



Sociedade Portuguesa de Inovação



Atualização de um
Roadmap
Tecnológico para a
Fileira das
Tecnologias de
Produção



Cofinanciado por:



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

Atualização de um *Roadmap* Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção

FICHA TÉCNICA

Atualização de um *Roadmap* Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção

Maio de 2017

Autoria

Sociedade Portuguesa de Inovação

Coordenação Global

Augusto Medina

Equipa Técnica

Ana Brejo, Andreia Ribeiro, André Alvarim, Filipa Pinho, Jorge Malafaia, Mark Spinoglio, Susana Seabra

Sumário executivo

Em 2013, a Associação para as Tecnologias de Produção Sustentável (PRODUTECH) desenvolveu, com o apoio da Sociedade Portuguesa de Inovação (SPI), um *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção nacional. Este *roadmap* perspetivou o desenvolvimento e aplicação das tecnologias de produção para diferentes horizontes temporais e para nove setores industriais utilizadores considerados prioritários no panorama nacional: Calçado; Cerâmica e Vidro; Cortiça; Curtumes; Madeira e Mobiliário; Metalomecânico; Moldes, Ferramentas e Plásticos; Rochas Ornamentais e Industriais; e Têxtil e Vestuário.

A crescente orientação das empresas nacionais para os mercados externos contribui significativamente para o surgimento, de forma contínua, de novas necessidades em termos de tecnologias de produção que permitam dar resposta às oportunidades e tendências do mercado, em constante mutação. Neste contexto, a PRODUTECH decidiu proceder à atualização do *roadmap* produzido em 2013, novamente com o apoio da SPI.

Para a atualização do *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção, foi adotado o modelo de *roadmap* aplicado no desenvolvimento da primeira versão. Este modelo consiste num diagrama com três camadas (“*layers*”), correspondentes às três componentes consideradas de maior importância na elaboração do *roadmap*, designadamente:

- **Mercado** – contém as oportunidades de mercado existentes para as empresas da Fileira;
- **Produto** – apresenta os produtos (i.e. máquinas, equipamentos, *software*) que as empresas da Fileira poderão desenvolver/melhorar com vista a dar resposta às oportunidades identificadas;

- **Tecnologia** – identifica as tecnologias que terão de ser desenvolvidas/melhoradas e que deverão estar na origem dos produtos identificados.

Tal como no desenvolvimento da primeira versão do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção (2013), o seu processo de atualização (2017) continuou a ter por base a utilização de uma abordagem metodológica que assentou na premissa de que as oportunidades de mercado para as empresas da Fileira estão diretamente relacionadas com as necessidades das empresas pertencentes aos nove setores utilizadores de Tecnologias de Produção envolvidos no projeto. Assim, foram atualizados, numa primeira fase, *roadmaps* tecnológicos setoriais, tendo em vista a identificação de denominadores comuns aos nove setores envolvidos (ou a vários destes setores), os quais deram origem à versão atualizada do *roadmap* global para a Fileira. O esquema da Figura 1 mostra a abordagem adotada para a atualização do *roadmap* global. Os aspetos de mercado, produto e tecnologia de interesse específico apenas para um dos setores utilizadores ou para um grupo reduzido desses setores são abordados exclusivamente nos *roadmaps* setoriais.

Para a elaboração dos *roadmaps* setoriais e do *roadmap* global, foi efetuada uma recolha de informação através da interação com diferentes *stakeholders* (designadamente Centros Tecnológicos, entidades dedicadas à I&D e empresas fornecedoras de Tecnologias de Produção e dos setores utilizadores), a qual foi complementada com uma análise de fontes bibliográficas relevantes.

