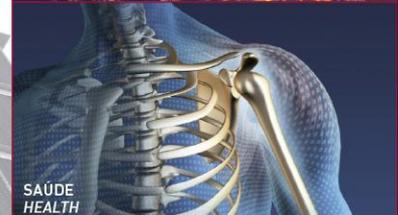


INSTITUTO DE CIÊNCIA E INOVAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA E ENGENHARIA INDUSTRIAL

Estudo de nicho-oportunidade referente a soluções para a eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção

Fevereiro 2015





## 0 Controlo Documental

## 0.1 Identificação do Documento

Projeto	PRODUTECH - Estudo Nicho Oportunidade
Nome do Documento	
Nome do Ficheiro	

## 0.2 Controlo de versões

Versão	Edição	Revisão	Data	Descrição	Aprovado por
V01		03	28-02-2015	Versão inicial	AB

## 0.3 Autor(es)

Nome	Entidade	Iniciais
Emanuel Lourenço	INEGI	EL
António Baptista	INEGI	AB
João Paulo Pereira	INEGI	JPP

## 0.4 Revisor(es)

Nome	Entidade	Iniciais
António Baptista	INEGI	AB
João Paulo Pereira	INEGI	JPP

## 0.5 Lista de distribuição

Nome	Entidade	Iniciais
Pedro Rocha	PRODUTECH	PR

**INEGI – Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial**

Campus da FEUP | Rua Dr. Roberto Frias, 400 | 4200-465 Porto | PORTUGAL

Tel: +351 22 957 87 10 | Fax: +351 22 953 73 52 | E-mail: inegi@inegi.up.pt | Site: www.inegi.up.pt



## Índice

1	Sumário Executivo .....	7
2	Enquadramento .....	8
2.1	Enquadramento do Estudo .....	8
2.2	Eficiência energética e ambiental nos sistemas de produção e a sua importância na indústria .....	10
2.3	Metodologia de desenvolvimento deste trabalho .....	12
3	Metodologias, ferramentas e boas práticas de eficiência energética e ambiental .....	13
3.1	Tendências atuais .....	13
3.1.1	Produção Mais Limpa .....	14
3.1.2	Prevenção e Controlo Integrado da Poluição .....	15
3.1.3	Sistemas de Gestão .....	17
3.1.4	Avaliação de Desempenho Ambiental .....	18
3.2	Tendências emergentes .....	19
3.2.1	Avaliação de Ciclo de Vida .....	20
3.2.2	Diretiva do Ecodesign .....	21
3.2.3	Sustentabilidade através da produção <i>Lean &amp; Green</i> .....	22
3.2.4	Avaliação da Ecoeficiência de Sistemas de Produção .....	23
3.2.5	Ecologia Industrial .....	24
4	Desenvolvimento de bens de equipamento com integração de tecnologias e metodologias para eficiência energética e ambiental .....	26
4.1	Tendências emergentes .....	26
4.1.1	Tendências tecnológicas emergentes .....	27
4.1.2	Tendências tecnológicas com maior impacto no Fabrico Avançado .....	30
5	Oportunidades no âmbito da eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção .....	34
5.1	Oportunidades para implementar metodologias, ferramentas e boas práticas de eficiência energética e ambiental .....	34
5.2	Oportunidades para o desenvolvimento de bens de equipamento com integração de tecnologias e metodologias para eficiência energética e ambiental .....	35
5.3	Oportunidades específicas .....	40
6	Considerações finais .....	42
6.1	Considerações finais das metodologias, ferramentas e boas práticas de eficiência energética e ambiental .....	42
6.2	Considerações finais do desenvolvimento de bens de equipamento com integração de tecnologias e metodologias para eficiência energética e ambiental .....	42
6.3	Notas Finais .....	43
7	Bibliografia .....	44
8	Anexo – Exemplos de soluções chave-na-mão desenvolvidas recentemente .....	46
8.1	PRODUTECH-PTI - PPS2 - Ferramentas avançadas para o desenvolvimento de novos produtos, sistemas e serviços .....	46

8.1.1	Software Comercial de Gestão de Projetos .....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
8.2	PRODUTECH-PTI - PPS2 - Ferramentas de ecodesign e ecoeficiência na concepção e desenvolvimento de equipamentos .....	46
8.3	PRODUTECH-PTI - PPS2 - Metodologias e ferramentas de suporte para a concepção e implementação de equipamentos e sistemas multi-operação (all-in-one machine) .....	47
8.4	PRODUTECH-PTI - PPS2 - Ferramentas e aplicações para modelização e simulação de sistemas de produção.....	49
8.5	PRODUTECH-PSI – PPS1 - Sistemas de produção inteligentes .....	51
8.6	PRODUTECH-PSI - PPS2 - Sistemas de produção flexíveis e eficientes .....	52
8.7	PRODUTECH-PSI – PPS5 [5.1   5.3] - Eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção ....	53
8.7.1	Software ecoPROSYS® .....	54
8.7.2	Software MSM® .....	55
8.8	PRODUTECH-PSI – PPS5 [5.2   5.3] - Eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção ....	55
8.8.1	Projeto de demonstração de integração de energias renováveis nos processos produtivos-concentradores solares térmicos .....	55

## 1 Sumário Executivo

O Polo PRODUTECH promoveu a elaboração de um estudo nicho-oportunidade referente a soluções para a eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção, perspetivando a identificação de oportunidades a exploradas pela fileira das tecnologias de produção portuguesa. Em particular, visa ser um contributo para o desenvolvimento sustentável da fileira identificando oportunidades para o desenvolvimento de tecnologias, equipamentos e sistemas inovadores, onde Portugal possa construir vantagens competitivas sólidas a nível internacional.

O presente estudo apresenta uma abordagem sistematizada:

- Engloba em primeiro lugar uma análise das tendências atuais no que diz respeito a metodologias, ferramentas e boas práticas de eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção, para diferentes perfis de interesse (desde os utilizadores finais dos bens de equipamento e das soluções agregadas, os seus produtores / fabricantes, os parceiros tecnológicos que dão suporte ao seu desenvolvimento);
- posteriormente, apresenta as tendências emergentes analisando as principais necessidades para as quais urge o desenvolvimento de soluções futuras por parte da fileira das tecnologias de produção.
- e reúne um conjunto de oportunidades e soluções emergentes para aumentar eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção, aproveitando tecnologias e soluções existentes ou outras que se perspetivam no curto-médio prazo.

Adicionalmente, compila em anexo resultados exemplo de projetos I&D+i promovidos pelo Pólo das Tecnologias de Produção (nomeadamente dos projetos mobilizadores PRODUTECH PSI e PRODUTECH PTI) onde são identificadas soluções nacionais criadas pela fileira e que já disponíveis para melhorar a eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção.

## 2 Enquadramento

### 2.1 Enquadramento do Estudo

Surgindo no contexto da implementação de estratégias de eficiência coletiva que visam a inovação, a qualificação e a modernização das empresas produtoras e utilizadoras de tecnologias de produção, o Polo das Tecnologias de Produção – PRODUTECH dinamiza, de forma estruturada, a cooperação entre as empresas da fileira e entre estas e outros atores relevantes, assumindo-se como um parceiro chave no reforço da competitividade internacional da economia portuguesa.

Existe uma necessidade de mercado real para o desenvolvimento de máquinas, equipamentos, sistemas e aplicações informáticas, capazes de melhorar a eficiência energética e ambiental dos processos de transformação industrial. Para tal é necessário reconhecer as tendências atuais e emergentes, as soluções atuais, de modo a identificar as oportunidades e para a fileira das tecnologias de produção.

Neste sentido, o Polo PRODUTECH, promoveu a elaboração de um estudo nicho-oportunidade referente a soluções para a eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção, perspetivando a identificação das tendências atuais, assim como e as tendências emergentes / futuras, que correspondam a oportunidades de intervenção da fileira das tecnologias de produção portuguesa para o desenvolvimento sustentável de equipamentos, sistemas e tecnologias de produção inovadoras, em áreas e nichos onde a fileira nacional possa construir vantagens competitivas sólidas.

Este estudo visa estimular a estratégia do Polo PRODUTECH, que assenta numa lógica de Cluster, responsável por criar sinergias entre os produtores e os utilizadores de tecnologia e as entidades do SCTN. Esta lógica permitirá fomentar o desenvolvimento sustentável da fileira dos produtores de tecnologia de produção e da indústria transformadora nacional (ver Figura 1). O estudo contém informação compilada para poder ser útil aos diferentes atores da fileira com a identificação de oportunidades para:

- **Empresas da fileira das tecnologias de produção** – Estas empresas terão no estudo nicho-oportunidade informação relevante para complementarem a sua estratégia de desenvolvimento de produto e tecnologia, bem como informação relativa às tendências atuais e emergentes de eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção. A fileira das tecnologias de produção também ficará com a informação relativa às soluções e oportunidades atuais para o desenvolvimento de ferramentas e *softwares* capazes de avaliar e apoiar na melhoria da eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção.

- **Empresas dos setores utilizadores** – As empresas de setores utilizadores de tecnologias de produção (indústria transformadora), poderão ficar dotadas de máquinas, equipamentos e sistemas de produção mais eficientes (eficiência energética e ambiental) que satisfaçam as suas necessidades tecnológicas atuais, tornando-as mais competitivas, sustentáveis e em sintonia com as tendências atuais e emergentes. Estas empresas ficarão com informação relativa as soluções atuais da fileira, nomeadamente ferramentas e *softwares* capazes de avaliar e apoiar na melhoria da eficiência energética e ambiental dos seus sistemas de produção.
- **Entidades do Sistema Científico e Tecnológico Nacional (SCTN)** – As entidades do SCTN (Universidades, Centros Tecnológicos e Institutos de I&D) poderão identificar as tendências e os nichos-oportunidade de inovação tecnológica (*hardware e software*) focada na eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção. Esta informação permitirá às entidades do SCTN identificar as prioridades reais do mercado, bem como as prioridades para o desenvolvimento de novos projetos de investigação desenvolvimento e inovação (I&D+i).

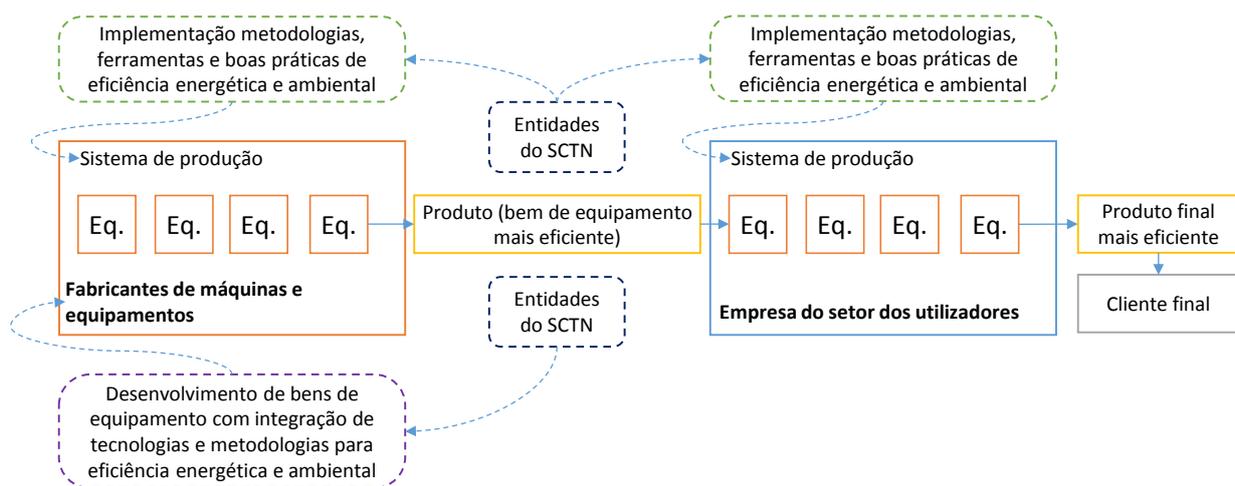


Figura 1 - Lógica de desenvolvimento sustentável

Tendo em conta a sua natureza missão e experiência, o Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial (INEGI) elaborou o Estudo de Nicho-Oportunidade Referente a Soluções para a Eficiência Energética e Ambiental dos Sistemas de Produção.

Os resultados de projetos I&D+i promovidos por entidades do Polo das Tecnologias de Produção, e em particular dos projetos mobilizadores PRODUTECH PSI e PRODUTECH PTI, surgem neste contexto como exemplos capazes de gerar o desenvolvimento industrial de ofertas integradas ou soluções chave-na-mão.

Além do presente capítulo introdutório, que inclui um enquadramento do estudo, uma exposição de conceitos de desenvolvimento sustentável e a sua importância na indústria, assim como a metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho, o presente documento inclui ainda:

- A identificação e caracterização das tendências atuais e emergentes das metodologias, ferramentas e boas práticas de eficiência energética e ambiental;
- A identificação das tendências emergentes para o desenvolvimento de bens de equipamento com integração de tecnologias e metodologias para eficiência energética e ambiental;
- A identificação de um conjunto de oportunidades e soluções, no âmbito da eficiência energética e ambiental, para a fileira das tecnologias de produção.

## 2.2 Eficiência energética e ambiental nos sistemas de produção e a sua importância na indústria

O desenvolvimento sustentável, assente numa visão de futuro que conjugue o crescimento económico e as questões energéticas e ambientais, levará as empresas a procurarem soluções para melhorarem a eficiência energética e ambiental dos seus sistemas de produção. A sustentabilidade compreende aspetos económicos, ecológicos e sociais.

**Os sistemas de produção** são os sistemas elementares de processos industriais, e que podem estar relacionados com uma ou mais máquinas mas que normalmente, que são responsáveis pela produção de todos os tipos de bens que são colocados no mercado. Portanto, é de extrema importância melhorar o desempenho energético e ambiental dos sistemas de produção, para aumentar de modo integrado a eficiência energética e de recursos da indústria transformadora (incluindo não só os setores utilizadores mas também a própria fileira das tecnologias de produção). Neste sentido, a disponibilidade de bens de equipamento e de outras soluções nos domínios das tecnologias de produção (sistemas, *softwares*, serviços...) que permitam endereçar a uma maior eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção, irá promover a sustentabilidade do tecido empresarial e contribuir para diferenciação e o alcance de um conjunto de desafios Nacionais, Europeus e Internacionais.

No que respeita aos **bens de equipamento**, importa referir que grande parte dos consumos (energia, material e consumíveis) dos equipamentos industriais, ocorre durante a fase de uso, logo os impactos ambientais que resultam dos equipamentos em serviço são muito representativos. Portanto para melhorar a eficiência energética e ambiental dos bens de equipamento, com vista a melhoria dos sistemas de produção das empresas dos setores utilizadores, os aspetos relacionados com a fase de uso (consumo de energia, material e consumíveis) devem ser consideradas durante o desenvolvimento das máquinas ferramentas e dos bens de equipamento. Portanto a eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção pode ser estimulada, e por sua vez alcançada através da integração e implementação de várias práticas que visam endereçar a uma maior

eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção e ao desenvolvimento sustentável bens de equipamento, nomeadamente:

- Integração de práticas de Ecodesign na conceção e desenvolvimento de máquinas-ferramenta e bens de equipamento;
- Avaliações de desempenho de ecoeficiência dos sistemas de produção, de modo a promover melhorias dos sistemas de produção;
- Integração de Práticas de *Design for X*, nomeadamente com o objetivo de facilitar a manutenção, o desmantelamento, reutilização, o *retrofitting* e a reciclagem e reutilização de componentes das máquinas-ferramenta;
- Otimização e redução do consumo de recursos (matérias-primas, consumíveis e energia) e redução dos desperdícios, ou seja, aumento da eficiência dos sistemas de produção e redução do impacte ambiental (abordagem “*Lean and green*”);
- Redução do impacte ambiental que advêm do tratamento e destino final dos produtos quando atingem o seu fim-de-vida (*Design for Reuse* e *Design for Recycling*);
- Integração de sistemas e tecnologias eficiente.

