liderança e gestão e tem como objetivo a eliminação sistemática de desperdícios e a criação de valor [117].

De acordo com Taiichi Ohno (1997, citado em Grenho, 2009), a eliminação de desperdícios consiste em “Reduzir a linha do tempo, do momento que o cliente faz o pedido até o ponto de receber o dinheiro, removendo os desperdícios que não agregam valor ao longo desta linha” [113]. Este identificou assim os 7 desperdícios da produção:

- **Sobreprodução:** Produção excessiva ou cedo demais, resultando num inventário acima do necessário para satisfazer as necessidades dos clientes. Daqui resulta um desperdício na utilização de matérias-primas, mão-de-obra e espaço [114, 121].
- **Tempos de espera:** Períodos de tempo em que a mão-de-obra e as máquinas não estão a ser utilizados com produtividade, resultando em fluxos irregulares, assim como, elevados *lead time* [114, 121].
- **Transportes:** Transporte é qualquer movimentação ou transferência de materiais, produtos semiacabados, produtos acabados, de um local para outro. As deslocações excessivas de pessoas ou materiais resultam num desperdício de energia, tempo e capital [114, 117].
- **Processo inadequado:** os desperdícios do próprio processo referem-se a operações e processos que não são necessários ou mal reproduzidos, como por exemplo, a utilização incorreta do equipamento e das ferramentas [114, 117].
- **Excesso de *stock*:** Demonstram a presença de materiais ou produtos retidos por um determinado tempo, dentro ou fora da fábrica acarretando um elevado custo [117].
- **Movimentação desnecessária:** Refere-se ao movimento que não é necessário para a correta execução das operações. Esta situação resulta de um incorreto *layout*, falta de formação dos trabalhadores ou à desorganização do local de trabalho [114, 121].
- **Defeitos:** Produtos que apresentam uma qualidade fora de uma especificação ou padrão estabelecido e que por esta razão não satisfaçam os requisitos de uso. A identificação das causas de tal situação é essencial para eliminar ou diminuir a ocorrência deste tipo de desperdícios [113, 117].

De acordo com Crosby os desperdícios nas empresas industriais que recorrem à produção em massa correspondem em média a 20% das vendas [122]. Por esta razão cada vez mais as empresas estão a adotar a filosofia *lean*, onde o sucesso de várias empresas já foi comprovado. A Toyota Motors Corporation destronou a General Motors em 2007, a qual até ao momento era considerada a maior empresa do setor. A Dell ou Zara são outras empresas que implementaram a filosofia *lean* apresentando ganhos significativos [121].

Assim, a conjugação das características da 3ª Revolução Industrial com os princípios *lean* seria o ideal para as empresas diminuírem a existência de *stocks*, com conseqüente redução do consumo de matérias-primas, assim como, produção de resíduos. Com efeito, ocorreria um aumento significativo da sua eficiência.

7.1.3 Estudo dos cabides

De forma a avaliar a real vantagem da aplicação de uma era digital, baseada na 3ª Revolução Industrial, a um sistema empresarial, realizou-se uma avaliação de desempenho ambiental a duas peças de mobiliário com a mesma função, o cabide *grow-up* e o cabide tradicional, seguindo,

tanto quanto possível, os conceitos implícitos na norma ISO 14031. Este último referido segue os princípios da produção em massa. Por sua vez, o cabide *grow-up* foi produzido de acordo com os moldes da 3ª Revolução Industrial associado ao *Lean Thinking*. Esta associação entre estas duas últimas vertentes mencionadas torna a análise do cabide uma questão relevante, uma vez que a filosofia *Lean* foi a precursora da 3ª Revolução Industrial. Com a propagação desta filosofia de produção peça-a-peça sem produção de *stocks*, a indústria foi-se adaptando através da criação de instrumentos robotizados e digitais acabando por surgir a impressão 3D e o CNC.

O cabide *grow-up* é considerado assim um produto da 3ª Revolução Industrial por conter no seu fabrico uma conjugação da filosofia *Lean*, da modelação digital e as ferramentas digitais supramencionadas.

7.1.3.1 Cabide *grow-up* vs cabide tradicional

Tal como previamente referido, os cabides em estudo seguem princípios de produção distintos. O cabide *grow-up* (figura 7.4 anexo A) tem a sua produção baseada em ferramentas digitais, a base foi produzida num CNC de 5 eixos, o complemento, neste caso, um pássaro, foi criado numa impressora 3D e as varas seguiram a produção tradicional, mas também mecanizada num torno e numa esquadrejadora. O cabide tradicional foi todo criado numa perspectiva mecanizada mas segundo a produção em massa. No fabrico das varas, as máquinas requeridas foram as mesmas que as utilizadas num cabide *grow-up*. Na criação da base foram necessárias quatro máquinas distintas. Para além da esquadrejadora foi necessário uma furadora, uma lixadeira e uma tupa. Por fim, a produção do complemento exigiu novamente uma esquadrejadora e uma serra tico tico.

É de realçar que o cabide *grow-up* é um dos produtos criados pela Boa Safra, enquanto que o cabide tradicional foi um produto idealizado de acordo com o modo de atuação das empresas de mobiliário tradicionais.

Para além das distintas ferramentas utilizadas, os cabides diferem nos acabamentos utilizados e na matéria-prima utilizada no complemento. Em ambas as situações as matérias-primas da base e das varas foram, respetivamente, MDF e madeira maciça. Este último material foi também utilizado na produção do complemento no caso do cabide tradicional, sendo que no cabide *grow-up*, a matéria-prima utilizada foi o plástico.

O *design* adotado é simples, sem cores chamativas de modo a tornar os cabides intemporais, diminuindo o consumo desmesurado. O complemento utilizado pode ser alterado ao



Figura 7.4: Cabide *grow-up* (cedido pela Boa Safra).

longo do tempo de modo a tornar o cabide sempre interessante sem necessidade de ocorrer a sua total renovação. Esta modificação, no caso do cabide *grow-up* pode ser conseguida sem acarretar grandes problemas ambientais uma vez que o plástico pode ser derretido e novamente inserido na impressora 3D para dar forma a um novo complemento. Por sua vez num cabide tradicional, a alteração do complemento acarreta consumo de madeira maciça, sendo que o complemento anterior é desperdiçado.

Assim será feita uma análise comparativa das várias etapas na conceção dos cabides, tradicional e *grow-up*, tal como apresentado no esquema da figura 7.5.



Figura 7.5: Esquema representativo das etapas analisadas na conceção dos cabides.

Conceção do Produto – Projeto

A criação do produto é uma fase extremamente importante pois a partir desta pode-se reduzir erros desnecessários. No caso dos objetos em análise, o cabide *grow-up* é produzido integralmente em modelação sólida 3D, em contrapartida, o cabide tradicional é idealizado e produzido manualmente de forma parcial.

A modelação sólida 3D permite que o produto seja integralmente analisado, desde a sua conceção ao seu dimensionamento, possibilitando o estudo de várias alternativas em pouco tempo. Com efeito, os erros dimensionais são reduzidos, assim como o tempo para a realização do projeto. Adicionalmente este tipo de modelação permite criar produtos geometricamente complexos com grande detalhe e precisão, diminuindo assim os erros na sua conceção.

Desta forma, com a utilização da modelação sólida 3D os custos serão mais reduzidos, a produtividade aumentará e os projetos serão produzidos a mais rapidamente e com menos falhas. Em oposição a este tipo de modelação, a produção e idealização manual encontra-se sujeita aos mais diversos erros, o que aumenta o desperdício de matéria-prima.

Fabrico

Produção de resíduos: Primeiramente foi realizada uma análise à produção de resíduos provenientes da produção dos referidos cabides. Para tal determinou-se o volume inicial da base, das varas e do complemento antes de serem sujeitos aos cortes necessários para lhes dar a forma pretendida. Posteriormente calculou-se o volume final de cada uma destas partes sendo o volume de resíduos dado pela diferença entre os volumes mencionados. Dado que em termos estruturais eles são idênticos o volume de resíduos resultantes foi idêntico em ambos, com exceção do volume de resíduos resultantes da produção do complemento. Este, que no cabide *grow-up*, foi produzido numa impressora 3D, uma tecnologia aditiva, não originou desperdícios. Em contrapartida, no cabide tradicional existe produção de resíduos devido à modelação do cubo inicial de madeira no complemento desejado. Apesar deste resultar da produção tradicional em que não há recurso a *software* de modelação, o seu volume inicial e final foi estimado através do *solidworks*, uma vez que foi um produto idealizado e não houve real acesso ao mesmo.

A par desta diferença, o cabide tradicional resulta de uma produção em massa. Uma vez que Crosby estima que os desperdícios nas empresas que utilizam este princípio de produção é de 20% das vendas, este valor foi tido em consideração na análise da produção de resíduos.

Na tabela 7.2 apresentam-se os resultados obtidos da referida avaliação, sendo que a especificação dos cálculos realizados encontra-se presente no anexo B.

De acordo com a tabela 7.2 verifica-se que a produção de resíduos é de $34,8dm^3$ no caso do cabide *grow up*, sendo 17% inferior à obtida na manufatura do cabide tradicional. Tal como foi anteriormente mencionado esta diferença deve-se ao princípio de produção considerado no fabrico do cabide tradicional.

Tabela 7.2: Volume de resíduos produzidos no fabrico do cabide *grow-up* e do cabide tradicional.