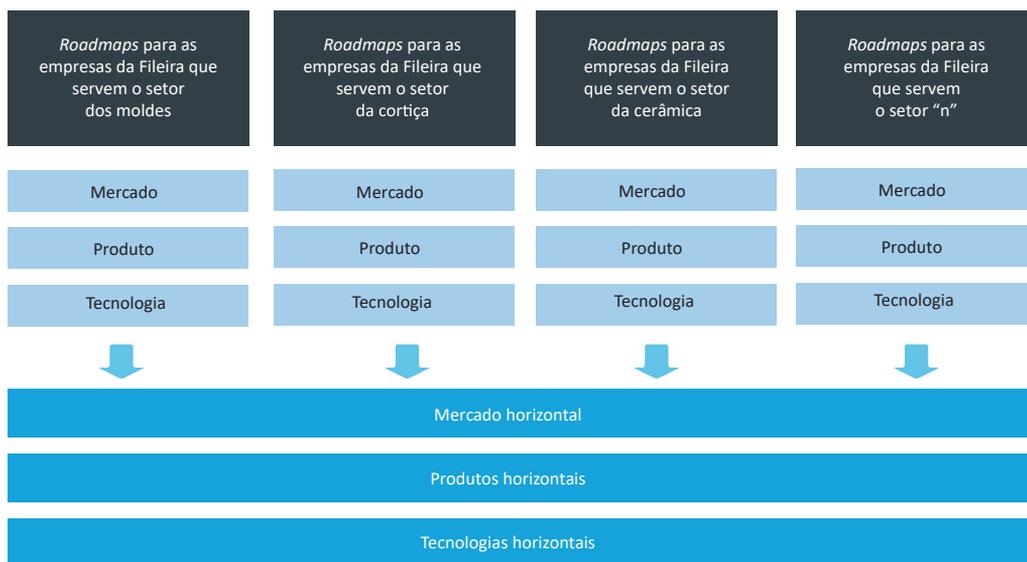


Figura i - Abordagem ao processo de *roadmapping* para obtenção do *roadmap* geral da Fileira das Tecnologias de Produção

Como resultado do trabalho de identificação de denominadores comuns aos vários setores (componentes das camadas horizontais de mercado, produto e tecnologia), foram identificadas as seis necessidades de mercado abaixo apresentadas:

**Necessidade 1 (N1):
Equipamento de alto desempenho**

Necessidade comum a todos os setores, que relataram como prioridade uma melhoria da sua capacidade de inovação, principalmente através da adoção de equipamento novo que permita o fabrico de produtos com maior valor acrescentado;

**Necessidade 2 (N2):
Soluções para a interconetividade de equipamentos/sistemas**

Necessidade transversal à maioria dos setores,

para os quais a carência de uma melhor integração entre as operações de produção deverá ser colmatada através da incorporação de sistemas ciber-físicos que permitam a comunicação inteligente entre equipamentos e sistemas;

**Necessidade 3 (N3):
Agilização, flexibilização e controlo de processos**

Necessidade com aceitação universal, que resulta do facto de muitas indústrias trabalharem com o paradigma das pequenas séries de elementos feitos à medida e, desse modo, requererem sistemas que tornem o processo produtivo mais flexível e melhor controlado;

**Necessidade 4 (N4):
Planeamento e simulação**

Necessidade transversal a todos os setores, que tem também uma forte ligação às duas anteriores e que se prende com a existência

de lacunas ao nível da capacidade para planear de forma mais rigorosa os processos em fábrica e de virtualizar mais esses processos de modo a torná-los economicamente mais eficientes e mais facilmente adaptáveis às necessidades e exigências dos clientes;

Necessidade 5 (N5): Gestão de resíduos e materiais

Necessidade comum a setores que têm operações de grandes consumos de água ou de produção de uma elevada quantidade de subprodutos e resíduos (i.e. Curtumes, Cortiça, Rochas Ornamentais e Industriais, e Têxtil e Vestuário), requerendo a otimização de sistemas de reciclagem para o reaproveitamento de água/materiais e valorização de subprodutos e resíduos;