O aumento da eficiência energética e ambiental **dos sistemas de produção** e dos **produtos**<sup>1</sup> (incluindo equipamentos e produtos *Business to Consumer*) permite dissociar a relação entre o valor do produto e a influência ambiental. Esta dupla dissociação, apresentada na Figura 2, é fundamental para o desenvolvimento sustentável. Na medida em que visa aumentar o bem-estar e da valorização económica dos produtos e em simultâneo reduzir o consumo de recursos e conseqüentemente a influência ambiental.

---

<sup>1</sup> Um produto é algo que pode ser oferecido a um mercado para satisfazer uma necessidade ou desejo

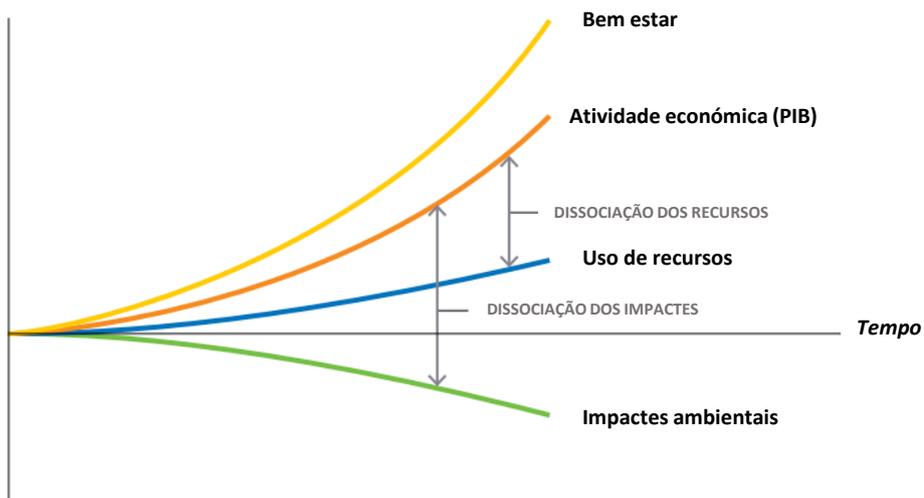


Figura 2 – Dupla dissociação (*Decoupling*)

### 2.3 Metodologia de desenvolvimento deste trabalho

A estratégia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho tem por base uma abordagem evolutiva. A metodologia de desenvolvimento, apresentada na Figura 3, abrange duas fases. Sendo que a primeira prevê a identificação e caracterização das tendências atuais e emergentes das metodologias, ferramentas e boas práticas de eficiência energética e ambiental, assim como a identificação das tendências inerentes ao desenvolvimento sustentável de bens de equipamento (integração de tecnologias e metodologias para eficiência energética e ambiental). A segunda fase foca a identificação de um conjunto de oportunidades e soluções da fileira das tecnologias de produção, no âmbito da eficiência energética e ambiental. Nesta fase são também identificadas as soluções de tecnologias existentes resultantes de projetos de I&D e inovação promovidos pelo Pólo das Tecnologias de Produção.

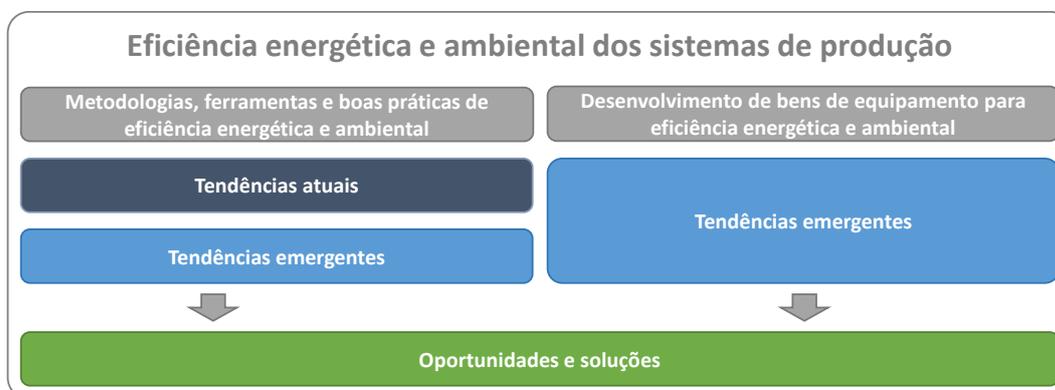


Figura 3 – Abordagem metodológica utilizada para o estudo de nicho-oportunidade referente a soluções para a eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção

## 3 Metodologias, ferramentas e boas práticas de eficiência energética e ambiental

### 3.1 Tendências atuais

O desenvolvimento recente tem demonstrado a cada vez maior relevância das questões ambientais e energéticas, colocando o foco sobre as práticas de desenvolvimento insustentável das últimas décadas. O *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) prevê que haverá escassez de recursos naturais essenciais às necessidades humanas, isto se, os padrões atuais de produção e de consumo forem mantidos [2]. A origem deste problema está diretamente relacionada com o crescimento da população e a implementação de políticas inadequadas que resultam na degradação do ambiente e das sociedades [2]. Mediante este cenário as organizações têm sofrido pressões sociais e legais para cingirem uma postura sustentável quer a nível local quer a nível global.

Para fazer frente às questões de eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção, as organizações apoiam-se em vários instrumentos e métodos que visam promover a melhoria do desempenho. As melhorias podem implicar o desenvolvimento de novas formas de produção, de novos produtos ou novas tecnologias, com o intuito de reduzir o consumo de recursos e de energia assim como reduzir a produção de resíduos, emissões, etc.

Grandes grupos económicos mundiais como a 3M, Dow Chemicals, Toyota, BASF, etc., líderes em responsabilidade corporativa acreditam que a sustentabilidade é simplesmente um bom negócio. Por exemplo a Toyota considera que a sustentabilidade é um veículo fundamental para reforçar a competitividade e melhorar a eficiência dos sistemas de produção [3]. A empresa 3M, já em 1975, iniciou programa chamado “*Pollution Prevention Pays*”, conhecido como 3P. Este programa, para além de prever a prevenção da poluição, demonstrava que a prevenção da poluição e redução de resíduos trazia benefícios económicos [4]. Inicialmente, a maioria das empresas lidava com os dilemas da poluição através da “Gestão de Cumprimento”, ou seja, limitava-se a cumprir os requisitos de carácter obrigatório para tratar as questões da poluição. No entanto, as empresas começaram a tomar medidas mais proactivas, ou seja, adotaram as medidas de Produção Mais Limpa (PML) [4].

O próximo passo dado pela indústria tendo em vista a sustentabilidade foi através da Responsabilidade Empresarial. Esta iniciativa tem como objetivo equilibrar os três pilares da sustentabilidade que são representados pela justiça social, prosperidade económica e pelo equilíbrio ecológico. Atualmente as organizações mostram todo o interesse em desenvolver e implementar estratégias de gestão que cinjam os conceitos da sustentabilidade. Este interesse por parte das organizações também foi reforçado pelas obrigações legais e políticas.

Uma das possíveis consequências não intencionais do aumento da eficiência, durante a fase de desenvolvimento do produto, é o efeito de ricochete (*rebound effect*). Este efeito consiste na perda de potenciais ganhos de eficiência. Por exemplo, as lâmpadas fluorescentes compactas consomem menos energia e têm um tempo de vida útil maior, no entanto estas lâmpadas passaram a ser utilizadas durante períodos maiores (mais horas de utilização) e em mais quantidade. Como consequência desse aumento do consumo de lâmpadas e da quantidade de energia, o aumento da eficiência pretendido foi “eliminado” [3].

As tendências atuais para a eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção passam pela implementação de várias metodologias, ferramentas e boas práticas, nomeadamente:

- Implementação de técnicas de Produção Mais Limpa;
- Práticas de Prevenção e Controlo Integrado da Poluição;
- Implementação de Sistemas de Gestão Ambiental e de Sistemas de Gestão de Energia;
- Avaliação de desempenho ambiental.

### 3.1.1 Produção Mais Limpa

A Produção Mais Limpa (PML) é uma estratégia preventiva que consiste em mudar comportamentos com o objetivo de melhorar a eficiência das operações de produção e aumentar a eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção. Esta estratégia de produção é especialmente adotada por empresas que controlam o seu processo produtivo. As organizações que implementam este tipo produção são fortemente influenciadas pelos seus clientes e pelas normas legais que vinculam a adoção de medidas de PML [5, 6].

A PML foca os seguintes objetivos e princípios:

- Consciencializar as empresas sobre as questões de prevenção de poluição;
- Encontrar as fontes de emissões e de resíduos;
- Definir um programa com vista a redução de emissões e que aumente a eficiência de uso dos recursos através da documentação e implementação das medidas da PML;
- Boa gestão dos materiais e da energia utilizada;
- Formar os funcionários, melhorar a logística, aperfeiçoar a disponibilidade de informação e comunicação entre departamentos;
- Utilizar matérias-primas menos nocivas, mais eficientes e recicláveis ou reutilizáveis;

- Modificar os produtos de modo a eliminar as etapas do processo produtivo com menor eficiência energética e ambiental; e
- Encaminhamento adequado dos resíduos [5].

De um modo geral o conceito de PML pode ser resumido com uma série de estratégias, práticas e condutas económicas, ambientais e técnicas, que evitam ou reduzem a emissão de poluentes no meio ambiente por meio de ações preventivas, ou seja, evitando a sua produção ou criando alternativas para que estes sejam reutilizados ou reciclados.

Na prática, as estratégias de PML, podem ser aplicadas a processos, produtos e até mesmo serviços. A implementação de estratégias de PLM permite, por exemplo, reduzir ou eliminar o uso de matérias-primas tóxicas, aumentar a eficiência do uso de matérias-primas, água ou energia, reduzir a produção de resíduos e efluentes, e aumentar a reutilização, entre outros.

### 3.1.2 Prevenção e Controlo Integrado da Poluição

No âmbito da Prevenção e Controlo Integrado da Poluição (PCIP) a União Europeia (UE) define obrigações legais para as organizações cuja atividade industrial é altamente poluente. A Diretiva n.º 2008/1/CE estabelece os procedimentos para essas atividades industriais e estabelece os requisitos mínimos que dizem respeito à emissão e descarga de poluentes. Todas as organizações que se enquadram no âmbito desta diretiva carecem de uma licença [7].

A PCIP visa prevenir a poluição da atmosfera, da água e do solo, assim como reduzir a quantidade de resíduos produzidos. Desta forma é garantida a proteção ambiental. Esta Diretiva da PCIP está assente nos seguintes princípios:

- Abordagem integrada;
- Melhor Técnica Disponível;
- Flexibilidade; e
- Participação Pública [7].

Não obstante a importância da Flexibilidade e da Participação Pública prevista nesta Diretiva, neste estudo apenas se dá ênfase à Abordagem Integrada e às Melhores Técnicas Disponíveis, na medida em que estes princípios são mais relevantes no âmbito deste trabalho.

#### a) Abordagem Integrada

A diretiva da PCIP refere-se a uma abordagem integrada na medida em que as licenças atribuídas às indústrias devem contemplar o desempenho ambiental global da organização, ou seja, devem incluir

as emissões para a atmosfera, para o solo e para a água, assim como a produção de resíduos, o uso de matéria-prima, a eficiência energética, o ruído e as medidas de prevenção e gestão de riscos [7].

### **b) Melhores Técnicas Disponíveis**

As Melhores Técnicas Disponíveis (MTD) são definidas como as técnicas mais eficientes e mais avançadas para o desenvolvimento de uma atividade e dos respetivos métodos de operação. As MTD indicam quais os valores de emissão a evitar. Se tal não for exequível estas técnicas indicam as emissões a reduzir e abordam os impactes sobre o meio ambiente como um todo [8].

Em suma, as MTD representam a implementação de técnicas exequíveis e adequadas a cada situação, e visam melhorar o desempenho ambiental e energético global da organização.

Nas MTD prevalecem as técnicas de prevenção de poluição e não as técnicas de tratamento de fim de linha. A Diretiva de PCIP determina que as MTD tenham por base os seguintes princípios:

- Utilizar tecnologia com baixa produção de resíduos;
- Utilizar substâncias menos perigosas;
- Desenvolver técnicas para a recuperação e reciclagem das substâncias produzidas e/ou utilizadas no processo;
- Utilizar processos semelhantes e instalações ou métodos de operação que tenham sido testados com sucesso a uma escala industrial;
- Recorrer a avanços tecnológicos e alterações conhecidas e entendidas pela ciência;
- Avaliar a natureza, os efeitos e o volume das emissões em causa;
- Avaliar o tempo requerido para introduzir a Melhor Técnica Disponível;
- Avaliar o consumo e natureza das matérias-primas (incluindo a água) utilizadas no processo e a eficiência energética;
- Prevenir ou reduzir ao máximo os impactes globais provocados pelas emissões que incidem no meio ambiente e que representam um risco;
- Prevenir os acidentes de forma a minimizar as consequências para o ambiente; e
- Trocas de informação entre Estados-Membros e as indústrias que aplicam as melhores técnicas disponíveis [8].

### 3.1.3 Sistemas de Gestão

#### a) Sistemas de gestão Ambiental

A ISO 14000 é uma série de normas internacionais de carácter voluntário que fornece requisitos e diretrizes para a implementação de Normas da Gestão Ambiental. Estas normas são desenvolvidas pela *International Organization for Standardization (ISO)* [5, 9].

A primeira norma desta série é a ISO 14001:2004, que fornece informação sobre as especificações e diretrizes para o uso e implementação de Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) [5, 9]. A Norma ISO 14001 “mostra” às organizações como: estabelecer um sistema disciplinado para atingir as metas ambientais associadas às normas e requisitos legais mais relevantes; cumprir as suas políticas e procedimentos; garantir a conformidade do seu sistema de auditorias e garantir a melhoria contínua [5, 9].

Com a implementação de um SGA verificam-se os seguintes resultados positivos:

- Cumprimento dos requisitos legais;
- Poupança de recursos (água, energia, materiais, etc.)
- Redução dos riscos;
- Modernização da gestão;
- Melhoria da comunicação interna;
- Documentação do desempenho ambiental;
- Redução de custo; e
- Motivação dos colaboradores[5, 10].

Esta norma, constitui um conjunto de procedimentos com base numa abordagem à gestão ambiental, estruturada e planeada, que se inserem no sistema global da organização e que possibilitam controlar de forma eficaz os aspetos ambientais associados ao desenvolvimento da sua atividade, portanto não se limita a ajudar as organizações a alcançar metas ambientais, também tem um papel fundamental para atingir os objetivos económicos [11].

#### b) Sistemas de Gestão de Energia

Os sistemas de gestão de energia são fundamentados pelas Normas ISO 50001:2011. O objetivo desta norma é permitir que as organizações tenham a capacidade de implementar os sistemas e processos necessários para melhorar o desempenho energético, e conseqüentemente melhorar a eficiência energética e os aspetos de consumo de energia [12]. Por conseguinte, esta melhoria é possível através da implementação de um Sistema de Gestão de Energia (SGE), espera-se então que

as emissões dos Gases com Efeito de Estufa (GEE), os impactos ambientais associados aos consumos energéticos e as faturas energéticas venham a sofrer uma redução.