		Produção de resíduos	
		Cabide <i>grow-up</i>	Cabide Tradicional
Base	Volume inicial (m^3)	3,77E-02	3,77E-02
	Volume final (m^3)	1,63E-02	1,63E-02
	Volume de resíduos (m^3)	2,14E-02	2,14E-02
Varas	Volume inicial (m^3)	2,51E-03	2,51E-03
	Volume final (m^3)	1,02E-03	1,02E-03
	Volume de resíduos (m^3)	1,48E-03	1,48E-03
	Número de varas	9,00	9,00
	Volume total de resíduos (m^3)	1,34E-02	1,34E-02
Complemento (Pássaro)	Volume inicial (m^3)	—	2,14E-04
	Volume final (m^3)	7,72E-05	7,72E-05
	Volume de resíduos (m^3)	—	1,37E-04
Volume total de resíduos (m^3)		3,47E-02	4,18E-02

Destino dos resíduos: Em ambos os cabides há produção de resíduos, nomeadamente, resultantes do desbaste das peças originais para dar a forma pretendida. Assim, os tipos de resíduos resultantes são praticamente os mesmos em ambas as situações, MDF, serrim e aparas de madeira. Os resíduos produzidos são todos reutilizados, como tal os impactes dos mesmos são nulos. O serrim e as aparas de madeira são vendidos a outras empresas para a produção de MDF, enquanto que os resíduos do próprio MDF são novamente utilizados para a produção do mesmo.

Matéria-prima: A matéria-prima utilizada em ambos os cabides foi o MDF e a madeira maciça, respetivamente para a base e para as varas. No caso do complemento, para o cabide tradicional foi utilizada madeira maciça, enquanto que no cabide *grow-up* utilizou-se plástico. Após a determinação dos volumes iniciais de cada uma das partes constituintes dos cabides, apresentados anteriormente, e tendo em conta as massas volúmicas das matérias-primas dos mesmos, foi possível determinar a massa de cada um dos materiais necessários à produção do mesmo. Os valores obtidos apresentam-se na tabela 7.3 a especificação dos cálculos no anexo C.

Tabela 7.3: Quantidade de matéria-prima necessária para o fabrico do cabide *grow-up* e do cabide tradicional.

Tipo	Produção do cabide <i>grow-up</i>	Produção do cabide tradicional
Densidade MDF (kg/m^3)		650
Densidade Madeira maciça (kg/m^3)		700
Densidade do Plástico (kg/m^3)	1250	—
Massa Madeira Maciça para as varas (kg)	15,81	15,81
Massa Madeira Maciça para complemento (kg)	—	0,1496
Massa MDF (kg)	24,49	24,49
Massa Plástico (kg)	0,0965	—
Massa total (kg)	40,39	40,45
Massa total (considerando os desperdícios) (kg)	40,39	48,54

De acordo com a análise da tabela 7.3 verifica-se que a massa de madeira maciça foi ligeiramente superior no caso do cabide tradicional, uma vez que neste, o complemento foi construído com este material. Constata-se ainda que a massa de plástico necessário à produção do complemento, apesar de apresentar uma maior densidade do que a madeira maciça, foi menor. Isto deve-se ao facto de nos cálculos em questão se utilizar os volumes iniciais dos componentes. No cabide *grow-up* o volume inicial é igual ao final, uma vez que este é construído com base numa

tecnologia aditiva. Já no cabide tradicional, o volume inicial corresponde a um cubo de madeira maciça que vai sendo devastado. Por esta razão, apesar de serem dois produtos em termos dimensionais iguais, necessitam de quantidades distintas de matéria-prima. Para além destes aspetos, para o cabide tradicional, teve-se igualmente em consideração os 20% de desperdícios existentes nas empresas que seguem a filosofia de produção em massa.

Consumo de energia: Um outro fator alvo de análise foi o consumo de energia necessária à produção de ambos os cabides. O cabide *grow-up* resulta da utilização de ferramentas digitais de *desktop* para a produção da base e do complemento, sendo que as varas resultam dos equipamentos tradicionais existentes numa fábrica de conceção de mobiliário, um torno e uma esquadrejadora. O cabide tradicional utiliza os mesmos equipamentos na produção das varas, no entanto, para a produção da base e do complemento recorre-se ainda a uma tupa, uma furadora, uma lixadeira e um tico tico.

Para a determinação do consumo de energia decorrente da produção de ambos os cabides, analisou-se a potência de cada um dos equipamentos, bem como, o tempo de funcionamento na produção de cada parte dos mesmos. Os resultados obtidos encontram-se nas tabelas 7.4 e 7.5, sendo que a demonstração dos cálculos encontra-se presente no anexo D.

Tabela 7.4: Consumo de energia decorrente da produção do cabide *grow-up*.

Potência (kW)	CNC 5 eixos	28
	Torno	5
	Esquadrejadora	5
	Impressora 3D	0,15
Tempo de funcionamento (min)	Fazer furos	2,25
	CNC 5 eixos Desbastar a base	3
	Total	5,25
	Torno	27
Energia (kW.min)	Esquadrejadora	5
	Impressora 3D	107
	CNC 5 eixos	147
	Torno	135
Energia Total para produção do cabide <i>grow-up</i> (kW.min)	Esquadrejadora	25
	Impressora 3D	16,1
	Energia Total para produção do cabide <i>grow-up</i> (kW.min)	323,1
	Energia Total para produção do cabide <i>grow-up</i> (kW.h)	5,38

Através da análise das tabelas 7.4 e 7.5 verifica-se que o consumo de energia foi 18.4% superior no cabide tradicional quando comparado com o cabide *grow-up*. Apesar da potência do CNC 5 eixos ser bastante superior às restantes máquinas utilizadas, o seu tempo de funcionamento para a produção da base é bastante inferior quando comparado com o tempo total de funcionamento das

4 máquinas distintas necessárias para a produção da mesma base. Assim, o consumo de energia é superior no cabide tradicional.

Tabela 7.5: Consumo de energia decorrente da produção do cabide tradicional.

Base	Potência (kW)	Esquadrejadora	5	
		Tupia	5	
		Furadora	5	
		2 Lixadeiras	5	
	Tempo de funcionamento (min)	Esquadrejadora	5	
		Tupia	9	
		Furadora	9	
		2 Lixadeiras	6	
	Energia (kW.min)	Esquadrejadora	25	
		Tupia	45	
		Furadora	45	
		2 Lixadeiras	30	
Energia Total Base (kW.min)			145	
Varas	Potência (kW)	Esquadrejadora	5	
		Torno	5	
	Tempo de funcionamento (min)	Esquadrejadora	5	
		Torno	27	
	Energia (kW.min)	Esquadrejadora	25	
		Torno	135	
	Energia Total Varas (kW.min)			160
	Complemento (Pássaro)	Potência (kW)	Esquadrejadora	5
Serra Tico Tico			5	
Tempo de funcionamento (min)		Esquadrejadora	2	
		Serra Tico Tico	3	
Energia (kW.min)		Esquadrejadora	10	
		Serra Tico Tico	15	
Energia Total Complemento (kW.min)			25	
Energia Total para produção do cabide tradicional (kW.min)			330	
Energia Total para produção do cabide tradicional (kW.h)			6.6	

No caso da produção das varas não existem diferenças entre os consumos de energia uma vez que ambas recorreram aos mesmos mecanismos para a sua produção. Por fim, no que diz respeito ao complemento, apesar do seu tempo de produção ser longo por meio da impressora 3D, a potência da mesma é bastante reduzida, como tal, também o complemento apresentou um

consumo de energia superior na produção do mesmo no caso do cabide tradicional. É de realçar que ao consumo total de energia para a produção do cabide tradicional somou-se o fator de 20% de desperdícios decorrentes da produção em massa. Mesmo que este valor não tivesse sido em consideração o consumo de energia seria na mesma superior, demonstrando a desvantagem do método tradicional no fabrico de cabides.

Para além destes aspetos, existem fatores logísticos a considerar, tais como, o tempo despendido na passagem de uma máquina para a outra, o tempo de arranque da própria máquina ou a possibilidade de ocorrência de erro humano. Estes não foram possíveis de contabilizar, no entanto a ocorrência dos mesmos na produção do cabide tradicional é bastante superior, pois enquanto que no cabide *grow-up*, o CNC 5 eixos e a impressora 3D realizam as diversas etapas de uma só vez, no cabide tradicional a produção é feita por fases.

Emissões de Dióxido de Carbono equivalente (CO_2 equivalente): De forma a averiguar a contribuição de cada um dos dois produtos em estudo para o aquecimento global efetuou-se o cálculo das emissões de CO_2 equivalente resultantes da produção dos mesmos. Uma vez que não foi possível calcular todo o ciclo de vida do produto, e como consequência não foi possível avaliar as emissões do referido gás no transporte dos cabides, restringiu-se este cálculo ao consumo de energia elétrica. Dado que o consumo de energia elétrica foi superior no cabide tradicional quando comparado com o *grow-up*, as emissões de CO_2 também foram superiores neste. No entanto, calculou-se na mesma o referido valor de forma a se criar uma noção do impacte produzido por ambos para o aquecimento global.

As emissões da CO_2 equivalente resultam da multiplicação das toneladas emitidas de gases com efeito estufa (GEE) pelo seu potencial de aquecimento global. Os gases considerados foram o CO_2 , o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O). No caso do CH_4 e do N_2O os seus potenciais de aquecimento global são, respetivamente, 21 e 310, isto significa que o CO_2 equivalente de CH_4 é 21 e do N_2O é 310 [123].