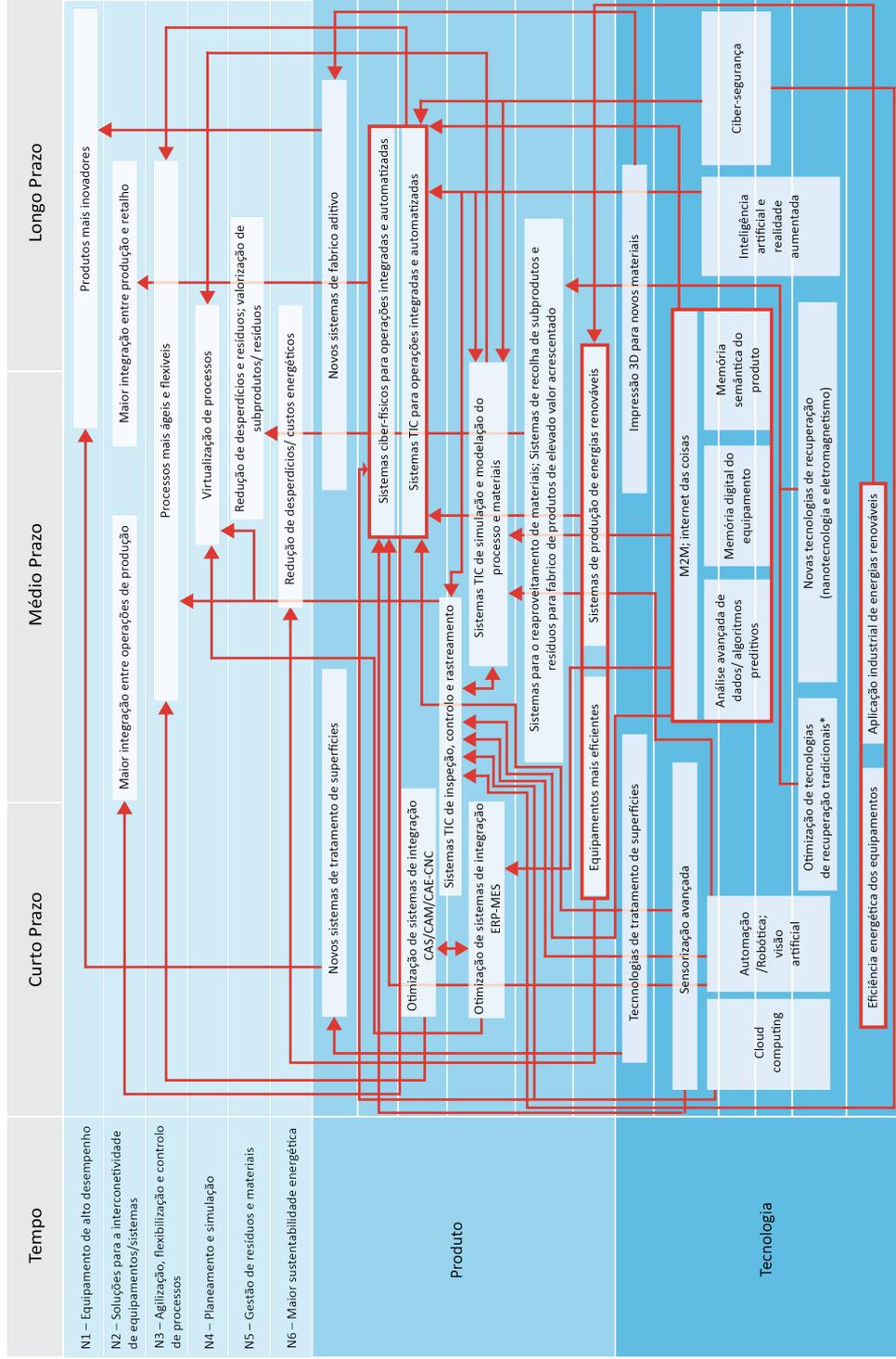
Necessidade 6 (N6): Maior sustentabilidade energética

Necessidade relativamente consensual entre todos os setores (embora não constitua em todos uma prioridade) e que resulta essencialmente do elevado custo da energia a nível nacional.

Adicionalmente, estabeleceu-se uma relação entre as necessidades de mercado supracitados e as exigências de produto detetadas em cada um dos setores envolvidos. Esta atividade resultou num conjunto de produtos, novos e melhorados, para os quais foram, por último, identificadas as tecnologias que deverão estar na sua origem. O principal resultado deste trabalho foi o *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção apresentado na Figura ii.



Atualização de um Roadmap Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção



*Tanques, bombas, filtros, evaporadores, cristalizadores, secadores, etc.

Figura ii - Roadmap tecnológico global da Fileira das Tecnologias de Produção

No sentido de facilitar a interpretação do *roadmap* global para a Fileira das Tecnologias de Produção, foram definidos quatro percursos tecnológicos (i.e. frações do *roadmap* que permitem analisar ligações e interdependências entre a informação que consta nas diferentes camadas; Figura iii), designadamente:



Percurso tecnológico 1

O Percurso Tecnológico 1 surge pela necessidade de tecnologias disruptivas tendo em vista o desenvolvimento de equipamentos novos e melhorados (N1) que garantam o fabrico de produtos inovadores, principalmente ao nível do acabamento;



Percurso tecnológico 2

O Percurso Tecnológico 2 abarca as necessidades N2, N3 e N4, fruto das interdependências que naturalmente existem entre a necessidade de adoção, por parte da indústria transformadora, de sistemas ciber-físicos para a interconetividade de equipamentos/sistemas e a necessidade de integração de tecnologias de informação e comunicação (TIC) para um processo produtivo melhor controlado, mais flexível e melhor planeado;



Percurso tecnológico 3

O Percurso Tecnológico 3 reflete os produtos e tecnologias associados à necessidade de gestão de resíduos e materiais (N5), sendo particularmente relevante em setores com operações que acarretam um grande consumo de água e/ou a produção de uma elevada quantidade de subprodutos e resíduos;



Percurso tecnológico 4

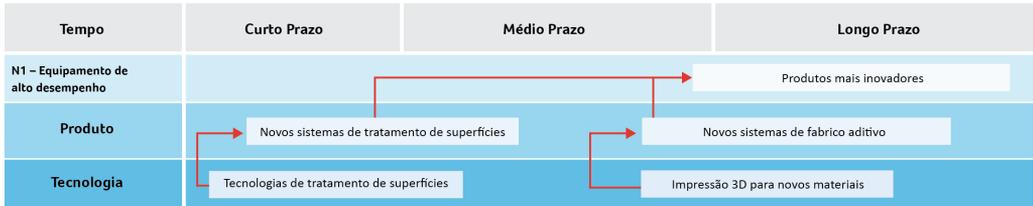
O Percurso Tecnológico 4 diz respeito a questões de aumento de sustentabilidade energética (N6), sendo relevante para a generalidade dos setores utilizadores, em particular aqueles em que se registam custos energéticos muito significativos.