Esta norma especifica os requisitos necessários para a implementação de um SGE, o que implica o desenvolvimento e implementação de uma política energética, o estabelecimento de objetivos, a definição de metas, a elaboração de um plano de ação, o levantamento dos requisitos legais e de informação associada aos consumos significativos de energia. Este sistema de gestão leva as organizações a cumprir as suas políticas internas, tomar as medidas necessárias para a melhoria do desempenho energético e a demonstrar a conformidade dos sistemas de acordo com os parâmetros internacionais. Estas normas podem ser adaptadas para abordar os requisitos específicos de uma organização.

A ISO 50001 pode ser utilizada para certificar, registar e declarar voluntariamente o SGE de uma organização. Contudo, não estabelecem qualquer tipo de requisito absoluto, apenas se focam nos compromissos estabelecidos na política energética e nas obrigações legais das organizações.

As normas ISO 14001:2004, 50001:2011 são baseadas numa metodologia conhecida como “*Plan-Do-Check-Act*”.

- Planear (Plan): estabelecer os objetivos e processos necessários para obter resultados, de acordo com a política ambiental da organização;
- Fazer (Do): implementar os processos;
- Verificar (Check): monitorizar e medir os processos em relação à política ambiental, objetivos, metas, obrigações legais e outros requisitos que a organização deve cumprir e relatar os resultados.
- Agir (Act): empreender ações para melhorar, continuamente, o desempenho do sistema de gestão de ambiental [11].

A implementação destes sistemas de gestão trará benefícios ambientais e económicos para uma organização na medida em que a aplicação desta mentalidade proactiva servirá de promotor para adotar o conceito de ecoeficiência [4].

#### **3.1.4 Avaliação de Desempenho Ambiental**

A Norma Portuguesa ISO 14031 descreve as diretrizes e ações necessárias para uma organização de qualquer tipo ou dimensão determinar o seu desempenho ambiental. Esta norma não tem como finalidade a certificação [13]. A Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA) é uma ferramenta de gestão destinada a fornecer informação fidedigna sobre o desempenho ambiental de uma organização, e permite demonstrar se a organização vai de encontro às metas estipuladas pela

gestão de topo. Portanto, a ADA é um processo semelhante aos sistemas de gestão ambiental e de energia. Por outro lado, a ADA, é uma ferramenta de gestão capaz de lidar com a aplicação e/ou escolha de indicadores de desempenho ambiental [14].

A seleção de indicadores de sustentabilidade dentro de uma organização é uma tarefa complexa. Estes devem refletir a verdade, os valores e a cultura da organização. A determinação dos indicadores não deve ser restrita às metodologias e normas. Todavia, a Norma ISO 14031:1999 tem um papel fundamental para desenvolver e nomear os indicadores específicos e adequados a uma organização ou processo [15].

O desenvolvimento e uso de indicadores deve ser um processo dinâmico e informativo para os decisores. Uma vez encontrado um conjunto de indicadores bem equilibrados deve ser feito um esforço para garantir que são discutidos por toda a organização, tendo presente o objetivo de melhoria [15]. Os indicadores devem refletir o desempenho das atividades da organização [16].

Os indicadores de desempenho ambiental, segundo a Norma Portuguesa ISO 14031:1999, podem ser divididos em três categorias: Indicadores de Desempenho Operacional; Indicadores de Desempenho da Gestão e Indicadores das Condições Ambientais [10, 13].

Indicador de Desempenho Operacional (IDO) – São indicadores aplicáveis a todas as organizações e são fundamentais para avaliar os aspetos ambientais das atividades, produtos ou serviços;

Indicadores de Desempenho da Gestão (IDG) – Estes indicadores avaliam o esforço desenvolvido pela organização em prol da salvaguarda ambiental, e avaliam também os resultados alcançados; e

Indicadores das Condições Ambientais (ICA) – Avaliam a qualidade do ambiente externo a nível local, regional ou mundial. Estes tipo de indicadores são utilizados para avaliar os impactes das emissões de efluentes gasosos e/ou líquidos responsáveis pelo efeito de estufa ou concentração de poluentes no solo [10, 13].

Em suma, a ADA é um processo e um instrumento destinado a auxiliar as decisões da Gestão relativamente ao desempenho ambiental de uma organização através da seleção de indicadores, recolha e análise de dados, avaliação de informação em função dos critérios de desempenho ambiental, relato e comunicação, e da revisão e da melhoria periódica deste processo.

### **3.2 Tendências emergentes**

As tendências emergentes das metodologias, ferramentas e boas práticas para a eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção tende a passar pela implementação de várias

práticas e estratégias, sobretudo de modo integrado, nomeadamente envolvendo as seguintes abordagens base:

- Avaliação de Ciclo de Vida;
- Integração ampla de práticas de ecodesign;
- Implementação sustentada das práticas da produção *Lean & Green*;
- Avaliação da ecoeficiência dos Sistemas de Produção;
- Integração ampla de práticas de Ecologia industrial;

### 3.2.1 Avaliação de Ciclo de Vida

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é um método de análise que visa avaliar os encargos ambientais provocados por um produto, processo ou atividade. A ACV deve considerar os impactes ambientais da produção, uso, manutenção e das opções de fim-de-vida do produto. Deste modo é possível quantificar os recursos utilizados, as emissões, os impactes causados no ambiente e na saúde humana e por fim avaliar e implementar ações de melhoria focadas no aumento da eficiência energética e ambiental. A ACV está assente em quatro etapas (apresentados na Figura 4) [17].

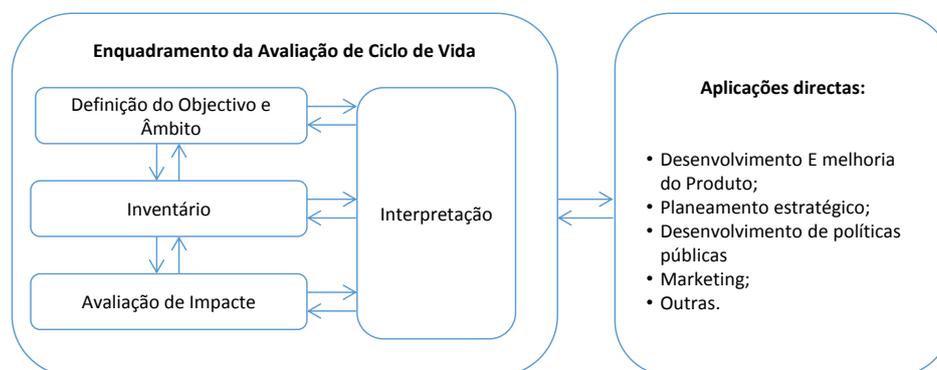


Figura 4 - Fases da ACV [1]

Para realizar a ACV é comum recorrer a um *software*, que não é mais do que uma ferramenta computacional que permite analisar o desempenho ambiental de produtos e serviços através da modelação de dados, obtidos a partir de um inventário que deverá conter informação sobre todo o ciclo de vida do equipamento ou do sistema de produção. A abordagem efetuada pelo *software* está em consonância com a definição de ACV dada pela norma ISO 14040. Atualmente os *softwares* mais utilizados para realizar os estudos de ACV e determinar os impactes, são:

- SimaPro<sup>2</sup>

<sup>2</sup> <http://www.pre-sustainability.com/simapro>

- GaBi<sup>3</sup>
- Umberto<sup>4</sup>

### 3.2.2 Diretiva do Ecodesign

A Diretiva Europeia 2009/125/CE (Diretiva do Ecodesign) tem como objetivo a integração dos aspetos ambientais na conceção dos produtos. Esta diretiva visa melhorar o desempenho ambiental do produto durante todo o seu ciclo de vida. O âmbito de aplicação desta diretiva incide sobre os Produtos Relacionado com o Consumo de Energia (ErP - *Energy-related Products*)<sup>5</sup> [18]. Os parâmetros de conceção ecológica, definidos pela Diretiva do Ecodesign, são definidos por uma lista de aspetos ambientais significativos assim como pelas fases do ciclo de vida do produto. Ambas as listas são apresentadas na Figura 5.

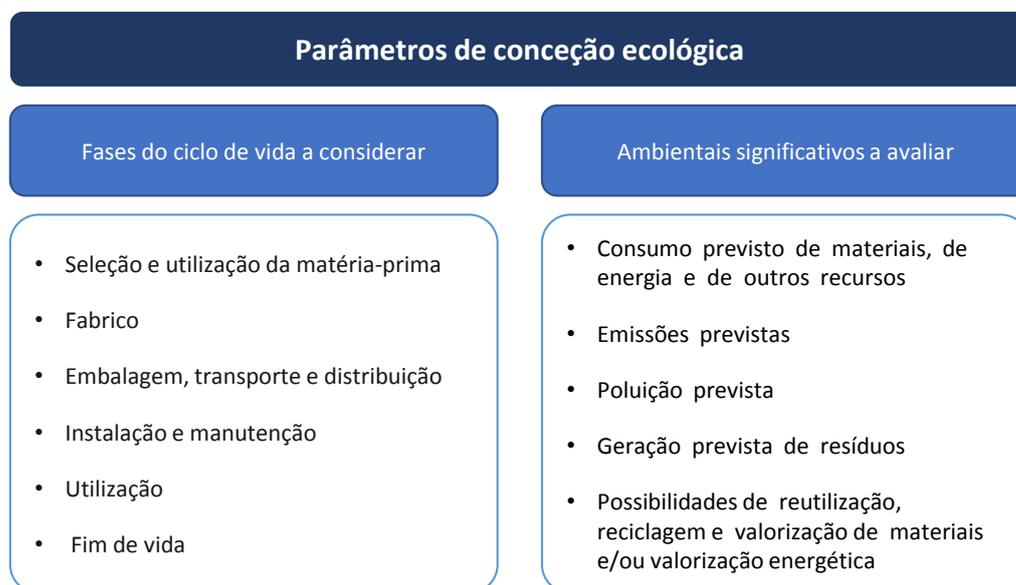


Figura 5 – Parâmetros de conceção ecológica segundo a Diretiva do Ecodesign

Note-se que as máquinas ferramentas ainda não fazem parte da lista de ErP. De qualquer forma esta antecipação ao regulamento de Ecodesign para máquinas ferramentas, pretende, atualmente ser uma referência na implementação de políticas de Ecodesign na indústria, assumindo as vantagens competitivas inerentes ao desenvolvimento de novos produtos. Importa ainda referir que o

<sup>3</sup> <http://www.gabi-software.com/international/index/>

<sup>4</sup> <http://www.umberto.de/en/>

<sup>5</sup> Segundo a Diretiva do Ecodesign um produto relacionado com o consumo de energia é qualquer bem que tenha um impacto sobre o consumo de energia durante a sua utilização, colocado no mercado e/ou colocado em serviço, incluindo peças a incorporar em produtos relacionados com o consumo de energia abrangidos pela presente diretiva e colocadas no mercado e/ou colocadas em serviço como peças individuais para utilizadores finais, cujo desempenho ambiental possa ser avaliado de forma independente.

Regulamento de Ecodesign para Máquinas Ferramentas encontra-se atualmente em fase de consulta e proposta [19].

### 3.2.3 Sustentabilidade através da produção *Lean & Green*

A Produção *Lean* (Produção “Magra”) é um conceito de produção, fundamental para a implementação e melhoria do desempenho de eficiência dos sistemas de produção. A produção *Lean* visa a redução/eliminação de desperdícios através da implementação de um conjunto de práticas de trabalho que otimizam a produção de produtos e serviços em função da procura. Esta abordagem de produção é fundamentada por um conceito multifacetado, que pode ser agrupado em vários pacotes de boas práticas. A redução/eliminação dos desperdícios que ocorrem nos processos produtivos é alcançada através da implementação de medidas de melhoria contínua e da otimização dos processos que não adicionam valor ao produto [20].

O *Value Stream Mapping* (Mapeamento do Fluxo de Valor) é uma ferramenta prática da Produção *Lean* que consiste em fazer o levantamento de todas as ações que ocorrem durante a produção de um produto e distinguir as ações que adicionam valor ao produto das ações que não agregam valor (desperdício). O objetivo primordial desta ferramenta é identificar todos os “desperdícios” de tempo e recursos na cadeia de valor e tomar medidas para os eliminar [21].

Atualmente a produção sustentável é conhecida como uma abordagem que vai além da fase de produção, ou seja, abrange o sistema todo incluindo os componentes integrados a energia e o transporte, necessário para produzir e montar o produto e entregá-lo ao cliente [22]. Os sistemas de produção para além de gerarem poluentes são também, em alguns casos, consumidores intensivos de energia. Do ponto de vista ambiental, as empresas (incluindo as da fileira das tecnologias de produção) procuram cada vez mais reduzir o seu impacto ambiental, minimizando o consumo de recursos e de energia (por exemplo, através da redução da pegada de carbono, remoção das substâncias tóxicas, o uso de materiais mais ecológicos, eficiência energética, etc.) [23].

A abordagem “*Lean and green*” é atualmente uma tendência emergente da produção sustentável. Esta abordagem combina conceitos *lean* e preocupações ambientais na redução dos custos, aumento da produtividade e qualidade, endereçando à redução do consumo total de energia, dos resíduos produzidos e do consumo de água, entre outros [23]. Neste contexto, a nova metodologia original Multi-Layer Stream Mapping, nascida no âmbito dos projetos mobilizadores PRODUTECH possui características inovadoras que possibilitam a análise agregada e multi-dimensional da eficiência de sistemas, o que permite a conjugação da redução de desperdício e procura de valor sempre relacionado com a eficiência.

### 3.2.4 Avaliação da Ecoeficiência de Sistemas de Produção

A ecoeficiência é um tema central no âmbito da Ecologia Industrial. A avaliação da ecoeficiência, segundo a Norma ISO 14045:2011, é uma ferramenta quantitativa da gestão ambiental. Esta norma prevê a utilização do método da ACV ao longo do sistema de produção, nomeadamente para avaliar os impactos ambientais [24].

Esta abordagem permite avaliar a eficiência do sistema de produção, ou seja, a eficiência do uso dos recursos, dos processos de produção, da distribuição do produto, etc., ou ainda, avaliar a eficiência global do sistema de produção. O valor do sistema de produção pode ser expresso em termos monetários ou noutros aspetos de valor [24].

Os objetivos primordiais deste método de avaliação, segundo a Norma ISO/DIS 14045:2011, são:

- Uniformizar o método de avaliação da ecoeficiência e estabelecer uma terminologia clara e uniforme;
- Permitir uma utilização prática e abrangente das avaliações de ecoeficiência para sistemas de produção.
- Promover linhas de orientação para a análise dos resultados da avaliação da ecoeficiência; e
- Encorajar a transparência e a precisão dos resultados da avaliação da ecoeficiência [24].

A avaliação da ecoeficiência a um sistema de produção deve abranger as etapas identificadas na Figura 6.