As emissões de CO_2 equivalente resultantes da produção dos cabides são dadas pela expressão 7.1.

$$Emissão\ de\ CO_2\ eq(tonCO_2\ eq) = fator\ de\ emissão\ do\ poluente \left(ton \frac{poluente}{GWh} \right) \times Consumo\ de\ energia\ elétrica \quad (7.1)$$

Os fatores de emissão de CO_2 das fontes de energia correspondem ao quociente entre a quantidade emitida de CO_2 e a quantidade de eletricidade produzida através de cada fonte de energia. Estes dados foram obtidos a partir da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), na qual os valores mais recentes são referentes a 2009. Estes já incluem a conversão anteriormente referida do CH_4 e do N_2O a CO_2 equivalente, tendo sido o referido valor de 375 ton CO_2/GWh [124].

Com estes dados foi assim possível calcular as emissões de CO_2 equivalente para cada um dos cabides em análise. Os resultados obtidos encontram-se na tabela 7.6.

Tabela 7.6: Emissões de CO_2 equivalente resultantes da produção do cabide *grow-up* e do cabide tradicional.

	Cabide <i>grow-up</i>	Cabide tradicional
Potência total (kWh)	5,38	6.60
Potência total (GWh)	5,38E-06	6.60E-06
Emissão de CO_2 equivalente (<i>ton CO_2 eq</i>)	2,02E-02	2,48E-03
Emissão de CO_2 equivalente (<i>kg CO_2 eq</i>)	2,02	2,48

Tal como sucedeu na análise da energia elétrica consumida, as emissões de CO_2 equivalente são também 18.4% superiores no caso do cabide *grow-up*, demonstrando-se assim o maior impacte deste para o aquecimento global.

Consumo de água: Em ambos os cabides não existem consumos de água a registar, uma vez que a sua produção não o exige.

Acabamentos utilizados: A par do princípio de produção, os acabamentos utilizados são um dos principais fatores que diferencia a produção de um cabide *grow-up* e um tradicional. Em ambos, na base, utilizou-se MDF com lacagem, no entanto nas varas, no cabide *grow-up* recorreu-se a óleos naturais feitos à base de óleo de madeira e óleo de linhaça, enquanto que no cabide tradicional utilizou-se verniz. O primeiro referido encontra-se isento de compostos orgânicos voláteis (COV) tornando-se numa opção muito mais ecológica.

Através dos dados da gramagem de cada um dos acabamentos utilizados em ambos os cabides foi possível calcular a massa total dos mesmos para cada uma das situações. Os dados obtidos encontram-se na tabela 7.7 e os cálculos pormenorizados no anexo E.

Tabela 7.7: Massa de acabamentos utilizados na produção do cabide *grow-up* e do cabide tradicional

Cabide <i>grow-up</i>	Valores obtidos	Cabide Tradicional	Valores obtidos
Gramagem de óleo (g/m^2)	50	Gramagem de verniz (g/m^2)	175
Área das varas (m^2)	1,24	Área das varas (m^2)	1,24
Massa óleo aplicado (g)	62,1	Massa de verniz aplicado (g)	217,5
Gramagem de MDF (g/m^2)	350	Gramagem de MDF (g/m^2)	350
Área da base (m^2)	0,510	Área da base (m^2)	0,510
Massa de lacado (g)	178,6	Massa de lacado (g)	178,6
Massa total de acabamentos (g)	240,7	Massa total de acabamentos (g)	475,3

Para além do verniz ter na sua constituição COV's a gramagem do mesmo é bastante superior à do óleo natural como tal, para se obter um efeito idêntico, uma maior massa deste produto terá de ser utilizado. Assim, a quantidade de acabamentos utilizados é 49,4% superior no cabide tradicional.

Consumo

Diálogo empresa/comprador: Normalmente nas empresas ditas tradicionais os produtos são apresentados por catálogos não havendo possibilidade de adequação dos mesmos de acordo com os desejos do cliente. Desta forma as ofertas são limitadas e nem sempre as mais desejadas. Em contrapartida na Boa Safra, existe a possibilidade do cliente intervir diretamente na produção criando-se produtos com determinadas funcionalidades, adequados a certos tipos de espaço, assim como personalizados de acordo com os gostos do consumidor.

Embalagem: A fim de serem enviados para os seus utilizadores os cabides necessitam de serem embalados de forma a garantir a sua proteção. No caso do cabide *grow-up* esta embalagem é feita à base de resíduos têxteis que após ser entregue ao cliente é novamente reencaminhada para a empresa para ser reutilizada (figura 7.6). No cabide tradicional, os métodos comuns de embalagem passam pela utilização de cartão. Através do valor da gramagem do mesmo, $350g/m^2$ [125], foi possível estimar que são necessários 558,6g de cartão para embalar este cabide. O cálculo realizado para a obtenção deste valor encontra-se presente no anexo F. Para além deste método implicar o consumo de matérias-primas virgens, a sua utilização em massa cria uma elevada quantidade de resíduos. Desta forma, constata-se a eficiência de embalagem do cabide *grow-up* em detrimento do cabide tradicional.



Figura 7.6: Tipo de empacotamento utilizado no cabide *grow-up* (cedido pela Boa Safra).

Pós-Consumo

Destino dos cabides uma vez transformados em resíduos: Quando ambos os cabides atingem o fim de vida, os seus destinos são diferentes, principalmente, devido aos acabamentos a que são sujeitos. No caso do cabide tradicional, uma vez que se aplica verniz nas varas, a sua reciclagem é dificultada. Por sua vez, no cabide *grow-up* como são utilizados óleos biodegradáveis na sua produção, o processo de reciclagem é mais facilmente concretizado contribuindo assim para o ciclo de produção fechado preconizado pela Boa Safra.

Análise comparativa dos custos de produção

Uma vez que os cabides em estudo seguem princípios de produção distintos, os custos do seu fabrico também irão diferir.

O cabide tradicional por seguir uma produção em massa apresentará um custo muito elevado para o fabrico de reduzidas quantidades, sendo que este preço irá diminuir à medida que mais produtos são solicitados. Neste tipo de produção os custos principais incidem nas ferramentas necessárias à sua produção, como tal, quanto mais robusto e complicado for o produto mais cara fica a sua produção. Em contrapartida, o cabide *grow-up* fabricado por intermédio da impressora 3D e do CNC 5 eixos vai apresentar sempre o mesmo custo, independentemente da quantidade solicitada. Com este método a complexidade e a variedade não acarretam mais custos uma vez que apenas é necessário proceder à alteração do código no *software*.

No entanto, tal como Chris Anderson (2013, p.99) menciona no seu livro *Makers – A Nova Revolução Industrial* [4]:

“Mas lembremo-nos também do que a impressão 3D e outras técnicas de produção digital não podem fazer. Não oferecem economias de escala. O fabrico de mil unidades não sai mais barato do que o fabrico de uma.”

O exemplo alvo de análise utilizado pelo referido autor consiste na produção de patos de borracha, onde este demonstra o diagrama que relaciona os custos de produção de acordo com o número de unidades (figura 7.7).

A mesma analogia pode ser feita para a produção de cabides ou outro qualquer produto que siga os dois tipos de produção referidos.

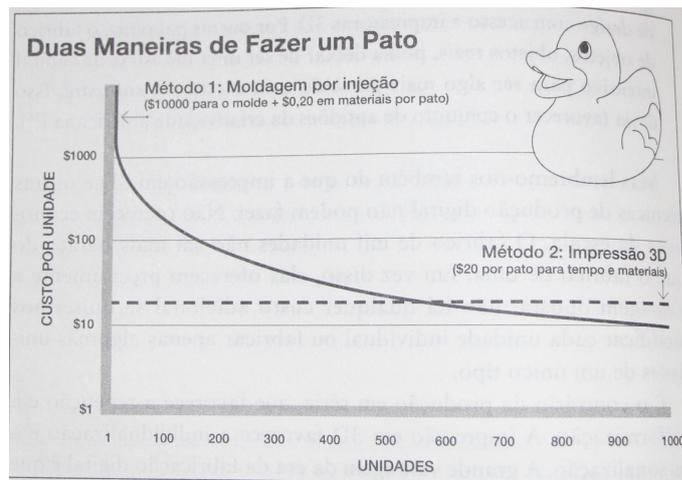


Figura 7.7: Comparação dos custos entre a produção em massa e o fabrico digital [4] .

Apesar do cabide *grow-up* não apresentar economia de escala na sua produção, este deve ser encarado dentro das filosofias já descritas relativas ao benefício da sua personalização (menores quantidades de resíduos gerados, menos consumo de energia e menos *stocks*) e às questões ambientais e sociais que lhe são inerentes.