Todos os percursos tecnológicos apresentados para a Fileira das Tecnologias de Produção beneficiam com a mudança revolucionária do processo produtivo no âmbito da Indústria 4.0 em “que os meios de produção estão ligados digitalmente, as cadeias de abastecimento estão integradas e os canais de distribuição são digitalizados” (Amaral L. M., 2016*).

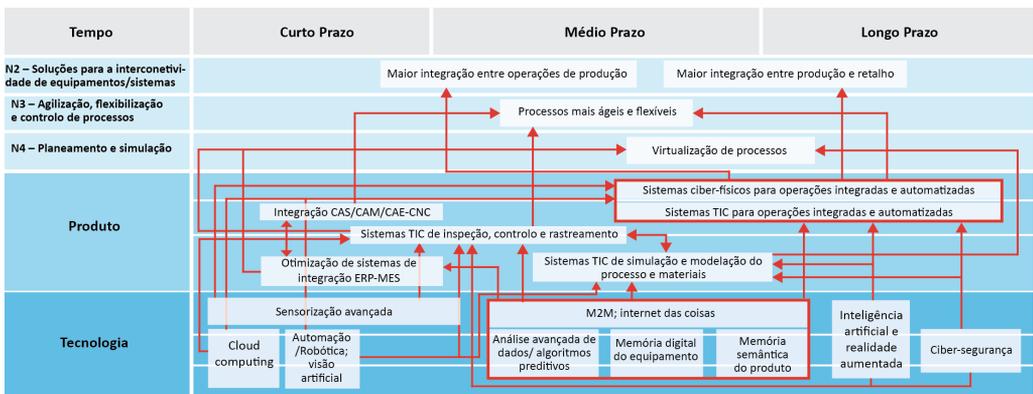
A Indústria 4.0 consiste essencialmente num mosaico tecnológico tendo em vista a integração no processo produtivo de: sistemas avançados de informação; soluções para a conectividade entre sistemas, equipamentos, produtos e pessoas; e sistemas avançados de produção.

* Amaral L. M., Debate "O Conceito de Reindustrialização, Indústria 4.0 e a Política Industrial para o século XXI: o caso português" no âmbito do Ciclo de Debates da Confederação Empresarial de Portugal 2016, Braga, 11 de Maio 2016: http://cip.org.pt/wp-content/uploads/2016/05/2016-05-11_BRAGA_LMAmaral.pdf

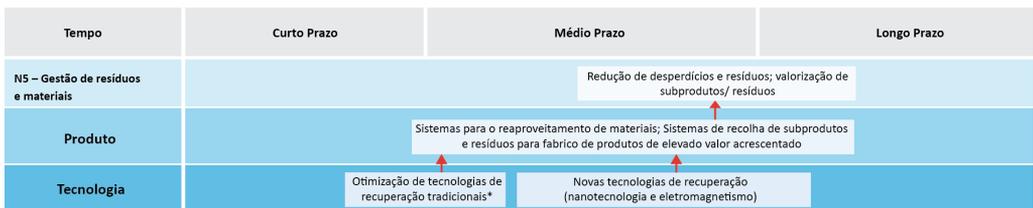
Percurso tecnológico 1



Percurso tecnológico 2



Percurso tecnológico 3



Percurso tecnológico 4



Figura iii - Percursos Tecnológicos do *Roadmap* global

Tabela i - Tecnologias no âmbito da Indústria 4.0*

Categoria tecnológica	Tecnologias no âmbito da Indústria 4.0
Sistemas avançados de informação	<ul style="list-style-type: none"> • Infraestrutura digital; • Inteligência artificial e algoritmos preditivos; • Análise avançada de dados; • <i>Cloud computing</i>; • Cibersegurança.
Soluções para a conectividade entre sistemas, equipamentos, produtos e pessoas	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores avançados e internet das coisas; • Operação remota; • Realidade aumentada; • Máquinas inteligentes; • Sistemas ciber-físicos.
Sistemas avançados de produção	<ul style="list-style-type: none"> • Produtos e materiais avançados e conectados; • Operações modulares; • Fabrico aditivo; • Robôs autónomos.

*Fonte: Andrez J.S., Seminário: A Região de Lisboa e Vale do Tejo e o País, 10 anos depois do PNPOT – Economia 4.0, Lisboa, 2017.

A Tabela i inclui as tecnologias requeridas para o desenvolvimento e otimização dos sistemas supracitados.