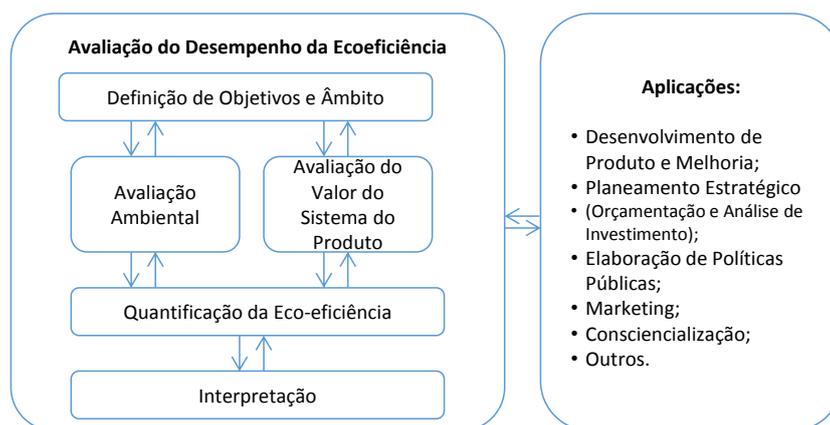


Figura 6 - Fases da Avaliação da Ecoeficiência

Esta avaliação de desempenho relaciona o desempenho ambiental de um sistema de produção com o valor (valor de produção ou monetário). A norma define que o resultado da ecoeficiência é obtido pelo rácio entre o Valor do Produto ou Serviço e a Influência Ambiental [24].

Os resultados desta avaliação refletem o desempenho do sistema de produção e não do produto em si [24].

Os resultados são apresentados através de um Perfil da Ecoeficiência. Por sua vez, a versatilidade da apresentação dos resultados, em função do valor atribuído ao sistema de produção surge como uma das características chave desta metodologia. Deste modo, a avaliação da ecoeficiência do mesmo sistema de produção pode ser apresentado em função de diferentes valores do sistema de produção. Os resultados podem ser apresentados a diferentes grupos de interesse, sem que o valor global da avaliação da ecoeficiência seja desviado [24].

A ecoeficiência quando comparada com outras estratégias de produção focadas no aumento da sustentabilidade (por exemplo a minimização de resíduos, aumento da eficiência de materiais e aumento da eficiência global de recursos), é mais difícil de implementar, mas provavelmente é a estratégia com maior impacto.

Neste contexto, a nova metodologia original ecoPROSYS<sup>®</sup> (*Eco-Efficiency Integrated Methodology for Production Systems*), nascida no âmbito dos projetos mobilizadores PRODUTECH possui características inovadoras que possibilitam a avaliação o desempenho de ecoeficiência de sistemas de produção. Esta metodologia permite a implementação de ações de melhoria, assim como otimizar e apoiar na melhoria do desempenho de ecoeficiência dos sistemas de produção.

A materialização da metodologia ecoPROSYS<sup>®</sup> surge, no âmbito do projeto mobilizador PRODUTECH, como os Primeiros *Softwares* de Ecoeficiência portugueses (SISTRADE<sup>®</sup> ECOManager e MICROPROCESSADOR Powergest – ecoPROSYS<sup>®</sup>).

### 3.2.5 Ecologia Industrial

A ecologia industrial, é um conceito visa uma abordagem sistemática que relaciona a indústria e o ambiente para avaliar e minimizar os impactes. A ecologia industrial estuda os fluxos de materiais e energia das atividades envolvidas durante a produção, uso e no fim de vida dos produtos, assim como o efeito desses fluxos no meio ambiente. Este conceito assenta numa compilação de ideias e ferramentas, que têm como objetivo alcançar o desenvolvimento sustentável [17]. De um modo geral, a ecologia industrial visa organizar as atividades de produção de forma idêntica ao funcionamento dos ecossistemas naturais, pois estes têm uma tendência inata para se organizar em ciclos de modo a que os desperdícios sejam reduzidos. Isto ocorre através da reintrodução dos desperdícios na cadeia de valor (simbiose industrial) [10].

A ecologia industrial está definida em três tipos de ecossistemas:

**Ecossistema Tipo I** – Este tipo de sistema considera os *inputs* (recursos naturais) e *outputs* (desperdícios/resíduos) numa perspetiva económica, e considera os fluxos do ciclo de vida dos

materiais que passam de um processo produtivo para outro. Este tipo de ecossistema não considera uma abordagem visando a sustentabilidade [25].

**Ecossistema Tipo II** – É um sistema em que os resíduos são reciclados e os subprodutos são reutilizados no mesmo processo ou noutro processo, com o objetivo de reduzir a necessidade de *inputs* (recursos) e reduzir os *outputs* (desperdícios e subprodutos) de vários processos. A reengenharia bem como o redesenho dos processos produtivos podem tornar este sistema num sistema fechado [25].

**Ecossistema Tipo III** – Consiste num sistema fechado, onde não há necessidade de recursos não renováveis nem há produção de resíduos. Esta abordagem garante simultaneamente o desenvolvimento socioeconómico e desenvolvimento sustentável [25]. Note-se que este tipo de ecossistema prevê um cenário “ideal”.

## 4 Desenvolvimento de bens de equipamento com integração de tecnologias e metodologias para eficiência energética e ambiental

### 4.1 Tendências emergentes

Este capítulo resume as tendências tecnológicas emergentes para o desenvolvimento de bens de equipamento com integração de tecnologias e metodologias para eficiência energética e ambiental. A investigação e desenvolvimento de tecnologias, que se relacionam com futuro das tecnologias de produção, têm atualmente uma forte componente de inovação centrada na eficiência energética e ambiental. Nas universidades, bem como na indústria, as tendências da investigação e de desenvolvimento de novos produtos e serviços, focam os ganhos de produtividade e o aumento da eficiência (em termos ambientais e energéticos) dos sistemas de produção.

Nestes domínios produtos, tecnologias soluções e sistemas de produção estão intimamente relacionados. Note-se que para endereçar o desenvolvimento de bens de equipamento eficientes em termos energéticos e ambientais, é necessário atuar ao nível das tecnologias e equipamentos assim como ao nível dos processos e produtos.

No que respeita as principais tendências tecnológicas, que irão afetar o setor das tecnologias de produção serão analisadas com mais detalhe as seguintes tendências [26]:

- Sistemas avançados de automação
- Integração digital
- Novos materiais com propriedades otimizadas
- Modelação e simulação de processos
- Disponibilidade de matéria-prima para produção
- Interface homem-máquina

A Manufatura Avançada (Advanced Manufacturing) passa pela criação de soluções integradas que requerem a produção de objetos físicos, *softwares* e serviços de valor acrescentado, que utilizem a matéria-prima, assim como os materiais reciclados, de forma adequada em processos ultra-eficientes. Portanto as tendências tecnológicas com maior impacto na Manufatura Avançada focam tecnologias que vão desde o fabrico aditivo até à criação virtual de produtos. Em particular este tópico centra-se nas seguintes tendências tecnológicas [26, 27]:

- Fabrico aditivo

- Soldadura e revestimentos
- Produção e simulação digital
- Criação virtual de produtos
- Sistemas de produção mais eficientes
- Equipamentos e processos mais eficientes

#### 4.1.1 Tendências tecnológicas emergentes

##### 4.1.1.1 Sistemas avançados de automação

O conceito de automação impõe-se cada vez mais ao nível dos processos nas empresas preocupadas em melhorar a sua produtividade, reduzindo ao mesmo tempo os custos, atuando no sistema organizativo da empresa e o seu sistema produtivo. A automação industrial é uma tecnologia relacionada com a aplicação de sistemas eletrónicos e mecânicos. Neste sentido, a automação é o uso de “controlo de sistemas” (por exemplo: comando numérico – CNC, controladores lógicos programáveis - PLC, informática - CAD, CAM, CAx) para controlar máquinas e equipamentos industriais, assim como os processos, reduzindo a necessidade de intervenção humana.

Nos próximos anos os sistemas de automação tornar-se-ão visíveis na maioria dos domínios de aplicação. Por exemplo na gestão do conhecimento (captação e reutilização do conhecimento), nomeadamente através de uma integração adequada entre o *design* de produto e engenharia de sistemas de produção. Existe também um potencial para a adoção generalizada de arquiteturas orientadas a serviços de engenharia de sistemas. Os sistemas de automação também têm vindo a atuar de forma ativa para dar resposta as exigências de segurança dos locais de trabalho, que são cada vez maiores, assim como assumir algumas das tarefas manuais.

##### 4.1.1.2 Integração digital

A integração digital de computadores, sensores, *softwares* e controladores deu origem a *Computer-Integrated Manufacturing* (CIM), onde os computadores controlar todo o processo de produção.

As questões fundamentais identificadas, que devem ser ultrapassadas, na integração digital, estão relacionadas com, por exemplo: a não uniformização de mensagens e protocolos entre dispositivos; estruturas/bases de dados pouco robustas para consulta e armazenamento de elevado volume de dados; dificuldades na gestão das redes *wireless* dentro fábricas e noutras instalações (para permitir a comunicação entre dispositivos), etc.

As tendências nesta área passam pelo *redesign* de produtos, da cadeia de produção e dos processos de controlo da fábrica, que serão impulsionados por sistemas inteligentes e de alta-fidelidade para a simulação de processos. A inteligência artificial será muito usada para controlo de processos industriais e gestão e planeamento do trabalho.

#### 4.1.1.3 Novos materiais com propriedades otimizadas

No que respeita ao desenvolvimento de produtos, atualmente existe uma vasta lista de novos materiais desenvolvidos com nanotecnologia nomeadamente: superfícies com revestimentos antimicrobianos para equipamentos médicos, embalagens de armazenamento de alimentos mais seguro, janelas fáceis de limpar que exigem menos detergentes (reduzindo assim a poluição); revestimentos anti risco e antifogo, superfícies que resistem à corrosão, têxteis técnicos, materiais com melhores propriedades de isolamento para reduzir a dispersão do calor de casas e escritórios durante o inverno, etc. Os materiais biocompatíveis são cada vez mais representativos e utilizados para vários fins na área da medicina.

O desenvolvimento de novos materiais tende a ser uma consequência da procura de produtos e materiais específicos de elevado desempenho para suprir necessidades específicas, por exemplo para equipamentos desportivos, Fórmula 1, aeroespacial, etc. O desenvolvimento de novos materiais tende a ser seguido pela indústria. Esta será capaz de produzir a um custo mais reduzido, na medida em que os materiais serão produzidos a uma maior escala e terão aplicações mais amplas, como por exemplo a fibra de carbono, que é utilizada na indústria aeronáutica e automóvel, para o fabrico de capacetes, no setor têxtil e do calçado, etc.

Ao longo das próximas décadas, é provável que a “desmaterialização da produção” (fazer mais com menos) continue a vingar. Neste contexto as preocupações ambientais e de eficiência de recursos irão promover a utilização de materiais e produtos mais eficientes (utilizam menos recursos) e que sejam facilmente recicláveis, ou seja, mais sustentáveis. Os materiais multifuncionais são uma tendência clara e contribuem para o aumento da eficiência do uso de recursos.

#### 4.1.1.4 Modelação e simulação

A modelação e a simulação tem um papel cada vez mais importante, na medida em que durante a fase de desenvolvimento de um produto (por exemplo equipamento), esse pode ser sujeito a simulações e eventualmente otimizado. Neste sentido, os *softwares* de modelação CAD permitem que os produtores de bens de equipamento possam, por exemplo, otimizar a estrutura de uma máquina com recurso a módulos CAE de otimização topológica, o que poderá permitir reduzir a quantidade de aço ou de outros materiais utilizados.

Atualmente os *softwares* para modelação e simulação são ferramentas universais ou altamente especializados. Nos próximos anos os principais pacotes de *software* comercial darão uma resposta à maioria das aplicações. As interfaces tendem a tornar-se mais *user-friendly*. No concerne aos custos, estes vão continuar a diminuir, seja no que diz respeito às soluções de modelação e simulação

propriamente ditas, seja ao nível das tecnologias que integram. Isto permitirá, por exemplo, a implementação e larga difusão da "realidade virtual".

A principal tendência da modelação e simulação será no desenvolvimento de modelos de materiais mais complexos, permitindo, não só uma melhor utilização dos materiais, mas também o desenvolvimento de novos materiais customizados para aplicações específicas. As tendências indicam que um *software* integrado CAD-CFD-FEA (*Computer-aided design - Computational fluid Dynamics - Finite Element Analysis*) tornar-se-á numa ferramenta padrão para um engenheiro ou designer.

#### 4.1.1.5 Disponibilidade de matéria-prima para produção

A disponibilidade de matérias-primas foi e sempre será uma questão estratégica para a indústria de transformação e manufatura. A forma de prospeção e obtenção das matérias-primas tem vindo a sofrer evoluções contínuas, permitindo desta forma a descoberta de novas fontes de matérias-primas em todo o mundo. Atualmente são utilizados novos métodos que permitem explorar minas encerradas, para obter matérias-primas com elevado valor. Os aterros também já são explorados para a extração de metano [28].

O *Design* para o desmantelamento (*Design for disassembly*) e *Design* para reutilização (*Design for reuse*) de materiais tende a tornar-se cada vez mais importante, especialmente nos setores automóvel e da construção (habitações e edifícios).

#### 4.1.1.6 Interface homem-máquina

Os *softwares* muitas vezes facilitam a introdução dos dados pelos utilizadores. Os sistemas atuais incluem *software* e *hardware* que permitem aos operadores monitorizar e controlar o estado de um processo, modificar as configurações de controlo e permitem também cancelar manualmente as operações de controlo automático em caso de uma emergência. Centros de controlo envolvem salas dedicadas com monitores que indicam o estado do sistema. Neste contexto o "*Big Data Visualization*" torna-se num tema relevante uma vez que os sistemas a controlar são cada vez mais complexos. Outras tecnologias serão utilizadas nomeadamente: a) tecnologia de exibição flexível, b) realidade aumentada (incluindo monitores de lentes de contato, c) de controlo de voz, d) controlo com gestos (incluindo movimentos de cabeça e dos olhos), e) mesas e painéis de exibição de informação "*multi-touch*".

#### 4.1.2 Tendências tecnológicas com maior impacto no Fabrico Avançado

##### 4.1.2.1 Fabrico aditivo

Atualmente ainda existem uma série de dificuldades que necessitam de ser ultrapassadas para que o fabrico aditivo seja uma tecnologia viável para a produção em grande escala. No entanto, o fabrico aditivo é adequado para a produção de pequenas séries, peças pequenas, produtos de alto valor e produtos com geometria complexa.

O fabrico aditivo de alta precisão aumenta a eficiência de recursos, uma vez que a peça é produzida por camadas, de baixo para cima, ao invés de começar com grandes blocos de material e remover o que não é necessário. Outra vantagem associada a este tipo de tecnologia prende-se com a minimização/redução do recurso a ferramentas personalizadas e dispendiosas para fabricação de peças (necessárias em tecnologias de produção subtrativas) [27].

##### 4.1.2.2 Soldadura e revestimentos

As tendências associadas aos métodos e técnicas de revestimento passam pelo desenvolvimento de sistemas de liberação mais rápida e mais precisa. As tecnologias de revestimento, até à data, davam prioridade à aparência, à durabilidade, aos custos, às propriedades mecânicas e aos requisitos legais. Apesar destes fatores ainda serem muito importantes no desenvolvimento de um novo revestimento, as mais recentes técnicas permitem desenvolver revestimentos para nichos especiais e com propriedades inovadoras (autolimpeza, super-flexibilidade, revestimentos condutores, etc.). A nanotecnologia terá um papel importante no desenvolvimento de uma série de novos materiais que possam surgir das tecnologias de revestimento do futuro, como as superfícies bioativas ou os revestimentos super-hidrofóbicos. As tendências tecnológicas de soldadura e revestimento têm evoluído, ao longo dos últimos anos, em termos de capacidade, de redução de custos e de facilidade de utilização mas sem nenhuma revolução. Porém, algumas novas tendências na produção de bens (e equipamentos) vêm colocar novas exigências às tecnologias de soldadura e revestimento. Os drivers incluem preocupações ambientais, por exemplo, desde logo na conceção de produtos para a reutilização e na reciclagem no final da vida útil, que irá requerer soldaduras e revestimentos de fácil desmantelamento e remoção, com o mínimo de desperdício.