Capítulo 8

Conclusão

Apesar dos avanços tecnológicos e do crescimento económico proporcionados pela 1ª e 2ª Revolução Industrial, o consumo de combustíveis fósseis continua a ser excessivo e um dos principais responsáveis pela degradação do ambiente. Uma nova filosofia sobre o funcionamento da Indústria e a sua relação com o ambiente e a sociedade cria o que denominamos de 3ª Revolução Industrial. Este será o período da utilização crescente de energias renováveis e dos avanços digitais associados ao espírito *Do-It-Yourself*. A perspetiva deste último centra-se no surgimento de pequenas empresas, capazes de se tornarem economicamente competitivas. Desta forma, novas oportunidades de emprego irão surgir. Estas empresas serão capazes de progredir devido à *web*. Através da criação de produtos inovadores e personalizados no espírito *Do-It-Yourself*, poderão vendê-los *online*, dispensando a presença de grandes armazéns para acumulação de *stock*. Ao evitarem a sua produção, estas empresas reduzirão o consumo de matérias-primas, energia e água, e consequentemente, evitarão um conjunto de desperdícios. Serão, assim, mais eficientes. Se, aliado a este fator, estas empresas recorrerem à partilha de informação *online*, produzirão produtos inovadores, em menos tempo e com menos recursos.

A impressora 3D, uma das ferramentas digitais de *desktop*, constitui o instrumento base desta nova era. Com a sua crescente democratização, esta está a tornar-se cada vez mais acessível à população. Por ser uma ferramenta aditiva, a matéria-prima, como o nome indica, é adicionada conforme as necessidades, evitando-se desperdícios. A sua capacidade de personalização sem custos adicionais, a flexibilidade de modificar um produto, sendo apenas necessário alterar o *software* e a complexidade de produtos que esta é capaz de criar, tornam-na numa ferramenta muito apetecível. A combinação da impressora 3D com a *web* permite que os produtos sejam impressos em qualquer lugar, diminuindo a necessidade de transportes e o consequente consumo de combustíveis fósseis.

A capacidade desta nova revolução reverter a situação atual e contribuir para os três pilares de sustentabilidade é bastante promissora. Neste contexto, ao longo do presente trabalho estudou-se o modo como a Boa Safra, Editora de *Design Sustentável*, atua nos moldes desta 3ª Revolução Industrial e no sentido da sustentabilidade. Esta editora atua sobretudo no setor do mobiliário, um dos setores com forte impacto ambiental devido à diversidade de materiais que pode acolher.

Assim, a Boa Safra define como pontos-chave de atuação a preferência pela utilização de madeira maciça, em detrimento dos seus derivados; a alteração dos vernizes habitualmente utilizados, pelos óleos e ceras aquosas; a preferência pelos tecidos naturais em detrimento dos sintéticos. Associado a estes fatores, a empresa prima pelo *design* intemporal de modo a que os produtos não se tornem cansativos diminuindo assim, a necessidade de alteração e conseqüentemente, a produção de resíduos. Seguindo os princípios da 3ª Revolução Industrial, esta é uma empresa de pequenas dimensões, que atua no sentido da criatividade e da inovação, apoiando a partilha de conhecimentos.

De forma a identificar as efetivas vantagens desta nova revolução estudou-se na referida empresa dois cabides, o *grow-up* e o tradicional. O primeiro foi produzido com base nas ferramentas digitais de *desktop* e o segundo com as ferramentas mecanizadas típicas da produção em massa neste setor. Com este estudo verificou-se que a implementação da 3ª Revolução Industrial permitiu que o consumo de energia e as emissões de CO_2 decorrentes da produção do cabide *grow-up* fossem 18,4% inferior que o cabide tradicional. Os resíduos produzidos, apesar de integrarem um ciclo de produção fechado, servindo de base para a produção de novos materiais, também foram inferiores no cabide *grow-up* quando comparado com o cabide tradicional em 17%. A massa de acabamentos utilizados foi igualmente menor no caso do cabide *grow-up* em, aproximadamente, 49,4%.

A Boa Safra tem apostado na personalização dos produtos, numa ligação muito direta com os fornecedores da matéria-prima e com o cliente. Este é o verdadeiro espírito da 3ª Revolução Industrial.

A inovação na engenharia da produção está a acontecer e, lentamente, a indústria vai interiorizando essa filosofia. A informática, a fabricação digital e processos de produção *Lean* serão as bases de um novo mundo empresarial. A estas características estará estritamente ligado o conhecimento e a sua democratização. Possivelmente, a robotização vai permitir a libertação de trabalhadores das tarefas menos aliciantes, deixando-lhes tempo para realizações mais criativas e com benefício no desenvolvimento da sustentabilidade.

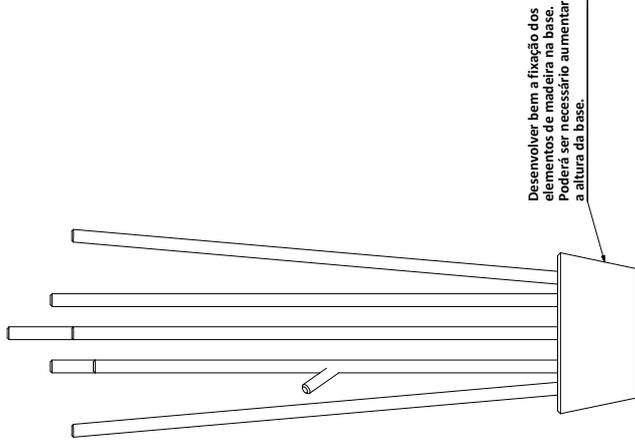
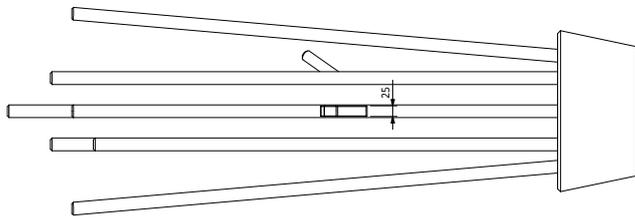
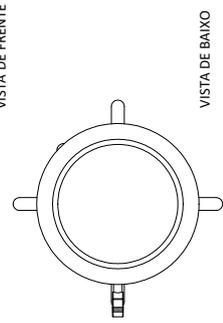
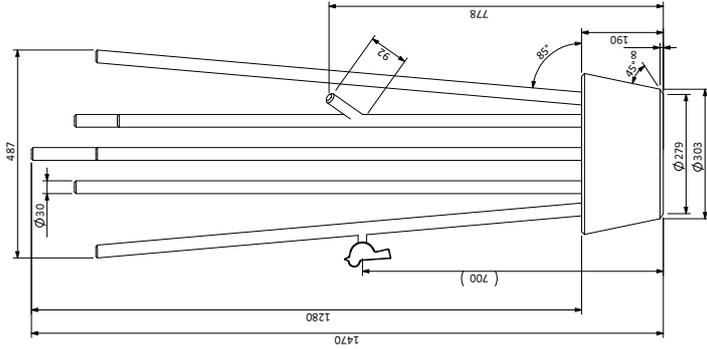
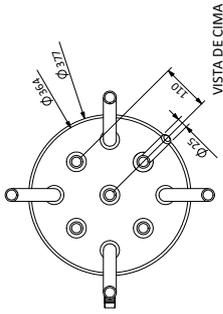
Anexo A

Desenho Técnico: Cabide *Grow-Up*

Neste anexo encontram-se as imagens referentes ao desenho técnico do cabide *grow-up*. Os valores indicados nas mesmas serão utilizados nos cálculos presentes nos restantes anexos.

	Nome: Grow Up	
	Descrição: Vistas gerais, produto completo.	
Cliente: Boa Safra	Folha: 1/2	Data: 26/11/2013
Observações: Revisão 3	Unidade de medida: milímetros	
Design: Carlos Ribau	Escala: 1:10	
Morada: Rua Carvalho e Maia, Centro C. Nardos, L26, 3840-447, Vagos		
Fone: +351 966434851 E-mail: carlosribau@gmail.com		