Apesar da indústria utilizadora de Tecnologias de Produção nacional beneficiar com a aplicação de todas as tecnologias no âmbito da Indústria 4.0, existem algumas tecnologias particularmente relevantes, tais como:

I. **Fabrico aditivo**

Requerido para o fabrico de produtos com maior valor acrescentado (no âmbito do percurso tecnológico 1);

II. **Sistemas ciber-físicos para gestão do ciclo de vida do produto e interconetividade de equipamentos/sistemas**

Necessários para um processo produtivo melhor integrado, mais flexível e melhor planeado (no âmbito do percurso tecnológico 2);

III. **Cibersegurança**

Já que a acumulação exponencial de informação na realidade virtual (*cloud*) devido à comunicação inteligente e sem fios entre equipamentos e produtos TIC torna o processo produtivo mais permeável a ataques cibernéticos (no âmbito do percurso tecnológico 2).

As tecnologias identificadas no *roadmap* deram também origem à definição de várias áreas de investigação e desenvolvimento (I&D) que permitirão o seu avanço. É nestas áreas que se devem desenrolar os projetos de investigação industrial de base que deverão estar no início da cadeia de desenvolvimento dos produtos que respondem às necessidades de mercado diagnosticadas.

As áreas de I&D identificadas estão referenciadas na Tabela ii.

Tabela ii - Áreas tecnológicas de investigação

Tecnologia	Áreas de investigação
Aplicação industrial de energias renováveis	<ul style="list-style-type: none"> • Energia solar concentrada • Energia fotovoltaica • Energia solar térmica • Bombas de calor
Cibersegurança	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de proteção de dados armazenados na <i>cloud</i> • Sistemas de cibersegurança para máquinas inteligentes • Sistemas de cibersegurança para sistemas TIC de planeamento e controlo de produção
Comunicação M2M	<ul style="list-style-type: none"> • Protocolos e mecanismos de <i>networking</i>
Eficiência energética dos equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> • 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
Fabrico aditivo	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de fabrico aditivo • Transferência de técnicas para uso em materiais avançados
Integração CAD/M/E – CNC	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento continuado da linguagem STEP-NC
Integração ERP/ERP II – MES	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de soluções baseadas no standard ISA-95 e na linguagem B2MML
Metodologias de simulação/ modelação	<ul style="list-style-type: none"> • Modelação e simulação de processos de fabrico • Modelação inteligente de maior capacidade preditiva • Simulação integrada em chão-de-fábrica • Interfaces de utilizador avançadas
Robótica/automação/ inteligência artificial	<ul style="list-style-type: none"> • Automação cooperativa inteligente • Interação humano-robot • Medição de KPI, monitorização de sistemas e controlo de qualidade • Máquinas de produção inteligentes

Tecnologia	Áreas de investigação
<i>Semantic service architecture</i> / memória digital	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas ciber-físicos de assistência industrial • Sistemas ciber-físicos para memória semântica de produto* • Sistemas ciber-físicos para <i>retrofitting</i>/ interconectividade de equipamentos antigos**
Tecnologias de recuperação	<ul style="list-style-type: none"> • Filtros de membranas • Biorreatores de membranas • Tratamento e desinfeção químicos • Desmineralização
Visão artificial	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeção automatizada e inteligência artificial • Sistemas de visão de alta resolução • Interferometria de luz estruturada

* Nestes sistemas de memória, também designados por "bilhetes de identidade digitais do produto", estão depositados os dados relativos ao ciclo de vida (product life cycle) de cada produto, indicando os prós e contras de cada variável relativa a todas operações pelas quais o produto passou para o seu fabrico. ** não inteligentes e por isso não preparados para a Indústria 4.0.

Os trabalhos de I&D são normalmente consumidores significativos de recursos humanos e materiais, pelo que é fundamental para a indústria portuguesa de Tecnologias de Produção que estes projetos beneficiem ao máximo dos apoios públicos disponíveis. Entre estes destacam-se:

I. Horizonte 2020 (H2020)

Instrumento chave para a implementação da iniciativa emblemática “União da Inovação” que reúne todo o atual financiamento da Comissão Europeia no domínio da investigação e inovação;

II. Portugal 2020 (P2020)

Instrumento sucessor do QREN que disponibiliza entre 2014 e 2020 apoio financeiro às atividades de I&D das empresas portuguesas;

III. Sistema de Incentivos Fiscais à I&D Empresarial (SIFIDE)

Instrumento que concede incentivos fiscais às atividades de I&D empresarial como forma de apoio às empresas que queiram intensificar os seus investimentos em I&D.