A situação atual, dos métodos de soldadura e revestimento expõe vários desafios e que se relacionam com:

- a) Sustentabilidade ambiental (redução das emissões de CO<sub>2</sub>, eliminação de resíduos e desmantelamento e reciclagem);
- b) Aumento do consumo de energia e materiais;

- c) Investigação e desenvolvimento contínuo dos materiais e sua soldabilidade, modelação, *design* de estruturas leves, análise estrutural e aumento da vida útil das estruturas;
- d) Integração da tecnologia da informação para a gestão do conhecimento e armazenamento de dados/informação e comunicação.

#### 4.1.2.3 Produção e simulação digital

As tecnologias de produção digitais tendem a aumentar significativamente nos próximos anos. A tendência dos sistemas digitais passa por controlar e identificar o que está a ser produzido e não onde está a ser produzido.

A integração de sistemas de produção –que vão desde a gestão de topo até ao chão de fábrica e que contemplam as diferentes fase do ciclo de vida do produto, nomeadamente desde a fase de projeto até a fase de controlo de qualidade, auxiliado por *software* CAD, planeamento de recursos (ERP) e de gestão do ciclo de vida do produto (PLM – *Product Lifecycle management*)–, é cada vez mais uma necessidade premente para a generalidade da indústria transformadora (não só para os setores utilizadores, mas também para a fileira das tecnologias de produção). A integração holística dos sistemas permitem tornar os processos mais ágeis, assim como gerir os recursos, a eficiência e a qualidade dos sistemas de produção [29].

#### 4.1.2.4 Criação Virtual de Produtos

Os sistemas de criação virtual de produtos tornar-se-ão cada vez mais capazes de representar todos os aspetos de um produto e analisar o seu desempenho ao longo de todo seu ciclo de vida. As interfaces tendem a tornar-se mais intuitivas e a afastar-se dos modelos tradicionais ecrã de computador/rato e mais perto da realidade virtual, por exemplo, uma experiência imersiva em 3D. Está a ser operada atualmente uma verdadeira revolução no que respeita a sistemas de realidade aumentada em que as soluções tecnológicas poderão não passar por meras projeções de indicações e figuras em óculos (como o exemplo de certo modo dececionante dos “Google Glass”), mas antes por projeções holográficas muito mais ricas em termos de potencial de aplicação em soluções industriais e profissionais multissetoriais (saúde, desenvolvimento e produção de equipamentos, etc.)<sup>6</sup>. Os resultados das análises também tornar-se-ão mais fáceis de interpretar. Os sistemas tendem a tornar-se mais automatizados, abrindo o caminho para envolver mais os técnicos e os operadores.

---

<sup>6</sup> Microsoft HoloLens. <http://www.cnet.com/news/microsoft-hololens-explained-how-it-works-and-why-its-different>

#### 4.1.2.5 Sistemas de produção mais eficientes

Apesar da maioria dos sistemas produção existentes permanecerem operacionais durante décadas, estes ainda podem ser significativamente melhorados em termos de sustentabilidade (com foco nas pessoas, planeta e lucro). Não existe um percurso único para tal melhoria, existem várias abordagens que podem ser aplicadas. Por exemplo, o uso de matérias-primas alternativas, mudanças/alterações aos equipamentos e as alterações ao nível do *design* dos sistemas podem permitir alcançar melhorias significativas. A passagem de um sistema de produção discreto para processo contínuo permite melhorar drasticamente a eficiência energética e de recursos do processo.

No contexto da utilização eficiente dos recursos são necessários avanços no sentido da intensificação dos processos, o que levará a diminuição substancial do tamanho dos equipamentos/capacidade de produção, do consumo de energia e de recursos, ou da produção de resíduos, resultando em tecnologias sustentáveis, mais económicas. Estes avanços inovadores geralmente podem ser divididos em duas áreas principais:

- Equipamentos de intensificação do processo, por exemplo novos reatores e fornos, equipamentos de mistura intensiva, dispositivos de transferência de calor e de transferência de massa;
- Métodos de intensificação do processo, como a transferência de calor ou mudanças de fase, técnicas que utilizam fontes alternativas de energia, e novos métodos de controlo do processo.

Metodologias de *design* e de engenharia de sistemas, tais como modelação de processos, simulação e controlo são essenciais para otimizar os processos. Além disso, é crucial permitir a transferência e replicação de tecnologias avançadas de um processo para uma ampla gama de diferentes unidades de produção industrial.

A modelação e simulação de processos com base na ecoeficiência é fundamental para apoiar a tomada de decisão no sentido de aumentar a sustentabilidade dos processos. Todas as abordagens de simulação e controle têm de ser testadas e validadas em condições de trabalho reais, bem como cumprir as normas e os padrões de qualidade, sendo este um requisito básico para a implementação industrial de abordagens inovadoras de avaliação e melhoria dos processos.

Os sistemas de medição atuais apenas respondem a uma parte das necessidades de monitorização global dos sistemas de produção, parâmetros, tais como: energia, temperatura, pressão, etc., podem ser medidos, mas no entanto estes podem não ser os parâmetros mais importantes para avaliar quer a qualidade do produto, quer a eficiência ou desempenho do sistema de produção. A monitorização global do sistema de produção irá contribuir significativamente para aumentar a eficiência energética e dos recursos.

O *Roadmap* do SPIRE - Sustainable Process Industry through Resource and energy Efficiency [30], também foca algumas destas tendências atuais no âmbito da eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção, nomeadamente os aspetos relacionados com sistemas de produção, mas também com equipamentos e processos mais eficientes.

#### **4.1.2.6 Equipamentos e processos mais eficientes**

Uma abordagem integrada focada na inovação dos equipamentos tem por base tecnologias inovadoras, que utilizam novas matérias-primas, e menor consumo de energia. Melhorias a este nível podem contribuir de forma significativa para o aumento global da eficiência (por exemplo, redução de materiais de origem fóssil) e uma redução das emissões, resíduos, consumo de energia e águas residuais, bem como uma redução dos impactes ambientais. A integração sistemática das melhores tecnologias e práticas nas pequenas, médias ou grandes fábricas é essencial para a melhorias da eficiência dos sistemas de produção.

Neste contexto a tendência passa pela introdução e implementação de tecnologias que sejam mais rápidas, com ciclos mais curtos, mais flexíveis, modulares, mais seguros e mais económicos mas com rendimentos mais elevados. Neste sentido os sistemas de produção modulares, compatíveis e flexíveis (compreendendo equipamento de controle de processo e a plataforma de produção) podem desempenhar um papel decisivo, quando se trata de introduzir, de forma rápida, novos produtos no mercado, bem como para a rápida integração de tecnologias inovadoras e mais sustentáveis numa linha de produção altamente competitiva.

## 5 Oportunidades no âmbito da eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção

Existe um número crescente de tecnologias, sistemas de monitorização, controlo de processos e sistemas de gestão. Isso abre possibilidades para aumentar a eficiência e eficácia em todos os tipos de áreas. Desde que bem enquadrados e capazes de seguir as diretivas e legislação compatível com o desenvolvimento sustentável, os novos desenvolvimentos tecnológicos são vistos como positivos para o ambiente, porque eles permitem que os futuros processos (e o seus equipamentos) possam ser mais eficientes. Contudo, algumas aplicações são bastante intensivas no consumo de energia ou por fazerem uso intensivo de metais de terras raras e outros recursos naturais.

### 5.1 Oportunidades para implementar metodologias, ferramentas e boas práticas de eficiência energética e ambiental

A monitorização e controlo de processos pode fornecer suporte, para otimizar o desempenho e consumo de recursos ao nível das máquinas, da fábrica assim como ao nível da cadeia de valor. Surge portanto a oportunidade de desenvolver sistemas de monitorização e controlo que permitam desligar seletivamente sistemas e componentes, utilizando sensores de rede inteligentes e ferramentas e *softwares* de gestão de energia. Devem igualmente ser desenvolvidos dispositivos de monitorização e tecnologias capazes de monitorizar e consumo e a eficiência de consumo dos recursos no processo [31].

A redução do consumo de recursos não deve ser limitada a energia, deve incluir os diferentes recursos como a água e qualquer outro recurso material. A otimização do uso de materiais nos processos de produção é uma necessidade crescente. Os métodos e ferramentas de simulação que consideram o consumo de recursos e as emissões têm um papel fundamental para melhorar o desempenho ambiental tanto na fase de conceção como na fase de uso/funcionamento dos sistemas de produção e equipamentos. No entanto surge a necessidade de desenvolver e implementar metodologias e ferramentas que visam apoiar à decisão, no que respeita a redução do consumo de recursos e à análise dos mesmos.

A utilização de resíduos como um recurso (como o calor, energia e matéria-prima), dentro do processo de produção também deve ser considerado como uma medida que contribui para o aumento da eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção. Ainda assim, é necessário otimizar e estimular as trocas físicas de materiais, energia, água, e/ou de subprodutos entre as indústrias (tradicionalmente separadas/isoladas) [31]. Em suma surge a oportunidade para as

empresas de engenharia e consultoria para a indústria, criar e implementar as estratégias e metodologias adequadas às necessidades das empresas da fileira das tecnologias de produção portuguesa (empresas que desenvolvam produtos e serviços para a indústria transformadora, nomeadamente fabricantes de máquinas e equipamentos, integradores de sistema) de modo a tirar partido da simbiose industrial (aproveitar os desperdícios, por exemplo os resíduos, calor/frio, etc.). Em última instância estimular a eficiência da fileira das tecnologias de produção, tornando-a mais competitiva.

## 5.2 Oportunidades para o desenvolvimento de bens de equipamento com integração de tecnologias e metodologias para eficiência energética e ambiental

As máquinas-ferramentas híbridas que incorporem simultaneamente capacidades de fabrico subtrativo e aditivo podem bem representar o passo seguinte para o desenvolvimento desta indústria.

Existem dois componentes-chave a considerar: as tecnologias e os materiais a serem utilizados ou especificamente desenvolvidos para fabrico aditivo. Na verdade, enquanto até alguns anos atrás o fabrico aditivo foi focado principalmente na criação de protótipos. Atualmente as aplicações estão agora a evoluir para a produção em massa personalizada, e especificamente nos segmentos aeroespacial, automóvel, defesa, saúde e produtos de consumo. As oportunidades da fabricação aditiva estão, nomeadamente, na flexibilidade de *design* e na customização em massa, a sustentabilidade de processos e desenvolvimento de produto mais rapidamente, enquanto os desafios estão nomeadamente relacionados com a proteção da propriedade intelectual, normas de certificação, as aplicações de produção em massa, questões regulatórias e, atualmente, pela escalabilidade limitada<sup>7</sup>.

O fabrico aditivo de alta precisão contribuirá para o aumento da eficiência de recursos. Todavia há uma variedade de questões que estão a atrasar o uso em larga escala desta tecnologia, a particularmente as relacionadas com:

- Velocidade – o processo de fabrico aditivo é muito lento quando comparado com os processos convencionais

---

<sup>7</sup> CECIMO Magazine - New era, greater role: Machine tools play their role in tackling societal challenges - Fall 2014 Issue #9.

- Repetibilidade – o processo de adição de material, nas máquinas de fabrico aditivo, é pouco previsível, portanto para torna esta tecnologia viável é necessário melhorar a repetibilidade do processo
- Falta de informação dos materiais - há pouca informação sobre as propriedades dos materiais e o seu comportamento, quanto utilizados nos processo de fabrico aditivo, porque esses processos ainda estão em fase de maturação quando comparado com os processos convencionais
- A falta de engenheiros/*designers* treinados - uma das grandes vantagens do fabrico aditivo é a produção de peças com geometrias complexas. No entanto, há falta de *designers* para explorar esta tecnologia, assim como de engenheiros e técnicos formados para otimizar os processos e executá-los
- *Softwares* de *Design* – os *softwares* CAD que existem atualmente funcionam bem para as peças feitas por processos convencionais. No entanto, os *softwares* CAD atuais não funcionam tão bem para peças de geometrias complexas (por exemplo, texturas de superfície) que podem ser feitas por fabrico aditivo. Existem também problemas com otimização das geometrias e com a representação dos materiais
- Modelos de Negócios – o fabrico aditivo permite a produção de peças únicas/personalizadas e permite produzir peças remotamente. Surge então a necessidade das empresas criarem modelos de negócio muito diferentes de modo a explorar esta tecnologia
- Integração dos sistemas eletromecânica - Apesar do funcionamento desta tecnologia ter por base a adição de camadas, permite também a integração de mecanismos/dispositivos de sectorização, e deteção (elementos de controle). Esta integração necessita de novos paradigmas de *design*, simulação e fabricação.

As dificuldades acima nomeadas serão superadas, e a tendência desta tecnologia é tornar-se num processo de fabrico tradicional que complementa ou substitui muitos processos existentes. No entanto ainda há um longo caminho a percorrer para produzir peças com vários materiais [26, 27].

O torneamento a seco com recurso a ferramentas de baixo custo é uma técnica de produção lean e com baixo consumo de energia, na medida em que não há necessidade de utilizar lubrificantes de refrigeração. Esta técnica de fabrico elimina o tempo de limpeza assim como o tempo de inatividade da máquina, ou seja é uma técnica de produção mais eficiente do que os sistemas convencionais. Contudo para que esta técnica de produção seja amplamente utilizada é necessário desenvolver quer as máquinas quer as ferramentas adequadas para processamento seco. Surge como

oportunidade para o desenvolvimento de soluções para a eficiência energética e ambiental, para o setor das tecnologias de produção, o desenvolvimento de máquinas e das ferramentas adequadas para processamento seco.

Os sistemas de criação virtual de produtos também enfrentam uma série de desafios, que se traduzem em oportunidades, que devem ser abordados pela fileira, nomeadamente lacunas relacionadas com:

- Interface com o utilizador – há uma certa tensão entre dar aos utilizadores acesso à crescente gama de funções dos sistemas de criação virtual de produtos e manter a interface simples e intuitiva. A solução deste problema terá de juntar tanto a psicologia como a ciência da computação.
- Projeto Concetual – os sistemas de criação virtual de produtos devem apoiar mais o utilizador na criação e manipulação da geometria durante fase do conceito. Poderão ser necessárias novas técnicas de modelação, por exemplo modelagem tátil, e provavelmente novas formas de armazenar os dados em 3D.
- Acesso do cliente – se uma parte (ou a totalidade) das tarefas de criação do produto serão realizadas pelos clientes e/ou utilizadores sem experiência, os sistemas atuais de criação virtual do produto não são adequados. São necessários sistemas altamente intuitivos que permitem aos utilizadores "brincar" com a geometria, enquanto a análise (processamento de números) é realizada automaticamente em segundo plano para garantir a viabilidade e segurança do produto.
- Análise do ciclo de vida – os sistemas de criação virtual e de análise devem permitir analisar os aspetos da fase de uso e fim de vida do produto [27].