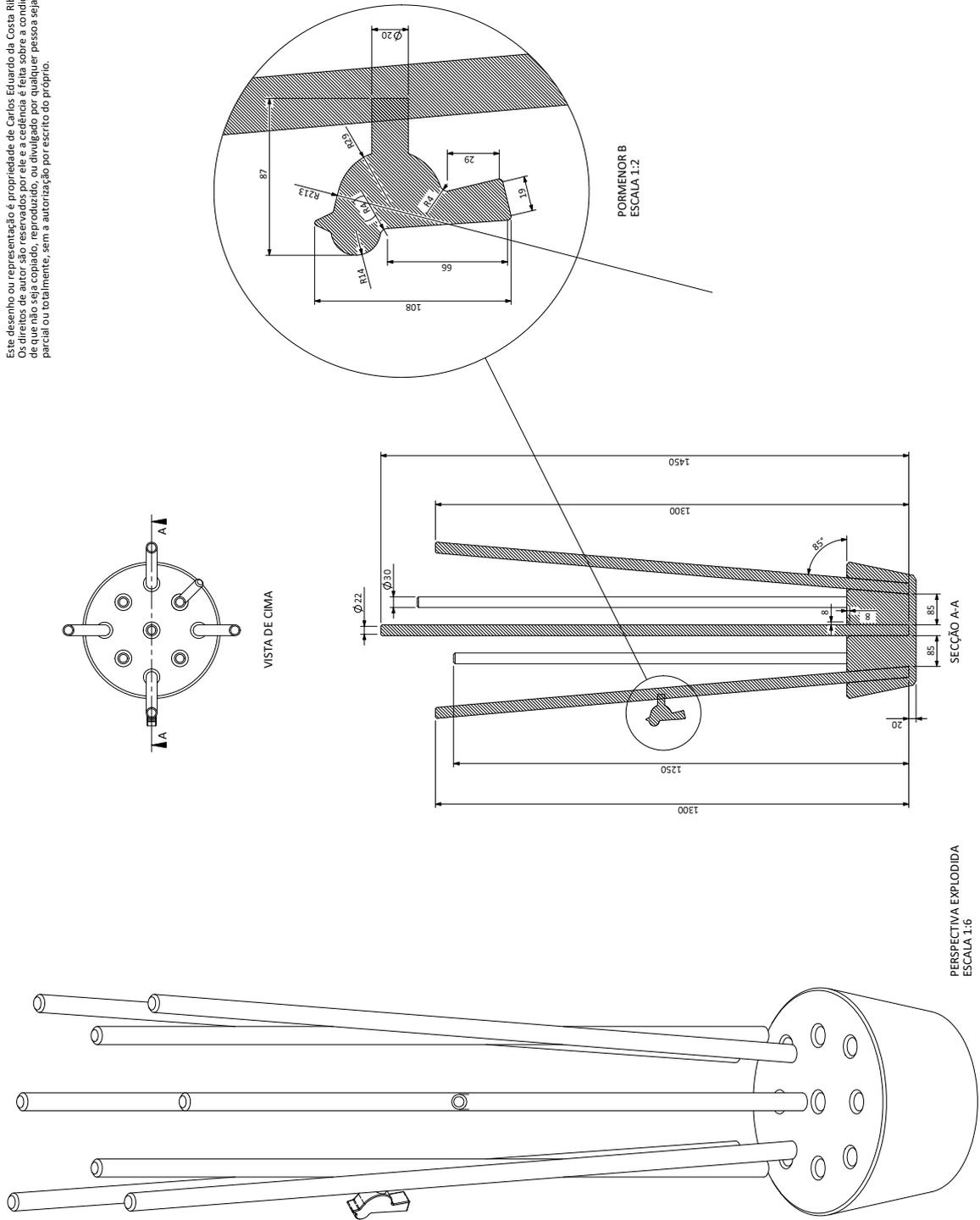
Este desenho ou representação é propriedade de Carlos Eduardo da Costa Ribau. Os direitos de autor, patentes e marcas são reservados. É proibida a reprodução de que não seja copiado, reproduzido, ou divulgado por qualquer pessoa seja parcial ou totalmente, sem a autorização por escrito do próprio.



Desenvolver bem a fixação dos elementos de madeira na base. Poderá ser necessário aumentar a altura da base.

	Nome: Grow Up		Descrição: Corte e vista explodida.	
	Cliente: Boa Safra	Folha: 2/2	Data: 26/11/2013	Observações: Revisão 3
Design: Carlos Ribau		Unidade de medida: milímetros		Escala: 1:10
Morada: Rua Carvalho e Maia, Centro C. Narciso, L26, 3840-447, Vagos		Fone: +351 966434851		

Este desenho ou representação é propriedade de Carlos Eduardo da Costa Ribau. O direito de autorização para a reprodução, total ou parcial, de qualquer parte deste desenho ou de que não seja copiado, reproduzido, ou divulgado por qualquer pessoa seja parcial ou totalmente, sem a autorização por escrito do próprio.



PERSPECTIVA EXPLODIDA
ESCALA 1:6

PORMENOR B
ESCALA 1:2

VISTA DE CIMA

SEÇÃO A-A

Anexo B

Demonstração dos cálculos referentes à produção de resíduos

A análise da produção de resíduos foi realizada separadamente para cada parte constituinte dos cabides: base, varas e complemento. Uma vez que o cabide *grow-up* e o tradicional são estruturalmente idênticos o volume de resíduos produzidos no fabrico da base e das varas é igual.

Base

Primeiramente efetuou-se o cálculo do volume inicial do paralelepípedo de madeira maciça.

$$V_i = a \times b \times c$$

Onde:

- V_i – Volume inicial (m^3)
- a e b – dimensões da base do paralelepípedo (m)
- c – altura (m)

De acordo com a imagem presente no anexo A verifica-se que o diâmetro da base do cabide é 377 mm. No entanto, uma vez que esta vai ser sujeita a desbaste com 15% de desperdícios é necessário ter este valor em consideração. Assim, a dimensão da base (a e b) é dada por:

$$a = b = 377 \times 1.15 = 434mm$$

A altura da base é de 190mm no entanto, como esta vai ser sujeita a um processo de lixagem em que há perdas de material, somou-se a altura da mesma, uma folga de 10mm. Assim o volume inicial é dado por:

$$V_i = 0.434 \times 0.434 \times 0.200 = 0.0377m^3$$

O volume final da base após desbaste, por apresentar um formato pouco convencional, foi determinado em *solidworks*. Assim obteve-se um volume final (V_f) de $0,0163m^3$.

O volume de resíduos (V_r) produzidos foi determinado pela diferença entre o volume inicial e o final.

$$V_r = V_i - V_f = 0.0377 - 0.0163 = 0.0213m^3$$

Varas

Antes de serem sujeitas a desbaste as varas provenientes da serração encontram-se na forma de paralelepípedos com as dimensões $40 \times 43 \times 1459mm$, valores standardizados. Logo o volume inicial de cada uma é dado por:

$$V_i = 0.040 \times 0.043 \times 1.459 = 2.5 \times 10^{-3}m^3$$

Após desbaste, as varas apresentam uma forma cilíndrica, sendo o volume final (V_f) de cada uma destas dado por:

$$V_f = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 \times h$$

Onde:

- d – diâmetro (m)
- h - altura (m)

$$V_f = \pi \left(\frac{0.03}{2} \right)^2 \times 1.45 = 1.02 \times 10^{-3}m^3$$

O volume de resíduos (V_r) produzidos é dado pela diferença entre V_i e V_f :

$$V_r = V_i - V_f = 2.51 \times 10^{-3} - 1.02 \times 10^{-3} = 1.48 \times 10^{-3}m^3$$

Tendo em consideração as 9 varas constituintes dos cabides, o volume de resíduos total é dado por:

$$V_r = 1.48 \times 10^{-3}m^3 \times 9 = 1.34 \times 10^{-2}m^3$$

Complemento

O volume de resíduos produzidos no fabrico no complemento é distinto para ambos os cabides. No cabide *grow-up* não há resíduos a registar e o seu volume final foi determinado no *solidworks*. No caso do cabide tradicional, quer o volume inicial quer o volume final foram determinados também no *software*. O volume de resíduos deste último é assim dado por:

$$V_r = V_i - V_f = 2.14 \times 10^{-4} - 7.72 \times 10^{-5} = 1.37 \times 10^{-4} m^3$$

O volume final de resíduos resultantes da produção de ambos os cabides foi assim de:

$$V_{r_{grow-up}} = 0.0213 + 0.0134 = 0.0347 m^3$$

$$V_{r_{tradicional}} = 0.0213 + 0.0134 + 1.37 \times 10^{-4} = 0.0348 m^3$$

No entanto, tendo em consideração os 20% de desperdícios existentes num sistema de produção em massa, o volume final de resíduos no fabrico do cabide tradicional é dado por:

$$V_{r_{tradicional}} = 0.0348 \times 1.2 = 0.0418 m^3$$

Anexo C

Demonstração dos cálculos referentes à quantidade de matéria-prima

A matéria-prima necessária para o fabrico de ambos os cabides é dada, genericamente, pela seguinte expressão:

$$m = \rho \times V_i$$

Em que:

- m – massa de matéria-prima (kg)
- ρ – Densidade da matéria-prima (kg/m^3)
- V_i – Volume inicial de cada parte constituinte do cabide (m^3)

Massa de MDF para ambos os cabides

$$m_{MDF} = \rho_{MDF} \times V_{i_{base}}$$
$$m_{MDF} = 650 \times 0.0377 = 24.49kg$$

Massa de madeira maciça para o cabide *grow-up*

$$m_{madeira\ maciça} = \rho_{madeira\ maciça} \times V_{i_{varas}} \times N_{varas}$$

Sendo N o número de varas:

$$m_{madeira\ maciça} = 700 \times 2.51 \times 10^{-3} \times 9 = 15.81kg$$

Massa de madeira maciça para o cabide tradicional

$$m_{\text{madeira maciça}} = \rho_{\text{madeira maciça}} \times V_{i_{\text{varas}}} \times N_{\text{varas}} + \rho_{\text{madeira maciça}} \times V_{i_{\text{complemento}}}$$

$$m_{\text{madeira maciça}} = 700 \times 2.51 \times 10^{-3} \times 9 + 700 \times 2.14 \times 10^{-3} = 15.96\text{kg}$$

Massa de plástico para o cabide *grow-up*

$$m_{\text{plástico}} = \rho_{\text{plástico}} \times V_{\text{complemento}}$$

$$m_{\text{plástico}} = 1250 \times 7.72 \times 10^{-5} = 0.0965\text{kg}$$

Massa total de matéria-prima para o cabide *grow-up*

$$m_{\text{matéria prima}} = m_{\text{madeira maciça}} + m_{\text{MDF}} + m_{\text{plástico}}$$

$$m_{\text{matéria prima}} = 15.81 + 24.49 + 0.0965 = 40.39\text{kg}$$

Massa total de matéria-prima para o cabide tradicional

$$m_{\text{matéria prima}} = (m_{\text{madeira maciça}} + m_{\text{MDF}}) \times 1.2$$

$$m_{\text{matéria prima}} = (15.96 + 24.49) \times 1.2 = 48.54\text{kg}$$

Anexo D

Demonstração dos cálculos referentes ao consumo de energia

Após a recolha dos dados acerca da potência de cada equipamento, assim como o seu tempo de funcionamento foi possível determinar a energia consumida na produção de ambos os cabides.