Devido ao surgimento da Indústria 4.0, a Economia Digital passou a ser uma dimensão com forte presença no P2020 consubstanciada na “**Agenda Portugal Digital**”, destacando-se as seguintes tipologias de apoio:

a. Sistema de Apoio à Investigação Científica e Tecnológica (SAICT) e Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico (SI I&DT)

Para o desenvolvimento de soluções inovadoras ao nível das comunicações, *software*, do *cloud computing*, da internet das coisas e do *big data*;

b. SI Inovação Produtiva

Para a implementação de soluções produtivas inovadoras utilizando processos digitais de controlo e sua transferência para as empresas de outros setores;

c. Sistemas de Qualificação e Internacionalização de Pequenas e Médias Empresas (PMEs)

Para a integração das TIC nas várias fases do ciclo de vida das PMEs não produtivas;

d. Vales Indústria I4.0 para PMEs

Para a transformação digital das PMEs através da adoção de tecnologias (como a contratação de sites de comércio electrónico ou *softwares* de gestão fabril a prestadores certificados) que permitem mudanças disruptivas nos modelos de negócio.

Complementando as tipologias de apoio supracitados e ainda no âmbito do Portugal 2020, o Sistema de Apoio a Ações Coletivas (SIACs) para Transferência de Conhecimento Científico e Tecnológico poderá ser aplicado na realização

de projetos que envolvam transferência de tecnologias da Indústria 4.0. Este sistema de apoio visa potenciar a valorização económica dos resultados de I&D produzidos pelo sistema de Investigação e Inovação nacional, promovendo a transferência de conhecimento científico e tecnológico para o setor empresarial.

Uma parte significativa das necessidades dos setores utilizadores poderá ser colmatada pelas empresas fornecedoras de Tecnologias de Produção com base na introdução de melhorias incrementais em tecnologias já existentes. Devem ser, naturalmente, considerados os diferentes ritmos a que os setores utilizadores se movem em termos tecnológicos. Adicionalmente, deve ser também tido em conta que as necessidades dos setores utilizadores variam ao longo do tempo, pelo que o exercício de *roadmapping* deve acompanhar a evolução dessas mesmas necessidades.

Assim, propõe-se, por fim, que continue a ser efetuada uma atualização periódica do *roadmap* tecnológico desenvolvido no âmbito do presente projeto, sugerindo-se, para o efeito, a implementação (com uma periodicidade de 3 anos) da metodologia apresentada na Figura iv.

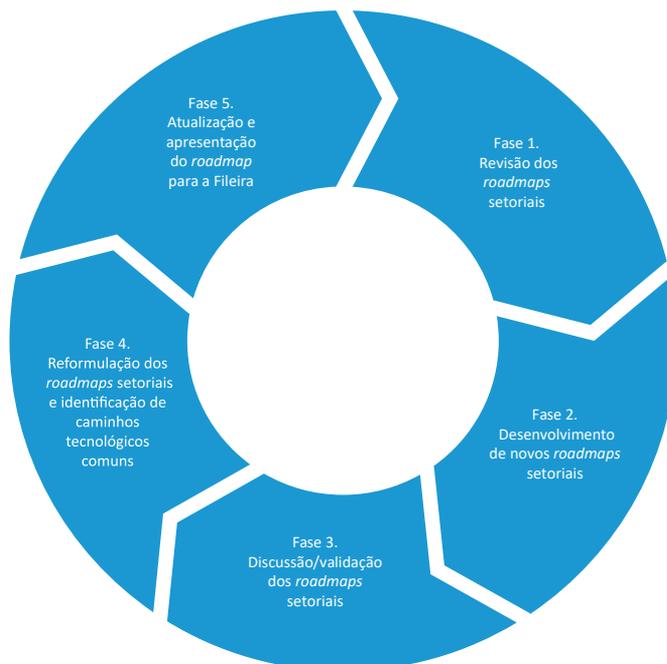


Figura iv - Proposta de metodologia para atualização do *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção

O presente documento visa, tal como previsto no caderno de encargos do projeto, apresentar uma versão atualizada do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção desenvolvido e publicado em 2013.

A implementação da metodologia proposta neste documento deverá ocorrer durante um período de seis meses, permitindo às empresas fornecedoras de Tecnologias de Produção alinhar, de forma frequente, os seus objetivos estratégicos com as necessidades do mercado, contribuindo, desta feita, para o reforço da competitividade do tecido empresarial da Fileira.

Porto, Maio de 2017

A Sociedade Portuguesa de Inovação, S.A.

Agradecimento

Gostaríamos de agradecer a todas as pessoas e entidades que generosamente se disponibilizaram para a discussão de temas relevantes para a elaboração do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção, contribuindo com a sua visão e conhecimento para uma análise multifacetada da realidade e facilitando significativamente a reflexão apresentada no presente documento.

Porto, Maio de 2017

A Sociedade Portuguesa de Inovação, S.A.