Nos domínios da robótica e da automação ainda existem desafios a superar relacionados com o *design*, nomeadamente para reduzir a massa dos equipamentos e simultaneamente aumentar a carga útil (*payload*) e capacidade de manipulação. Será necessário investigação nesta área para otimizar as estruturas, utilizar materiais mais leves e robustos, assim como sistemas de energia mais leves e duradouros. Existem ainda alguns problemas relacionados com a precisão posicional e com os sistemas de medição e feedback em tempo real que carecem de maior nível de desenvolvimento.

No âmbito da produção sustentável, identificou-se as lacunas, que surgem como oportunidades para o desenvolvimento de tecnologias para a eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção[27]:

- Novas fontes de energia com foco na energia fotovoltaica de baixo custo e alta eficiência;
- Energia térmica (proveniente de concentradores solares térmicos) para fornecer calor aos sistemas de produção;
- Conversão de resíduos/desperdícios em energia (*Waste-to-energy*)
- Novas tecnologias de armazenamento de energia – baterias e condensadores mais eficientes e de elevada capacidade para armazenamento de energia;
- Aproveitamento das perdas de energia

Um dos maiores desafios da indústria transformadora é dar resposta a encomendas não previstas, em que os produtos devem ser entregues rapidamente. Neste sentido os sistemas de produção flexíveis (FMS – *Flexible manufacturing systems*), surge como uma oportunidade, para colmatar esta necessidade, na medida em que os sistemas flexíveis podem produzir vários produtos num mesmo sistema. Estes sistemas são compostos por equipamentos CNC (*Computer Numerical Control*) e outros sistemas de automação programáveis com capacidade de realizarem várias funções. No entanto devido á menor adaptação das ferramentas ao componente a produzir os custos por peça são mais elevados [26].

Os avanços tecnológicos são refletidos em vários domínios. Todavia os quatro domínios seguintes, em particular as TIC, a mecatrónica, a escassez de recursos naturais e as fábricas do futuro, são de tamanha importância para colmatar algumas lacunas, portanto o desenvolvimento e implementação deste domínios surgem como oportunidades para a eficiência energética e ambiental.

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) é um domínio que envolve toda a tecnologia envolvida no armazenamento, processamento e troca de informações. A TIC é amplamente utilizada para comunicação, mobilidade, deteção, inteligência artificial, *Big Data*, etc. Trata-se de uma tecnologia que contribui para o desenvolvimento de outras tecnologias, incluindo equipamentos mecatrónicos, nanotecnologia e biotecnologia[22].

A mecatrónica é um domínio tecnológico multidisciplinar que visa a otimização de sistemas mecânicos e sistemas de controlo. Aplicações mecatrónicas incluem o desenvolvimento de robôs e

sistemas de produção automatizados capazes de realizar um número crescente de tarefas e assumir o trabalho de seres humanos. No sentido de colmatar algumas lacunas relacionadas com a eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção, urge a necessidade de desenvolver sistemas mecatrónicos que estimulem a otimização do consumo de recursos e energia, assim como a qualidade. Os sistemas mecatrónicos são também uma necessidade no sentido de acelerar a implementação de processos de produção inteligentes.

A escassez de recursos naturais e as flutuações de preços de matérias-primas, por exemplo, estão a causar um aumento na procura de matérias-primas alternativas, produtos sustentáveis e métodos de produção e distribuição de baixo custo. Isso requer tecnologia nova e cada vez mais eficientes. Portanto surge a necessidade de desenvolver tecnologias que pode contribuir para soluções e ambientais, que são cada vez mais complexas, tais como as alterações climática e a crescente escassez de recursos naturais [22].

A adoção de abordagens do tipo “fábricas do futuro” são uma das necessidades, quer para manter a competitividade das empresas quer para aumentar a eficiência dos sistemas de produção. Na medida em que as fábrica do futuro visam dar um novo rumo à indústria, através do uso de novas técnicas de produção, integração de sistemas de conhecimento inteligentes, automação e robotização e implementação de novos processos de produção. No âmbito das fábricas do futuro os processos de produção inteligentes podem conduzir a novas economias de escala na indústria, que podem resultar em ganhos de produtividade, no entanto podem levar ao aumento do consumo global de recursos e de energia, eliminando desta forma os ganhos em termos de eficiência previstos inicialmente. De modo a colmatar esta lacuna é necessário avaliar a eficiência global dos processos de produção inteligentes e avaliar os impactes ambientais inerentes a todo ciclo de vida destes sistemas. No que respeita a redução do consumo de energia, matérias-primas e recursos, as novas tecnologias podem ter um papel importante, no entanto as novas tecnologias de produção são cada vez mais dependentes, em alguns casos, materiais raros que não estão prontamente disponíveis e, portanto, também urge a necessidade de desenvolver tecnologias assim como máquinas-ferramentas recorrendo ao uso de novos materiais [22].

### 5.3 Notas complementares <sup>8</sup>

O Roadmap Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção, comissionado pela PRODUTECH à SPI-Sociedade Portuguesa de Inovação, e datado de 2013, teve como objetivo identificar caminhos críticos e prioridades tecnológicas e assim constituir-se como referencial de suporte ao ajustamento das estratégias de I&D às necessidades reais dos setores utilizadores. Para o efeito, partiu do desenvolvimento de Roadmaps setoriais, em nove setores utilizadores, para a identificação de necessidades e tendências de mercado. A resposta a estas necessidades traduzem requisitos que se impõem sobre a oferta da fileira da fileira, implicando o desenvolvimento de novos produtos, soluções e sistemas, e conseqüentemente uma atuação ao nível das tecnologias (ver figura 7).

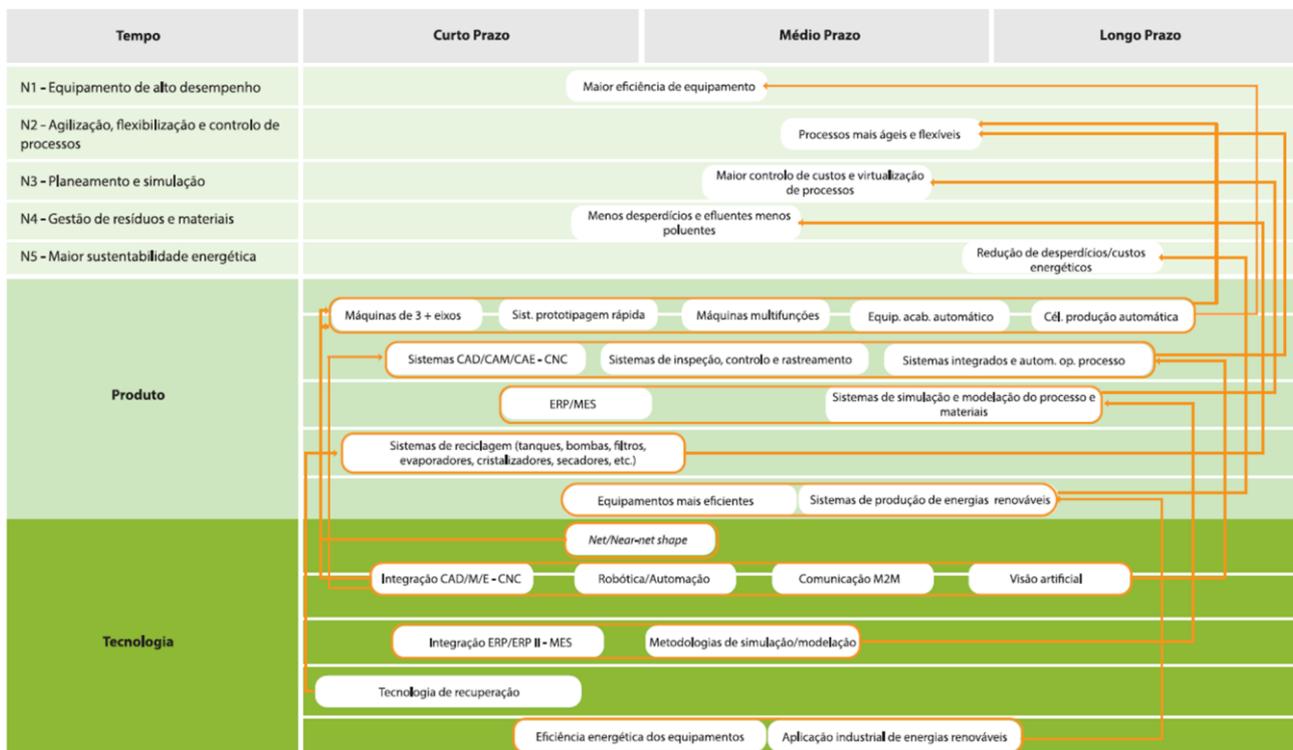


Figura 7- Roadmap síntese da Fileira das Tecnologias de Produção [2013, SPI]

Observando o Roadmap síntese da Fileira das Tecnologias de produção, claramente se atesta a relevância dos domínios relacionados com a eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção e validade e complementaridade com as oportunidades anteriormente identificadas.

Paralelamente, permite ainda indiciar linhas e áreas de investigação futuras relacionadas (Tabela 1).

<sup>8</sup> Relatório Final "Elaboração de um Roadmap Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção", Agosto de 2013

Tabela 1 - Áreas de investigação e desenvolvimento tecnológico da fileira das tecnologias de produção

Tecnologia	Áreas de Investigação
Aplicação industrial de energias renováveis	Energia solar concentrada Energia fotovoltaica Energia solar térmica Bombas de calor
Comunicação M2M	Protocolos e mecanismos de networking
Eficiência energética dos equipamentos	Aplicações de controlo intensivo com automação integrada Capacidade de recuperação, recolha e captação de energia dos equipamentos Adaptabilidade e auto-adaptabilidade do equipamento a diferentes requisitos de processo
Integração CAD/M/E – CNC	Desenvolvimento continuado da linguagem STEP-NC
Metodologias de simulação/modelação	Modelação e simulação de processos de fabrico Modelação inteligente de maior capacidade preditiva Simulação integrada em chão-de-fábrica Interfaces de utilizador avançadas
Net/near-net shape	Técnicas de fabrico aditivo (ALM) Transferência de técnicas para uso em materiais avançados
Robótica/automação	Automação cooperativa inteligente Interação humano-robot Medição de KPI, monitorização de sistemas e controlo de qualidade Máquinas de produção inteligente
Tecnologias de recuperação	Filtros de membranas Biorreatores de membranas (MBR) Tratamento e desinfeção químicos Desmineralização
Visão artificial	Inspeção automatizada e inteligência artificial Sistemas de visão de alta resolução Interferometria de luz estruturada

As áreas de investigação indicadas constituem-se assim como domínios de intervenção de I&D, de suporte à disponibilização de soluções para a eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção, por parte da fileira de tecnologias de produção.

## 6 Considerações finais

O presente capítulo tem as principais conclusões resultantes do trabalho desenvolvido.

### 6.1 Considerações finais das metodologias, ferramentas e boas práticas de eficiência energética e ambiental

No que concerne às tendências atuais das metodologias, ferramentas e boas práticas de eficiência energética e ambiental para a eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção, estas soluções têm um cariz normativo, legal ou cada vez mais de imposição pelos clientes / mercados de utilização.

As tendências emergentes, relacionadas com a adoção de princípios de Ecodesign, no âmbito das metodologias, ferramentas e boas práticas de eficiência energética e ambiental para a eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção, também podem ser vistas como uma consequência da Diretiva de Ecodesign. Mas por outro lado é de salientar que a adoção de princípios de conceção ecológica traz vantagens competitivas às empresas produtoras de bens de equipamento.

As metodologias, ferramentas e boas práticas focadas na sustentabilidade ambiental e económica/financeira, neste caso através da adoção e implementação de abordagens de avaliação de ecoeficiência e integração de princípios lean para fomentar a sustentabilidade (Lean and Green), surgem como uma tendência emergente natural dada à necessidade das empresas se tornarem mais competitivas, nomeadamente através da redução de desperdícios, que por vezes representam perdas monetárias elevadas. As ferramentas/abordagens metodológicas capazes de apoiar a decisão no sentido de promover a sustentabilidade dos sistemas de produção surgem como uma tendência natural pelo mesmo motivo.

As oportunidades inerentes às abordagens metodológicas para a eficiência nos sistemas de produção, de certa forma surgem como uma consequência das tendências. No sentido em que a necessidade passa por aproveitar os desperdícios (resíduos e calor/frio) de forma a ter sistemas de produção “fechados”. Este conceito carece de materialização e devem ser desenvolvidas no sentido de fomentar e promover a simbiose industrial dentro e fora das fábricas.

### 6.2 Considerações finais do desenvolvimento de bens de equipamento com integração de tecnologias e metodologias para eficiência energética e ambiental

As tendências atuais do desenvolvimento de bens de equipamento com integração de tecnologias e metodologias para eficiência energética e ambiental, passam pela criação de soluções integradas que requerem a produção de objetos físicos, *softwares* ou a sua mistura (“smart objects”), serviços

de valor acrescentado (telemanutenção e suporte avançado à distância), utilização de materiais reciclados e processos ultra-eficientes. Note-se que a próxima geração de produtos (incluindo equipamentos) e tecnologias tende a ser altamente eficiente, em termos energéticos, ambientais e em termos de consumo de recursos.

No âmbito desenvolvimento de bens de equipamento e tecnologias sustentáveis, as tendências tecnológicas visam a integração de novos materiais com diversas propriedades, possibilitando ultrapassar, ou pelo menos amenizar, a questão da disponibilidade de matéria-prima para produção. O desenvolvimento de sistemas de modelação e simulação capazes de dar resposta às necessidades (por exemplo: simulação e modelação de novos materiais; sistemas capazes de modelar e simular peças com geometrias complexas, etc.) são também uma tendência emergente e necessária para desenvolvimento de bens de equipamento e sistemas de produção sustentáveis.

Apesar dos constrangimentos tecnológicos, as tecnologias de fabrico aditivo são uma tendência tecnológica evidente e cada vez mais relevante para a manufatura avançada. A criação virtual de produtos e a interface homem-máquina são também tendências claras e emergentes no âmbito do desenvolvimento sustentável.

No que respeitas às oportunidades, estas centram-se no desenvolvimento de novos equipamentos, seus componentes, soluções e serviços que visem efetivamente aumentar a eficiência dos sistemas de produção e dos equipamentos assim como a sustentabilidade dos mesmos.

### **6.3 Notas Finais**

As várias oportunidades e as áreas de investigação para o desenvolvimento e disponibilização de soluções por parte da fileira de tecnologias de produção passam pela aplicação industrial de energias renováveis, aumento da eficiência energética dos equipamentos, desenvolvimento de metodologias de simulação/modelação, desenvolvimento de tecnologias de recuperação quer de energia e de materiais, operar desenvolvimentos nas tecnologias de visão artificial permitindo a sua vasta implementação e utilização, etc.

As soluções chave-na-mão (apresentadas em anexo) são resultados de projetos I&D+i promovidos por entidades do Polo das Tecnologias de Produção, e em particular dos projetos mobilizadores PRODUTECH PSI e PRODUTECH PTI. Estas soluções focam as diversas metodologias/abordagens e as soluções tecnológicas que surgem como oportunidades para a fileira e ao mesmo tempo visam colmatar as necessidades identificadas pelo Cluster na sua fundação. De notar que estas soluções, particularmente os resultados do projeto mobilizador PRODUTECH PSI, abordam soluções para a eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção e dos bens de equipamento.