Desta forma, energia é dada por:

$$E = P \times t$$

Onde:

- E – Energia (kW.min)
- P – Potência (kW)
- t – Tempo (min)

Assim a energia necessária para a produção do cabide *grow-up* foi calculada da seguinte forma:

$$E_{CNC\ 5\ eixos} = 28 \times 5.25 = 147kW.min$$

$$E_{torno} = 5 \times 27 = 135kW.min$$

$$E_{esquadrejadora} = 5 \times 5 = 25kW.min$$

$$E_{impressora\ 3D} = 0.15 \times 107 = 16.05kW.min$$

A energia total consumida durante o processo de produção do cabide *grow-up* é:

$$E_{total\ cabide\ grow-up} = 147 + 135 + 25 + 16.05 = 323.05kW.min$$

$$E_{total\ cabide\ grow-up} = \frac{323.05}{60} = 5.38kW.h$$

Por sua vez, a energia necessária ao fabrico do cabide tradicional foi calculada separadamente para cada parte do mesmo, nomeadamente, base, varas e complemento. A energia total foi obtida através da soma destas.

Base

$$E_{\text{esquadrejadora}} = 5 \times 5 = 25kW.min$$

$$E_{\text{tupia}} = 5 \times 9 = 45kW.min$$

$$E_{\text{furadora}} = 5 \times 9 = 45kW.min$$

$$E_{\text{2 lixadeiras}} = (5 \times 3) \times 2 = 30kW.min$$

$$E_{\text{Base}} = 25 + 45 + 45 + 30 = 145kW.min$$

Varas

Número de varas = 9

$$E_{\text{esquadrejadora}} = 5 \times 5 = 25kW.min$$

$$E_{\text{torno}} = 5 \times (3 \times 9) = 135kW.min$$

$$E_{\text{Varas}} = 25 + 135 = 160kW.min$$

Complemento (Pássaro)

$$E_{\text{esquadrejadora}} = 5 \times 2 = 10kW.min$$

$$E_{\text{torno}} = 5 \times 3 = 15kW.min$$

$$E_{\text{Complemento}} = 10 + 15 = 25kW.min$$

A energia total consumida durante o processo de produção do cabide tradicional é:

$$E_{\text{total cabide tradicional}} = 145 + 160 + 25 = 330kW.min$$

Tendo em conta que o cabide tradicional é produzido segundo um sistema de produção em massa e não de acordo com o sistema de produção peça a peça, existem 20% de desperdícios que foram tidos em consideração. Logo:

$$E_{\text{total cabide tradicional}} = (145 + 160 + 25) \times 1.2 = 396kW.min$$

$$E_{total\ cabide\ tradicional} = \frac{396}{60} = 6.6kW.h$$

Anexo E

Demonstração dos cálculos referentes à massa de acabamentos utilizados

Nas varas dos cabides *grow-up* e tradicional foram utilizados como acabamentos, respectivamente, óleo com uma gramagem de $50\text{g}/\text{m}^2$ e verniz com uma gramagem de $175\text{g}/\text{m}^2$. De igual modo, a base também foi sujeita a um acabamento, o lacado, com uma gramagem de $350\text{g}/\text{m}^2$.

Uma vez que as varas apresentam forma cilíndrica, a sua área é dada por:

$$A = 2\pi r(R + h)N$$

Onde:

- A – Área (m^2)
- R – Raio das varas (m)
- h – Altura das varas (m)
- N – Número de varas

Através dos dados presentes no anexo A, verifica-se que $r=0,015\text{m}$ e $h=1,450\text{m}$, logo:

$$A = 2\pi \times 0.015 \times (0.015 + 1.450) \times 9 = 1.243\text{m}^2$$

Uma vez que a base apresenta uma forma menos comum, a sua área foi determinada no *software solidworks*, tendo-se obtido o valor de $0,510\text{m}^2$.

Assim, a massa de acabamentos utilizados para cada cabide é dada por:

$$m = A_{\text{vara}} \times g_{\text{vara}} + A_{\text{base}} \times g_{\text{base}}$$

Em que g é gramagem do acabamento (g/m^2)

Logo:

$$m_{\text{cabide tradicional}} = (1.243 \times 175 + 0.510 \times 350) \times 1.2 = 475.3\text{g}$$

$$m_{cabide\ grow-up} = 1.243 \times 50 + 0.510 \times 350 = 240.7g$$

Anexo F

Demonstração dos cálculos referentes à massa de cartão necessário para embalagem

O cartão necessário para embalagem foi calculado separadamente para a base e para as varas.

Base

O cartão necessário para embalar a base apresenta uma forma paralelepipedal, logo a sua área é dada por:

$$A = 2ab + 2bc + 2ac$$

Sendo:

- A – área (m^2)
- a e b – dimensões da base do paralelepípedo (m)
- c – altura (m)

Os valores de a e b dizem respeito ao diâmetro da base de MDF, o qual é de 0,377m. No entanto para se proceder ao seu embalagem é necessário atribuir uma folga de 10mm. Logo o valor final de a e b é 0,387m. Por sua vez, c corresponde à altura da base de MDF a qual é de 0,190m. Somando os 10 mm necessários se efetuar o embalagem, o valor final de c é 0,200m.

Desta forma, a área de cartão necessária é dada por:

$$A = 2 \times 0.387 \times 0.387 + 2 \times 0.387 \times 0.200 + 2 \times 0.387 \times 0.200 = 0.609m^2$$

Varas

O embalagem das varas apresenta, igualmente, uma forma paralelepipedal, sendo a sua área dada pela mesma expressão apresentada anteriormente.

De forma a diminuir a quantidade cartão necessário considera-se que as 9 varas pertencentes aos cabides são embaladas todas juntas. Desta forma, apenas será necessário atribuir os 10mm de folga nas extremidades de duas varas. Assim sendo, o valor de a que corresponde à espessura das mesmas é dado por:

$$a = 7 \times d + 2 \times (d + f)$$

Sendo:

- a – espessura das 9 varas (m);
- d – diâmetro de cada vara (m);
- f – folga necessária para embalagem (m)

Logo, o valor de a é de:

$$a = 7 \times 0.03 + 2 \times (0.03 + 0.010) = 0.29m$$

As varas apresentam uma altura de 1,450m, no entanto para o seu embalagem considera-se uma altura de 1,460m devido à folga atribuída. Desta forma o valor de b é 1,460m.

O valor de c corresponde à espessura de uma vara. Como o seu diâmetro é de 0,03m o valor de c final será de 0,04m devido aos 10mm de folga considerados.

Assim, a área de cartão necessário para embalar todas as varas é:

$$A = 2ab + 2bc + 2ac$$

$$A = 2 \times 0.29 \times 1.460 + 2 \times 1.460 \times 0.04 + 2 \times 0.29 \times 0.04 = 0.987m^2$$

Por fim, a massa de cartão necessário para se proceder ao embalagem de todo o cabide é dado por:

$$m_{\text{cartão}} = A_{\text{vara}} \times g_{\text{cartão}} + A_{\text{base}} \times g_{\text{cartão}}$$

Onde:

- $m_{\text{cartão}}$ – massa de cartão necessário (g)
- A_{varas} – Área de cartão necessário para embalar as varas (m^2)
- $g_{\text{cartão}}$ – gramagem do cartão (g/m^2)
- A_{base} – Área de cartão necessário para embalar a base de MDF (m^2)

$$m_{\text{cartão}} = 0.987 \times 350 + 0.609 \times 350 = 558.6\text{g}$$

Referências

- [1] Nordhaus, W.D., *A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change*. Journal of Economic Literature, 2007. XLV: p. 686-702.
- [2] Gebler, M., A.J.M.S. Uiterkamp, and C. Visser, *A global sustainability perspective on 3D printing technologies*. Elsevier, 2014: p. 158-167.
- [3] Garrett, B., *3D Printing: New Economic Paradigms and Strategic Shifts*. Global Policy, 2014. 5(1): p. 70-75.
- [4] Anderson, C., *Makers - A Nova Revolução Industrial*. 2013. 276. 978-989-694-056-0.
- [5] Rifkin, J., *The Zero Marginal Cost Society*. First ed. The Internet of things, the collaborative commons, and the eclipse of capitalism, ed. P. Macmillan. 2014, 978-1-137-27846-3.
- [6] Gordon, K., R. Borosage, and D. Pugh, *The Green Industrial Revolution and the United States*. 2013.
- [7] Campbell, R.J., *China and the United States - A Comparison of Green Energy Programs and Policies*. 2014, Congressional Research Service.
- [8] Rifkin, J. The World Financial Review. *The Third Industrial Revolution*. 2012 [cited 2015 13 Abril]; Available from: <http://www.worldfinancialreview.com/?p=2271>.
- [9] Cotteleer, M.J., *3D opportunity: Additive manufacturing paths to performance, innovation, and growth*, in *Additive Manufacturing Symposium*. 2014.
- [10] RAENG, *Additive manufacturing: opportunities and constraints*. 2013, Royal Academy of Engineering: London.
- [11] Thomas, D.S. and S.W. Gilbert, *Costs and Cost Effectiveness of Additive Manufacturing*. 2014, National Institute of Standards and Technology.
- [12] Huang, S., et al., *Additive manufacturing and its societal impact: a literature review*. The international journal of advanced manufacturing technology, 2013. 67(5-8): p. 1191-1203.
- [13] Ishengoma, F.R. and A.B. Mtaho, *3D Printing: Developing Countries Perspectives*. International Journal of Computer Applications, 2014. 104.