Índice

1. Introdução	5
1.1 Enquadramento do Estudo	5
1.2 <i>Roadmaps</i> tecnológicos e a sua utilização na indústria	6
1.3 O modelo de <i>roadmap</i> tecnológico selecionado	7
2. Abordagem metodológica	9
2.1 Abordagem geral	10
2.2 Descrição das atividades desenvolvidas	12
3. Roadmap global para a Fileira das Tecnologias de Produção	17
3.1 Fundamentação do <i>roadmap</i>	18
3.2 Estratégia para a elaboração do <i>roadmap</i> tecnológico global para a Fileira das Tecnologias de Produção	19
3.3 Percursos tecnológicos	37
3.4. Atividades de I&D	49
4. Conclusões e observações	65
5. Recomendações para atualização do <i>roadmap</i>	70
Anexos - <i>Roadmaps</i> setoriais	74

Índice de figuras

Figura 1 - Modelo de <i>roadmap</i> tecnológico utilizado	7
Figura 2 - Sumário das atividades desenvolvidas pela equipa de projeto (2013)	12
Figura 3 - Sumário das atividades desenvolvidas pela equipa de projeto (2017)	15
Figura 4 - Abordagem ao processo de <i>roadmapping</i> para obtenção do <i>roadmap</i> geral da Fileira das Tecnologias de Produção	19
Figura 5 - <i>Roadmap</i> tecnológico global da Fileira das Tecnologias de Produção	28
Figura 6 - Camada “Mercado” do <i>roadmap</i> global	29
Figura 7 - Camada “Produto” do <i>roadmap</i> global	31
Figura 8 - Camada “Tecnologia” do <i>roadmap</i> global	35
Figura 9 - Percurso Tecnológico 1 do <i>roadmap</i> global	37
Figura 10 - Percurso Tecnológico 2 do <i>roadmap</i> global	38
Figura 11 - Integração ERP/MES	41
Figura 12 - Percurso Tecnológico 3 do <i>roadmap</i> global	43
Figura 13 - Percurso Tecnológico 4 do <i>roadmap</i> global	45
Figura 14 - Proposta de metodologia para atualização do <i>roadmap</i> para a Fileira das Tecnologias de Produção	71
Figura 15 - Proposta de cronograma para a implementação da metodologia de atualização do <i>roadmap</i> tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção	73
Figura 16 - <i>Roadmap</i> para o setor do Calçado	76
Figura 17 - <i>Roadmap</i> para o setor da Cerâmica e do Vidro	78
Figura 18 - <i>Roadmap</i> para o setor da Cortiça	81
Figura 19 - <i>Roadmap</i> para o setor dos Curtumes	83
Figura 20 - <i>Roadmap</i> para o setor da Madeira e do Mobiliário	85
Figura 21 - <i>Roadmap</i> para o setor da Metalomecânica	86
Figura 22 - <i>Roadmap</i> para o setor dos Moldes, Ferramentas e Plásticos	87
Figura 23 - <i>Roadmap</i> para o setor das Rochas Ornamentais e Industriais	93
Figura 24 - <i>Roadmap</i> para o setor do Têxtil e Vestuário	95

Índice de tabelas

Tabela 1 - Matriz de necessidades de mercado dos setores utilizadores	21
Tabela 2 - Necessidades de mercado transversais e prioritárias	22
Tabela 3 - Matriz de necessidades de produto	23
Tabela 4 - Necessidades de produto transversais e prioritárias	26
Tabela 5 - Correspondência entre necessidades de mercado e setores utilizadores	27
Tabela 6 - Tecnologias no âmbito da Indústria 4.0	48
Tabela 7 - Principais áreas tecnológicas do <i>roadmap</i> global	49
Tabela 8 - Áreas tecnológicas para atividades de I&D	49