## 7 Bibliografia

1. Instituto Português da Qualidade, Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e enquadramento - (ISO 14040:2006), in NP EN ISO 14040:20082008, IPQ: Portugal.
2. World Business Council for Sustainable Development WBCSD: Visão 2050: A nova agenda para as empresas. 2010 ISBN: 978-3-940388-56-8
3. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific UNESCAP: Eco-efficiency: A Practical Path to Sustainable Development. United Nations publication 2007 ISBN: 978-92-1-120525-1
4. Markus Lehnj; Stephan Schmidheiny, and Björn Stigson: Eco-efficiency: creating more value with less impact. World Business Council for Sustainable Development, Geneva 2000 ISBN: 2-940240-17-5
5. Fresner Johannes: Cleaner production as a means for effective environmental management, in: Journal of Cleaner Production. 1998 pp: 171–179.
6. William Altham: Benchmarking to trigger cleaner production in small businesses: drycleaning case study, in: Journal of Cleaner Production. 15 2007 pp: 798-813 DOI: 10.1016/j.jclepro.2006.07.005.
7. R. M. Christie, Environmental aspects of textile dyeing, 2007.
8. Environmental Protection Agency EPA: BAT Guidance Note on Best Available Techniques for the Textile Processing Sector. Environmental Protection Agency 2008 ISBN: 1-84095-283-0
9. Asian Productivity Organization APO: Greening On The Go: A pocket Guide to Green Productivity. Asian Productivity Organization 2005 ISBN: 92-833-70457
10. Marta Lopes; Érica Castanheira, and António Dinis Ferreira: Gestão Ambiental e Economia de Recursos, S.P.d. Inovação, Editor.,Porto 2005 ISBN: 972-8589-52-2
11. Instituto Português da Qualidade IPQ, Sistemas de gestão ambiental - Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização - (ISO 14001:2004), in NP EN ISO 14001:2004 + Emenda 1:20062006, IPQ: Portugal.
12. International Organization for Standardization, Energy management systems — Requirements with guidance for use - (ISO 50001:2011), in ISO 50001:20112011, ISO: Geneva.
13. IPQ, Gestão ambiental - Avaliação do desempenho ambiental - Linhas de orientação - (ISO 14031:1999), in NP EN ISO 14031:20052005, IPQ-Instituto Português da Qualidade: Portugal.
14. Christine Jasch: Environmental performance evaluation and indicators, in: Journal of Cleaner Production. 8 2000 pp: 79-88 DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526\(99\)00235-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526(99)00235-8).
15. Justin J. Keeble; Sophie Topiol, and Simon Berkeley: Using Indicators to Measure Sustainability Performance at a Corporate and Project Level, in: Journal of Business Ethics. 2003 pp: 149–158.
16. Andreas Moller and Stefan Schaltegger: The Sustainability Balanced Scorecard as a Framework for Eco-efficiency Analysis, in: Journal of Industrial Ecology. 9 2005.
17. Rebecca L. Lankey and Paul T. Anastas: Life-Cycle Approaches for Assessing Green Chemistry Technologies, in: Industrial and Engineering Chemistry Research. 2002 pp: 4498-4502.
18. Diretiva 2009/125/EC de 21 Outubro 2009 relativa à criação de um quadro para definir os requisitos de conceção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia, 2009, União Europeia: Jornal Oficial da União Europeia.
19. Ecodesign and product standards. "European Council for an Energy Efficient Economy - ECEEE". Consultado a 15 Abril Ecodesign ErP, 2014 - <http://www.eceee.org/ecodesign>
20. Ma Ga Yang; Paul Hongn, and Sachin B. Modi: Impact of lean manufacturing and environmental management on business performance: An empirical study of manufacturing firms, in: International Journal of Production Economics. 129 2011 pp: 251-261 DOI: 10.1016/j.ijpe.2010.10.017.
21. Fawaz A. Abdulmalek and Jayant Rajgopalb: Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study, in: International Journal of Production Economics. 107 2007 pp: 223-236 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>.
22. Robby Berloznik, et al., Megatrends: far-reaching, but also out of reach? How do megatrends influence the environment in Flanders?, in MIRA Future Outlook Report 20142014.
23. United Nations Industrial Development Organization, Emerging trends in global manufacturing industries, 2013, UNIDO: Vienna, Austria.
24. ISO, 14045:2011 Environmental management - Eco-efficiency assessment of product systems - Principles, requirements and guidelines 2011, ISO-International Organization for Standardization: Geneva.

25. Sajed M. Abukhader: Eco-efficiency in the era of electronic commerce – should ‘Eco-Effectiveness’ approach be adopted?, in: Journal of Cleaner Production. 16 2008 pp: 801-808 DOI: 10.1016/j.jclepro.2007.04.001.
26. Michael Kelly Phill Dickens, John R. Williams. What are the significant trends shaping technology relevant to manufacturing? Future of Manufacturing Project: Evidence Paper 6 October 2013: in.
27. Olivier de Weck, et al.: Trends in Advanced Manufacturing Technology Innovation, in: Production in the Innovation Economy. Version 1.1 2014.
28. Environment Agency, Limiting climate change: Landfill gas, 2013.
29. Manufacturing in 2020 - Envisioning a Future Characterised by Increased - Internationalisation, Collaboration and Complexity, 2008, Capgemini.
30. Pablo Tello and Ron Weerdmeester, SPIRE research and innovation roadmap, 2013.
31. EFFRA - European Factories of the Future Research Association, Factories of the Future 2020 - Factories of the Future Strategic Multi-Annual Roadmap, 2013.

## 8 Anexo – Exemplos de soluções chave-na-mão desenvolvidas recentemente

Neste Anexo são apresentadas as tecnologias e soluções que resultam dos projetos I&D+i promovidos por entidades do Polo das Tecnologias de Produção, e em particular dos projetos mobilizadores PRODUTECH PSI e PRODUTECH PTI.

### 8.1 PRODUTECH-PTI - PPS2 - Ferramentas avançadas para o desenvolvimento de novos produtos, sistemas e serviços

As soluções que advêm desta atividade demonstram as potencialidades dos modernos sistemas de desenvolvimento de produto assistidos por computador (CAD; CAE; PDM; PLM) e fomentam o uso das melhores práticas, ferramentas, tecnologias e metodologias de desenvolvimento de produto.

As soluções e abordagens metodológicas desenvolvidas focam metodologias de avaliação da eficiência de projetos (Project MSM®), e metodologias de desenvolvimento eficiente de produtos (metodologia 0-3D de Design for Manufacturing / Cost). Surge ainda, no âmbito desta atividade, uma aplicação (*software*) capaz de integrar no processo de desenvolvimento de produto as melhores práticas, ferramentas, tecnologias e metodologias analisadas, avaliadas ou desenvolvidas no decorrer do projeto, nomeadamente o *Software* Comercial de Gestão de Projetos, SISTRADE® MyPLANUS, o qual embebe as metodologias e abordagens estudadas / desenvolvidas.



Figura 8 - *Software* comercial de gestão de projetos

### 8.2 PRODUTECH-PTI - PPS2 - Ferramentas de ecodesign e ecoeficiência na conceção e desenvolvimento de equipamentos

As soluções desenvolvidas no âmbito desta atividade visam contribuir para melhorar a ecoeficiência dos bens de equipamento através da plena integração de práticas de EcoDesign no processo de conceção ou revisão de equipamentos.

A redução de custos, através da Integração de ferramentas de LCC – Life Cycle Cost no desenvolvimento de produto também é um resultado da integração de princípios de concepção ecológica.

A implementação das práticas de ecodesign, nas empresas produtoras de bens de equipamentos, permitem a antecipação às medidas reguladoras (EuP) e Declaração Ambiental. Estas práticas também conferem uma vantagem competitiva (papel diferenciador relativamente à concorrência).

As soluções deste PPS são fundamentadas por uma metodologia de Ecodesign e são materializadas no desenvolvimento de equipamentos com menor impacte ambiental e com menos custos de globais de produção do equipamento.

a) Ponte rolante

Vantagens:

- Redução de 46% no consumo de energia;
- Redução de 39% dos impactes ambientais;
- Redução de 31% dos custos de operação do equipamento;
- Integração de um novo sistema de controlo inteligente (redução do consumo de energia)

b) Máquina-ferramenta de corte de materiais macios (p.ex. corte pele)

Vantagens:

- Redução de 30% no consumo de energia;
- Redução de 30% dos impactes ambientais;
- Novo design;
- Desenvolvimento de uma nova mesa de vácuo (redução do consumo de energia).

### **8.3 PRODUTECH-PTI - PPS2 - Metodologias e ferramentas de suporte para a concepção e implementação de equipamentos e sistemas multi-operação (all-in-one machine)**

As soluções implementadas no âmbito deste PPS são consubstanciadas no desenvolvimento de metodologias e ferramentas de suporte à avaliação de sistemas produtivos e à concepção e desenvolvimento de novos conceitos de implementação de células ou de novos equipamentos que reúnam operações tradicionalmente executadas em diversas fases (sistemas multi-operação). As soluções são materializadas pelo desenvolvimento de um equipamento de produção flexível capaz de produzir produtos de vários materiais, geometrias e dimensões numa só etapa e pela criação de unidades de fabrico flexíveis, de modo a aceitar diferentes configurações de produção.

a) Equipamento de processamento de Rolhas e Encapsulamento

Vantagens:

- Eliminar troca de componentes;
- Reduzir o tempo de setup;
- Integrar diferentes tipos de ferramentas;
- Integrar funções de orientação;
- Integrar funções de verificação;
- Integrar funções de capsulamento.



Figura 9 – Sistema flexível de processamento de rolhas

#### b) Equipamento de processamento de Pele

Vantagens:

- Evolução de 2 punções para “revolver” com 8 punções;
- Evolução do acionamento de rotação de punções (com controlo de posição), o que permite o uso de punções de formas triangulares ou polígonos;
- Funções agrupadas em um único acionamento, o que permite o uso de menos componentes e poupanças energéticas.



Figura 10 – Sistema flexível para processamento de Pele

#### **8.4 PRODUTECH-PTI - PPS2 - Ferramentas e aplicações para modelização e simulação de sistemas de produção**

Os resultados desta atividade visam reduzir o grau de dificuldade e tempo necessário para a construção e manutenção de modelos de simulação discreta de sistemas de produção. Esta solução é suportada por uma plataforma simulação. A plataforma de simulação integra: uma biblioteca de componentes e módulos; um módulo de simulação e uma plataforma de realidade virtual.

##### **a) Módulo de simulação**

Este módulo permite pré-configurar os componentes específicos e dos tipos de transformação, movimentação, armazenagem e inspeção.

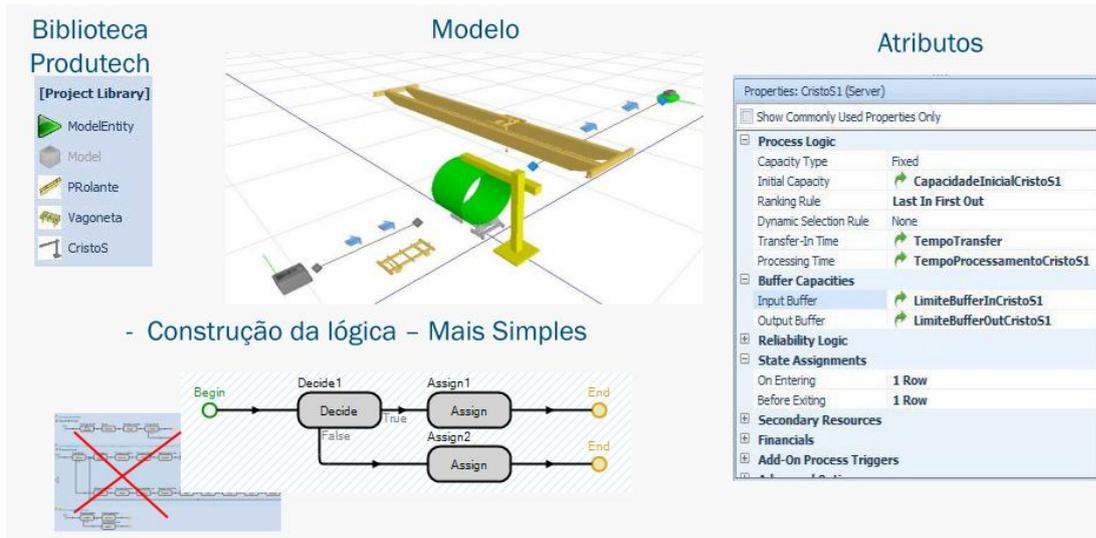


Figura 11 - Abordagem ProdeTech na utilização da ferramenta de simulação

b) Plataforma de realidade virtual

A realidade virtual permite uma interação, num ambiente imersivo, com conteúdos de formação virtual permitindo formar os utilizadores mesmo antes da instalação do sistema físico.

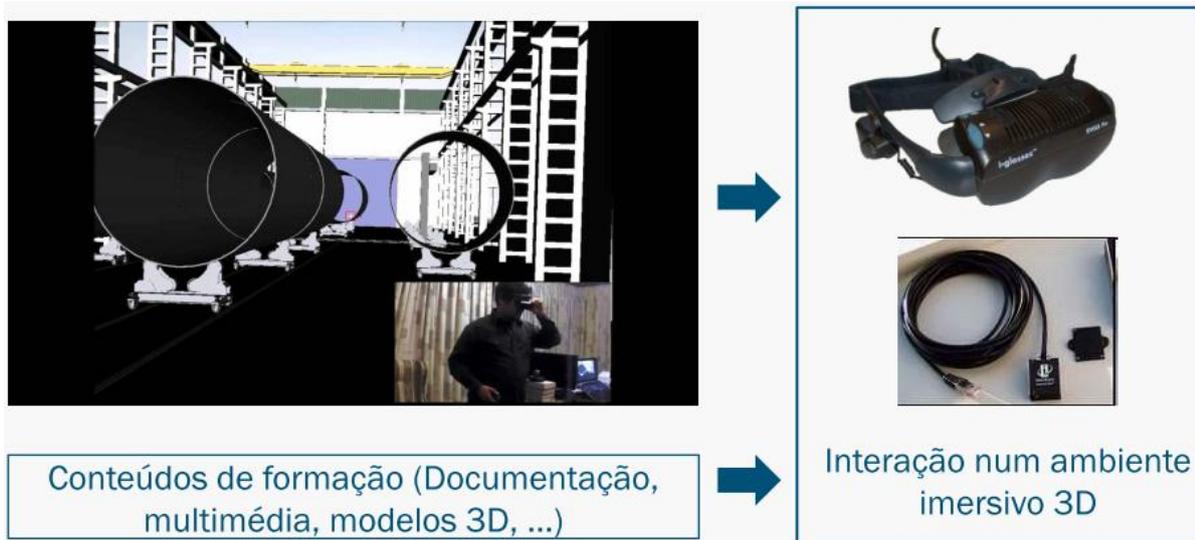


Figura 12 - Plataforma de realidade virtual

## 8.5 PRODUTECH-PSI – PPS1 - Sistemas de produção inteligentes

O objetivo deste PPS visou desenvolver um conjunto de componentes de *software*, a embeber nos equipamentos, aos quais são integradas numa plataforma comum responsável pela gestão da comunicação entre o equipamento e os diferentes componentes e entre estes. Os componentes de *software* fornecem novas funcionalidades aos equipamentos, melhorando a sua autonomia, fiabilidade e disponibilidade.

Este PPS abarcou várias atividades, nomeadamente, relacionadas com o desenvolvimento de uma plataforma comum (ver Figura 13) capaz de comunicar como os módulos de formação interativa, de gestão da manutenção e o módulo de gestão de energia.