- [14] Kroski, E. Open Education Database. *The 4 Flavors of Makerspaces*. 2014 [cited 2015 8 Junho]; Available from: <http://oedb.org/ilibrarian/4-flavors-makerspaces>.
- [15] Malatest, B. opensource.com. *Rapid open hardware innovation to redefine wireless*. 2015 [cited 2015 9 Junho]; Available from: <http://opensource.com/life/15/2/opensource-hardware-future-tech>.
- [16] Jabbour, C.J.C. and F.C.A. Santos, *Evolução da Gestão Ambiental na Empresa*. Gestão & Produção, 2006. **13**.
- [17] Brattebo, H., *Industrial Ecology - Interdisciplinary Perspectives and Challenges*. 1996, Norwegian University of Science and technology: Trondheim.
- [18] Corazza, R.I., *Gestão ambiental e mudanças da estrutura organizacional RAE-eletrônica*, 2003. **2**.
- [19] OECD, *Environmental Requirements for Industrial Permitting*. Vol. 1. 1999, France, 92-64-16193-7.
- [20] APA. Agência Portuguesa do Ambiente. *Desenvolvimento Sustentável*. [cited 2015 28 Maio]; Available from: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=140>.
- [21] Akotia, J.K., *A framework for social and economic sustainability benefits evaluation of sustainable regeneration projects in the UK*. 2014, University of Salford: Salford.
- [22] Cupeto, C., et al., *Guia AGENDA 21 Local*. 2007. 978-972-8577-37-7.
- [23] Rogers, P.P., K.F. Jalal, and J.A. Boyd, *An Introduction to Sustainable Development*, ed. Earthscan. 2012, 978-1-84407-520-6.
- [24] MMU. Manchester Metropolitan University. *What is Sustainable Development?* [cited 2015 28 Maio]; Available from: <http://www.business.mmu.ac.uk/seeg/whatis.php>.
- [25] EC, *A Framework for Indicators for the Economic and Social Dimensions of Sustainable Agriculture and Rural Development*. 2001.
- [26] Loures, R.C.d.R., *Sustentabilidade XXI*. Educar e inovar sob uma nova consciência, ed. Gente. 2009, São Paulo, 978-85-7312-672-3.
- [27] Pereira, S.C.L., *Ecoeficiência na Indústria - O que não se pode medir não se pode gerir*, in *Departamento de Ambiente e Ordenamento*. 2009, Universidade de Aveiro: Aveiro.
- [28] Guo, J. and L. Cai, *Research on the Comparison between Traditional Industry and Ecological Industry*. Far East Journal of Psychology and Business, 2011. **2**.
- [29] Duchin, F. and E. Hertwich, *Industrial Ecology*, in *Online Encyclopaedia of Ecological Economics*. 2003.
- [30] Erkman, S., *Industrial ecology: an historical view*. Journal of cleaner production, 1997. **5**(1): p. 1-10.
- [31] Butnariu, A. and S. Avasilcai, *Industrial Ecology, a New Manufacturing Paradigm*. 2013, Annals of the Oradea University.

- [32] Marstrander, R., *Industrial Ecology: A Practical Framework for Environmental Management*, in *Environmental Management Handbook*, P. Publishing, Editor. 1994,
- [33] IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. *Ecologia Industrial e Sustentabilidade*. [cited 2015 25 Maio]; Available from: http://www.ipt.br/centro_de_tecnologias_geoambientais_/coluna/17-3-ecologia_industrial_e_sustentabilidade.htm.
- [34] Neto, B. Planeta Azul. *Ecologia Industrial*. 2010 [cited 2015 26 Maio]; Available from: <http://www.planetazul.pt/edicoes1/Planetazul/imprimir.aspx?c=2361&a=18748&r=37>.
- [35] ISO, *ISO 14031: Environmental management - Environmental performance evaluation - Guidelines*. 1999, International Organization for Standardization.
- [36] Vieira, C., J. Alves, and M. Roque, *Manual Prático de Ecodesign*. 2013. 978-972-8702-83-0.
- [37] Hemel, C.v. and J. Cramer, *Barriers and stimuli for ecodesign in SMEs*. Journal of cleaner production, 2002: p. 439-453.
- [38] Rocha, C., et al., *Manual de Ecodesign*. 2011, InEDIC - Innovation and Ecodesign in the Ceramic Industry: Lisboa.
- [39] Jeswiet, J. and M. Hauschild, *EcoDesign and future environmental impacts*. Materials & Design, 2005. **26**(7): p. 629-634.
- [40] Carvalho, V.M.F.A., *FRED – Ferramenta para Relatórios de EcoDesign*. 2009, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto: Porto.
- [41] USEPA, *Life Cycle Assessment: Principles and Practice*. 2006.
- [42] Rebitzera, G., et al., *Life cycle assessment*. Elsevier, 2003.
- [43] Muthu, S.S., *Assessing the Environmental Impact of Textiles and the Clothing Supply Chain*. 2014, United Kingdom: Woodhead Publishing, 978-1-78242-112-2.
- [44] Matos, B.I.L.d., *Avaliação do desempenho ambiental da produção de mobiliário em Portugal*. 2012, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa: Lisboa.
- [45] Neto, B., *Avaliação de Desempenho Ambiental*. 2010, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [46] Ramos, T.A.B., *Avaliação de desempenho ambiental no sector público: Estudo do sector da defesa*. 2004, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa: Lisboa.
- [47] Gomes, M.L., et al., *Proposta para um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*. 2000. 972-8419-48-1.
- [48] Ashton, T.S., *A Revolução Industrial*. 2ª ed. 1971: Europa-América.
- [49] Tigre, P.B., *Gestão da Inovação*. Segunda Edição ed. A Economia da Tecnologia no Brasil, ed. Elsevier. 2014, 979-85-352-7717-3.

- [50] Bruland, K. and D. Mowery, *Innovation Through Time*. 2004.
- [51] Hobsbawm, E., *A Era das Revoluções 1789-1848*. 5ª ed. 2001: Editorial Presença. 972-23-1559-5.
- [52] Clark, G., *The Industrial Revolution*. 2007.
- [53] Mokyr, J., *The Second Industrial Revolution, 1870-1914*. 1998, Northwestern University.
- [54] Alcoforado, F., *Globalização e Desenvolvimento*, ed. Nobel. 2006, 85-213-1315-2.
- [55] Santos, S., *Factor Humano - O trabalho e dignidade da pessoa humana: uma análise a partir dos sistemas de organização do trabalho*. 2009, ISCTE - Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa: Lisboa.
- [56] Neto, A.C., *A escola como expressão e resposta às exigências dos modelos de produção do capital*. 2006, Universidade Estadual de Maringá: Maringá.
- [57] Botelho, A., *Do Fordismo à Produção Flexível*. 1ª ed. O espaço da indústria num contexto de mudanças das estratégias de acumulação do capital, ed. Annablume. 2008, 978-85-7419-898-9.
- [58] Bank, T.W. *Unemployment, total (% of total labor force)* [cited 2015 13 Abril]; Available from: <http://data.worldbank.org/indicator/SL.UEM.TOTL.ZS/countries/1W?display=map>
- [59] Daily, S. *Fossil Fuel*. [cited 2015 13 Abril]; Available from: http://www.sciencedaily.com/articles/f/fossil_fuel.htm
- [60] Rifkin, T.O.o.J. *Jeremy Rifkin*. [cited 2015 13 Abril]; Available from: <http://www.foet.org/JeremyRifkin.htm>.
- [61] Engineers, A.o.E. *Jeremy Rifkin: Global Visionary on the Future of The Economy, Environment, and Technology*. [cited 2015 13 Abril]; Available from: <http://www.aeecenter.org/i4a/pages/index.cfm?pageID=4463>.
- [62] 3D Printing Industry. *3D Printing Basics: The Free Beginner's Guide*. [cited 2015 17 Abril]; Available from: <http://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/>.
- [63] MakerBot Thingiverse. *Corkscrew*. 2015 [cited 2015 23 Março]; Available from: <http://www.thingiverse.com/thing:599802>.
- [64] Impressora 3D - Communicate PT de impressão em 3D. *O que é impressão em 3D?* [cited 2015 23 Março]; Available from: <http://impressora3d.pt/o-que-e-impressao-em-3d/>.
- [65] Barnatt, C. ExplainingTheFuture.com. *3D printing*. 30 November 2014 [cited 2015 23 Março]; Available from: <http://www.explainingthefuture.com/3dprinting.html>.
- [66] 3Dilla. *Estereolitografia: o processo*. [cited 2015 23 Março]; Available from: <http://pt.3dilla.com/impressora-3d/estereolitografia/>.

- [67] Rengier, F., et al., *3D printing based on imaging data: review of medical applications*. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 2010.
- [68] Maes, J. *Impressora 3D faz 10 casas por dia*. 2014 [cited 2015 25 Março]; Available from: <http://hypescience.com/impressora-3d-faz-10-casas-por-dia/>.
- [69] Wei, W. Business Insider. *This drivable car was 3D printed in 44 hours*. 2015 [cited 2015 25 Março]; Available from: <http://www.businessinsider.com/car-3d-printing-local-motors-strati-2015-2>.
- [70] Gilpin, L. TechRepublic. *New 3D bioprinter to reproduce human organs, change the face of healthcare: The inside story*. 2014 [cited 2015 25 Março]; Available from: <http://www.techrepublic.com/article/new-3d-bioprinter-to-reproduce-human-organs/>.
- [71] Berman, B., *3-D printing: The new industrial revolution*. Business horizons, 2012. **55**(2): p. 155.
- [72] Hart, G. *Press Materials: Replicator 2*. [cited 2015 25 Junho]; Available from: <http://www.makerbot.com/replicator2-press-assets>.
- [73] Luggen, W.W., *Computer Numerical Control*. A first look primer, ed. D. Publishers. 1997, 0-8273-7245-0.
- [74] MyDIYCNC. [cited 2015 18 Abril]; Available from: <http://www.mydiyenc.com/>.
- [75] Seames, W.S., *Computer Numerical Control*. 4th ed. Concepts & Programming, ed. Delmar. 2002, 0-7668-2290-7.
- [76] Series, I.P.T., *Computer Numerical Control (CNC)*. 2009, Industrial Centre the Hong Kong Polytechnic University.
- [77] Araújo, J.E.G., *Sistematização da Preparação e Organização do Trabalho de Máquinas CNC na FELINO, S.A.*. 2012, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto: Porto.
- [78] Smid, P., *CNC Programming Handbook*. Second Edition ed. Comprehensive guide to practical CNC programming, ed. I.P. Inc. 2003, 0-8311-3158-6.
- [79] Krar, S., A. Gill, and P. Smid, *Computer Numerical Control Simplified*. First ed, ed. I.P. Inc. 2001, 0-8311-3133-0.
- [80] CEPS, et al., *The EU furniture market situation and a possible furniture products initiative*. 2014: Brussels.
- [81] Network, E.E. *Definição Europeia de PME*. [cited 2015 11 Março]; Available from: <http://www.enterpriseuropenetwork.pt/info/polser/pol%C3%ADticas/Paginas/p1.aspx>.
- [82] Vieira, C., N. Ferraz, and S. Roque, *Rótulo Ecológico da União Europeia “ Mobiliário de Madeira” - Guia de Candidatura*. 2013. 978-972-8702-85-4.
- [83] AIMMP, *Mobiliário - Número de empresas e localização geográfica*. Associação das Indústrias de Madeira e Mobiliário de Portugal

- [84] Africano, A.P., P. Teles, and V. Viana, *Estudo sobre a internacionalização do setor do mobiliário*. Faculdade de Economia da Universidade do Porto.
- [85] EC. European Commission. *Madeira e Gestão da Madeira*. 2010 [cited 2015 3 Março]; Available from: http://ec.europa.eu/environment/industry/retail/pdf/issue_paper_4/ENV-2012-00378-00-00-PT-TRA-00.pdf.
- [86] FSC. Forest Stewardship Council. *Visão e Missão*. [cited 2015 20 Março]; Available from: <https://pt.fsc.org/viso-e-misso.181.htm>.
- [87] Cabaças, F.A.M.P., *Design de Mobiliário Sustentável*. 2011, Universidade Técnica de Lisboa - Faculdade de Arquitectura: Lisboa.
- [88] Santos, J.A.G.d., *Estudo e modelação do processo de fabrico de placas de madeira revestidas com folha de madeira natural*. 2010, Faculdade de Economia da Universidade do Porto: Porto.
- [89] Winwood Products. *Okoume Plywood*. [cited 2015 15 Março]; Available from: <http://www.winwood-products.com/eng/timber-products/plywood/okoume-plywood.htm>.
- [90] The Upstyle Wood Guide. *Particleboard*. [cited 2015 15 Março]; Available from: <http://www.woodguide.org/guide/particle-board/>.
- [91] BBMC Baniyas. *MDF*. [cited 2015 15 Março]; Available from: <http://www.bbmcgroup.com/products/mdf.html>.
- [92] Jular. *Folha*. 2010 [cited 2015 16 Março]; Available from: http://jular.pt/conteudos.php?lang=pt&id_menu=15.
- [93] AWC and CWC, *Environmental Product Declaration: Medium Density Fiberboard*. 2013, American Wood Council and Canadian Wood Council: Canada.
- [94] AWC and CWC, *Environmental Product Declaration: North American Softwood Plywood*. 2013, American Wood Council and Canadian Wood Council: Canada.
- [95] AWC and CWC, *Environmental Product Declaration: Particleboard*. 2013, American Wood Council and Canadian Wood Council: Canada.
- [96] AEP, *Sector Florestal*. 2008, Associação Empresarial de Portugal.
- [97] ICNF. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. *Importância Económica*. [cited 2015 20 Março]; Available from: <http://www.icnf.pt/portal/florestas/fileiras/econ>.
- [98] Canaveira, P., *Crítérios e Indicadores de Gestão Florestal Sustentável ao Nível da Unidade de Gestão* 1999, Direção Geral das Florestas Lisboa.
- [99] UNECE and FAO, *The Forest Sector in the Green Economy*. 2009.
- [100] FSC. Forest Stewardship Council. *FSC Portugal - Quem é o FSC em Portugal?* [cited 2015 20 Março]; Available from: <https://pt.fsc.org/fsc-portugal.299.htm>.

- [101] PEFC. Programme for the Endorsement of Forest Certification. *Sobre o PEFC Portugal*. [cited 2015 20 Março]; Available from: <http://www.pefc.pt/about/sobre-o-pefc-portugal>.
- [102] PEFC. Programme for the Endorsement of Forest Certification. *Certificação da Cadeia de Responsabilidade*. [cited 2015 20 Março]; Available from: <http://www.pefc.pt/certificacao-cdr/certificacao-cadeia-de-responsabilidade>.
- [103] FSC. Forest Stewardship Council. *Tipos de certificados FSC - Da Floresta ao longo de toda a cadeia de valor*. [cited 2015 20 Março]; Available from: <https://pt.fsc.org/tipos-de-certificados-fsc.194.htm>.
- [104] PEFC. Programme for the Endorsement of Forest Certification. *Floresta Portuguesa*. [cited 2015 20 Março]; Available from: <http://www.pefc.pt/certificacao-gfs/introducao/floresta-portuguesa>.
- [105] ICLEI, *Furniture: Background Product Report*. 2008, European Commission: Barcelona.
- [106] Vicente, J.M.A.N., *Contributos para uma metodologia de design sustentável aplicada à indústria do mobiliário: o caso português*. 2012, Universidade Técnica de Lisboa - Faculdade de Arquitectura: Lisboa.
- [107] EC, *Wooden Furniture*. 2013, European Commission.
- [108] Oliveira, D.M., *Especificações de acabamentos pintados ou envernizados para elementos construtivos exteriores em madeira*, in *Departamento de Engenharia Civil*. 2008, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto: Porto.
- [109] Efkolidis, N., et al., *Conceptual design with emphasis on the social impact of sustainability principles*, in *International Design Conference*. 2010: Dubrovnik - Croatia.
- [110] Jackson, T., *Prosperity Without Growth*. 2009, London. 978-1-84407-894-3.
- [111] O'Brien, C., *Sustainability, Happiness and Education*. 2010. **1**.
- [112] Boa Safra. *Biochar*. [cited 2015 16 Março]; Available from: <http://boasafra.pt/biochar/>.
- [113] Grenho, L.F.S., *Last Planner System e Just-in-Time na Construção*, in *Departamento de Engenharia Civil*. 2009, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto: Porto.
- [114] Pinto, J.P., *Lean Thinking*. 2008.
- [115] Vieira, A.R., *A Lean Construction e a Sustentabilidade - Paradigmas Complementares* 2011, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa: Lisboa.
- [116] Toyota. *Just-in-Time - Philosophy of complete elimination of waste*. [cited 2015 21 Abril]; Available from: http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/just-in-time.html.
- [117] Citeve, *Ferramenta de Desenvolvimento e aplicação do Lean Thinking no STV* 2012.

- [118] Toyota. Toyota Caetano Portugal, SA. *Just-in-time* [cited 2015 21 Abril]; Available from: <http://www.toyota-forklifts.com.pt/Pt/company/Toyota-Production-System/Just-in-time/Pages/default.aspx>.
- [119] Womack, J.P., D.T. Jones, and D. Roos, *A Máquina que Mudou o Mundo*. 1992, Rio de Janeiro. 85-7001-742-1.
- [120] CTCP, *Produção Lean*. Centro Tecnológico do Calçado de Portugal.
- [121] Pereira, N.F.R., *Redução de desperdícios resultantes da mudança de produto nas Linhas de Enchimento na FATER PORTUGAL*. 2014, Faculdade de Centenarian da Universidade do Porto: Porto.
- [122] Fischmann, A.A., et al., *Ação Empreendedora. Como Desenvolver e Administrar o seu negócio com Excelência*, ed. Gente. 2010, São Paulo, 978-85-7312-699-0.
- [123] USEPA, *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2011*. 2013: Washington.
- [124] APA. Agência Portuguesa do Ambiente. *Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas*. [cited 2015 13 Maio].
- [125] JORDILIS - Indústria, Representações e Comércio Geral, Lda. Cartão Canelado. 2014 [cited 2015 23 Abril]; Available from: <http://www.jordilis.pt/catalogo/jordilis/carta%CC%83o-canelado/>.