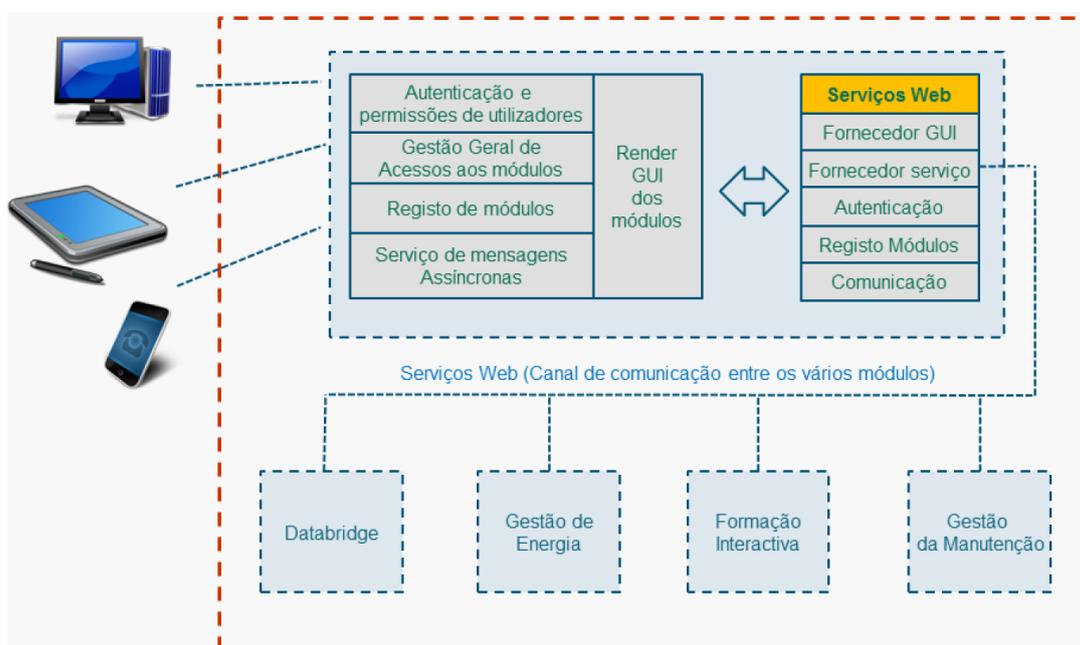


Figura 13 – Plataforma Comum (Visão Geral)

A solução preconizada consiste num sistema modular a embeber nos equipamentos ou exteriores a estes, cujo cerne é constituído por uma “plataforma comum”, responsável pela gestão de comunicações e integração entre equipamento e aplicações (módulos). As aplicações desenvolvidas consistem na formação interactiva, gestão da manutenção e gestão da energia. A arquitetura modular do sistema permite acrescentar, no futuro, novos módulos e adequar o nível requerido de “inteligência” para um dado equipamento.

A incorporação de tecnologias de vanguarda em equipamentos industriais, permitiu uma melhoria significativa no apoio à operação e manutenção dos equipamentos através de formação avançada interactiva e de suporte técnico remoto, uma deteção atempada de avarias e maior facilidade na sua resolução e finalmente uma otimização do consumo de energia dos equipamentos.

## 8.6 PRODUTECH-PSI - PPS2 - Sistemas de produção flexíveis e eficientes

As soluções desenvolvidas neste PPS focam o desenvolvimento de um serviço que visa reduzir a duração das paragens dos equipamentos devido a setup ou troca de ferramentas e definir uma metodologia e ferramentas de suporte à monitorização e gestão da disponibilidade dos sistemas de produção. Enquanto soluções desenvolvidas identificam-se:

- num novo serviço de auditoria dos sistemas de troca de ferramenta e procedimentos de setup;
- metodologias e sistemas para monitorização e gestão da disponibilidade dos sistemas de produção;

e um conjunto de soluções para a redução de tempos de setup nomeadamente corporizadas na utilização e implementação (Guias de Apoio ao operador; Minimizar operações internas; Monitorização do Setup; Procedimento adequado; Boas práticas organizacionais)

Identificam-se algumas destas soluções:

### a) Setup Box

Esta solução, que visa reduzir os tempos de setup, tornando os processos mais eficientes, consiste numa “caixa de ferramentas” específica para realizar o setup de forma eficiente de uma determinada máquina. A setup box é composta por um kit de ferramentas, um manual com o plano de treino e formação e um vídeo da sequência ótima de Setup.



Figura 14 – Setup Box

### b) Boas práticas - 5S

- Normalização e Gestão Visual
- Princípios Kaizen

### c) Tutorial de Apoio Específico para o setor têxtil

- Mudança de Matéria Prima
- Limpeza de Filtros e Lavagem da máquina

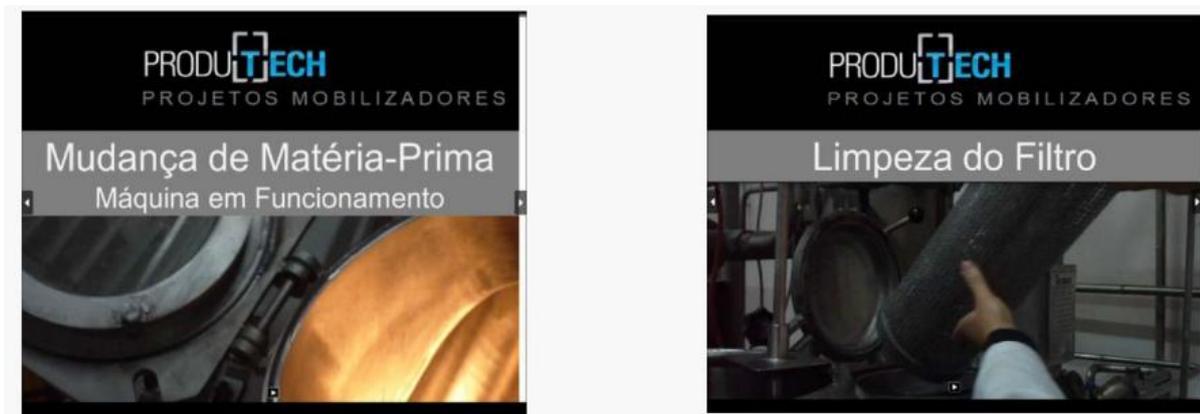


Figura 15 - Tutorial de Apoio Específico para o setor têxtil

d) Troca Automática de Ferramentas

Vantagens:

- Automatizações específicas;
- Solução específica no processo;
- Monitorização do procedimento;
- Standard visual ativo (checklist).

e) Monitorização e tutoria do setup

Vantagens:

- Standard visual e tutorial;
- Sistema de monitorização integrado.

## 8.7 PRODUTECH-PSI – PPS5 [5.1 | 5.3] - Eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção

As soluções desenvolvidas nestas atividades são sustentadas por ferramentas de avaliação de ecoeficiência, que permitem a criação de métricas para avaliar a eficiência energética, otimização do aproveitamento de matérias-primas, redução de desperdícios e gestão ecológica de resíduos.

A solução inovadora consiste numa metodologia que avalia o desempenho de ecoeficiência de sistemas de produção (ecoPROSYS® - Eco-Efficiency Integrated Methodology for Production Systems). Esta solução foi testada em várias unidades piloto. Permitindo a implementação ações de melhoria nas empresas demonstradoras, assim como otimizar e validar a metodologia. Posteriormente a metodologia ecoPROSYS® foi materializada em software por duas empresas dando assim origem aos primeiros softwares portugueses de Ecoeficiência no mercado.

No âmbito destas atividades também foi desenvolvida uma metodologia de avaliação da eficiência agregada de sistemas, Multi-Layer Stream Mapping® - MSM®. A metodologia MSM® permite a agregação da eficiência de diferentes aspetos de gestão de um sistema:

- produtividade / velocidade de um processo (flow)
- gestão de recursos
- gestão de variáveis de operação
- gestão de fluxos, qualidade, etc.
- análise desagregada de custos.

Outras vantagens e potencial da metodologia

- Programação simples de alarmística
- Apoiar na manutenção (preventiva ou corretiva)
- Apoio na identificação simplificada das causas raízes de problemas
- Análises simplificadas de retorno de investimento em melhorias (*payback*)
- Seguimento fácil dos indicadores na linha de produção
- Indutor de cultura de melhoria contínua e foco na redução de desperdício

### 8.7.1 Software ecoPROSYS®

#### a) SISTRADE® ECOManager

Descrição	Tipo	Categoria	Sub-Categoria	Sector	Quantidade	Unidade
Electricidade	Energia	Electricidade	alta-tensão/PT	Sistrade Portugal	1	MWh
Ligas Pratas	Materiais-Primas	Metais	Ligas	Sistrade Turkiye	0,0014	kg
Platina	Materiais-Primas	Metais	Ligas	Sistrade Canada	38-06	kg
Mármora fronte Portugal	Materiais-Primas	Minerais	Materiais Minerais		0,0003	kg
Mármora fronte Rossiya	Materiais-Primas	Minerais	Materiais Minerais		0,0004	kg
Água	Água	Captação de Água	Captação Subterrânea com Tratamento	Sistrade Portugal	0,24	m³

Descrição	Tipo	Categoria	Sub-Categoria	Sector	Quantidade	Unidade
Lubrificantes	Resíduos Sólidos	Incineração	Óleos e Lubrificantes		0,0016	kg
Tranquilizantes	Emissões Gasosas	Emissões Gasosas	Cloroformio (TricloroMetano)		0,0014	mg
Ferro Fundido	Resíduos Sólidos	Aterro	Resíduos de Construção e Demolição	Sistrade Canada	0,0045	kg
Propilactone	Emissões Gasosas	Emissões Gasosas	2-Nitropropano	Sistrade Turkiye	5,0000	mg
Agua Insolúvel	Resíduos Sólidos	Aterro	Resíduos de Construção e Demolição	Sistrade Portugal	5	kg
Vazamento de Mercúrio da Termómet	Efluentes Líquidos	Efluentes Líquidos	Mercurio	Sistrade Turkiye	80	mg

Figura 16 - Software de ecoeficiência - Sistrade

#### b) MICROPROCESSADOR Powergest – ecoPROSYS®

ecoPROSYS®: Eco-Efficiency Integrated Methodology for Production Systems

Simulação:  |  | Sector:  |  |

Produto:  |  |  |

Objectivo:  |

Figura 17 - Software de ecoeficiência - MICROPROCESSADOR

### 8.7.2 Software MSM®

Potencial de aplicação do método MSM® em *software* de gestão de sistemas

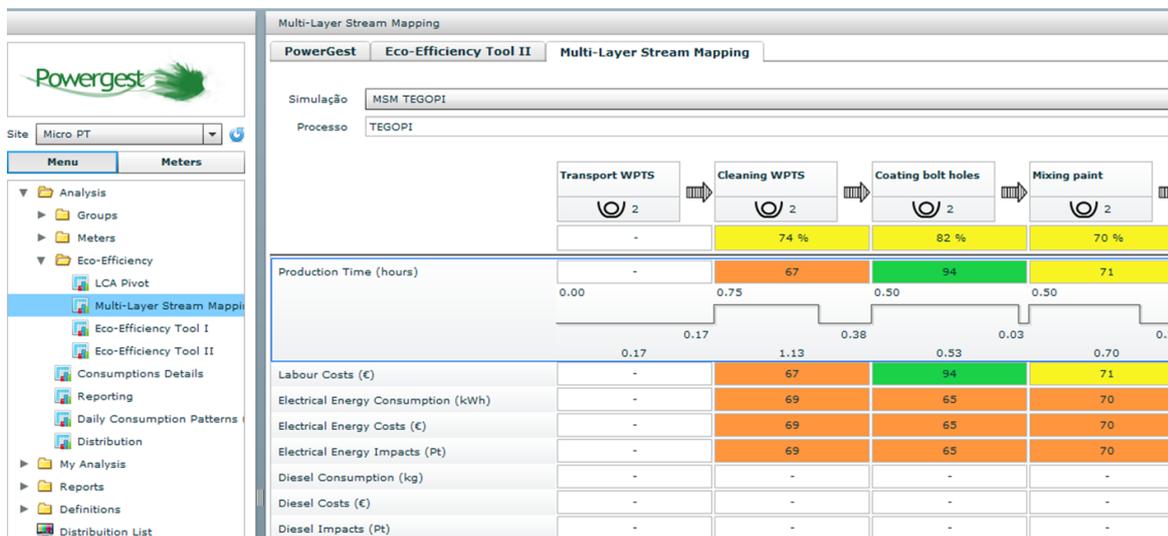


Figura 18 – Software MSM®

### 8.8 PRODUTECH-PSI – PPS5 [5.2|5.3] - Eficiência energética e ambiental dos sistemas de produção

As soluções das atividades PPS 5.2 e 5.3 visam implementação de um sistema de concentração solar-térmica e o respetivo sistema de armazenamento de energia. Com o intuito de racionalizar os consumos energéticos e diminuir as emissões de gases com efeito de estufa e consequentemente aumentar a competitividade das empresas por promoção da ecoeficiência dos processos produtivos.

#### 8.8.1 Projeto de demonstração de integração de energias renováveis nos processos produtivos- concentradores solares térmicos

a) Resultados preliminares

- Instalação Piloto em funcionamento;
- Processo de otimização ainda em curso;
- Poupança económica e diminuição de pegada de Carbono pré-validadas ☑ Aumento da ecoeficiência (Aumento competitividade);
- Necessidade de histórico para confirmar viabilidade económica;
- Futura otimização maximizará a viabilidade económica.

b) Estudos de viabilidade económica

Potencial Produção*		Combustível Substituído	Potencial Poupanças*	
Potência Incidente	1 980 kWh/m2/ano	PROPANO	Consumo Evitado	13 478 kg/ano
Potência Útil	1 287 kWh/m2/ano		Poupanças Económicas	16 618,00

			€/ano
Produção Anual	138 968 kWh/ano		31,5 Ton CO2/ano
		<b>Gás Natural</b>	CO2 evitado
			Consumo Evitado
			Poupanças Económicas
			CO2 evitado
		<b>NAFTA</b>	Consumo Evitado
			Poupanças Económicas
			CO2 evitado
		<b>Gasóleo</b>	Consumo Evitado
			Poupanças Económicas
			CO2 evitado

\* - Considerando 365 dias / ano

Para além das poupanças diretas no consumo de combustível há que se considerar, para efeito de avaliação de TRI:

- Baixo custo manutenção;
- Tendência para diminuir o TRI → Aumento preço dos combustíveis fósseis.



Consumos Atuais

Poupanças

Consumo do sistema	
Consumo Propano no Banho	7 141 Kg/ano
Consumo Propano na Estufa	9 043 kg/ano
Consumo Propano Túnel	16 184 kg/ano
Custo	19 955,00 €/ano

Poupanças Estimadas	
Consumo Propano Evitadas	9 232 Kg/ano
Poupanças Económicas	11 382 €/ano
Emissões CO2 evitadas	31,5 Ton CO2/ano
Diminuição Consumo Propano	70%

Figura 19 - Estudo caso do processo demonstrador (implementação industrial)







**INEGI**  
Campus da FEUP  
Rua Dr. Roberto Frias, 400  
4200-465 Porto  
PORTUGAL

✉ [inegi@inegi.up.pt](mailto:inegi@inegi.up.pt)  
☎ + 351 229578710  
📠 + 351 229537352



driving innovation *since 1986*

[www.inegi.up.pt](http://www.inegi.up.pt)

**U. PORTO**