Lista de siglas e acrónimos

ACPMR – Associação Cluster Portugal Mineral Resources

AEFP – Associação Empresarial de Paços de Ferreira

ALM – *Additive Layer Manufacturing*

B2MML – *Business To Manufacturing Markup Language*

CAD – *Computer-aided Design*

CAE – *Computer-aided Engineering*

CAM – *Computer-aided Manufacturing*

CATIM – Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica

CECIMO – *European Association of Machine Tool Industries*

CENTIMFE – Centro Tecnológico da Indústria dos Moldes, Ferramentas e Plásticos

CITEVE – Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário de Portugal

CNC – Controlo Numérico Computacional

CORDIS – *Community Research and Development Information Service*

CTCOR – Centro Tecnológico da Cortiça

CTCP – Centro Tecnológico do Calçado de Portugal

CTCV – Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro

CTIC – Centro Tecnológico das Industrias do Couro

DLF – *Direct Laser Forming*

ECD – *Electron Capture Detector*

EDM – *Electrical Discharge Machining*

EM – *Electromagnetic*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

ERP4IT – *Enterprise Resource Planning for Information Technology*

GC – *Gas Chromatography*

GC-ECD – *Gas chromatography - Electron Capture Detector*

H2020 – Horizonte 2020

HVLP – *High Volume Low Pressure*

I4.0 – Indústria 4.0

I&D – Investigação e Desenvolvimento

ICT – *Information and Communication Technology*

IDI – Investigação, Desenvolvimento e Inovação

INEGI – Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

INESC – Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores

IR – *Infra-red*

KPI – *Key Performance Indicators*

LMD – *Laser Metal Deposition*

M2M – *Machine-to-machine*

MBR – *Membrane Bioreactors*

MEMS – *Microelectromechanical System*

MES – *Manufacturing Execution System*

MRP – *Manufacturing Resource Planning*

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*

NC – *Numerical control*

P2020 – Portugal 2020

PECVD – *Plasma-enhanced chemical vapor deposition*

PMEs – Pequenas e Médias Empresas

PPP – Parceria Público-Privada

PVD – *Physical vapor deposition*

RECET – Associação dos Centros Tecnológicos de Portugal

RFID – *Radio-frequency Identification*

SCFs – *Sistemas ciber-físicos*

SCI – *Science Citation Index*

SCT – Sistema Científico e Tecnológico

STEP-NC – *Standard for the Exchange of Product – Numerical Control*

TCA – Tricloroanisol

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

UV – *Ultra-violet*

1. Introdução



1. Introdução

1.1 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, a Associação para as Tecnologias de Produção Sustentável (PRODUTECH) dinamiza, de forma estruturada, da cooperação entre as empresas da Fileira das Tecnologias de Produção e entre estas e outros atores relevantes, assumindo-se como um parceiro chave no reforço da competitividade internacional da economia portuguesa.

No atual contexto, as empresas, de forma a garantirem a sua competitividade, têm necessidade de recorrer cada vez mais a estudos estratégicos e/ou de natureza prospetiva sobre a evolução e futuro das tecnologias emergentes – i.e. *roadmaps* tecnológicos. Estes estudos permitem às empresas entenderem melhor as tendências de mercado e de desenvolvimento tecnológico, bem como os fluxos de conhecimento, e definirem em conformidade as suas estratégias de desenvolvimento, investimento, inovação e gestão de tecnologia.

Consciente desta realidade, a PRODUTECH, com o apoio da Sociedade Portuguesa de Inovação (SPI), elaborou e publicou um *roadmap* tecnológico para a fileira das Tecnologias de Produção em 2013. Esta primeira versão do *roadmap* perspetivou o desenvolvimento e aplicação das tecnologias de produção para diferentes horizontes temporais e para um conjunto de setores utilizadores: Calçado; Cerâmica e Vidro; Cortiça; Curtumes; Madeira e Mobiliário; Metalomecânico; Moldes, Ferramentas e Plásticos; Rochas Ornamentais e Industriais; e Têxtil e Vestuário.

Neste momento, a PRODUTECH pretende proce-

der à atualização do *roadmap* produzido em 2013, elaborando uma segunda versão do *roadmap* tecnológico já publicado. Tal como no estudo que permitiu a elaboração da primeira versão do *roadmap* tecnológico, o estudo que permitirá a sua atualização continuará a conter informação útil para destinatários com perfis distintos, designadamente:

- **Empresas da Fileira das Tecnologias de Produção** – estas empresas terão no *roadmap* uma importante fonte de informação para complementarem a sua estratégia de desenvolvimento de produto, desenvolvimento tecnológico e de investimento em Investigação, Desenvolvimento e Inovação (IDI), bem como para construir novas competências ou reforçarem as já existentes, nomeadamente através da constituição de potenciais parcerias;
- **Empresas dos setores utilizadores** – graças à informação que consta do *roadmap*, estas empresas poderão ver garantida a satisfação das suas necessidades tecnológicas e de inovação, podendo seguir as tendências de desenvolvimento identificadas para os setores em que atuam. Para o desenvolvimento das tecnologias consideradas prioritárias (e adequadas às suas necessidades específicas), estas empresas terão a possibilidade de colaborar estreitamente com as empresas da Fileira das Tecnologias de Produção, no sentido de adquirirem vantagens competitivas;
- **Entidades do Sistema Científico e Tecnológico (SCT)** – estas entidades (que incluem Universidades, Institutos Politécnicos e Centros Tecnológicos, entre outros) poderão extrair do *roadmap* informação sobre as necessidades tecnológicas, de inovação e de competências

apresentadas pelas empresas, potenciando assim a criação de uma oferta formativa mais adequada às reais necessidades do mercado, bem como o desenvolvimento de novos projetos de IDI em parceria, com claros benefícios para ambas as partes.

Tendo em conta a sua natureza e missão, bem como o suporte dado no desenvolvimento do primeiro *roadmap* em 2013, a SPI apoiou a PRODUTECH na atualização do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção.

O presente documento visa, tal como previsto no caderno de encargos do projeto, apresentar uma segunda versão do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção. Para além do presente capítulo introdutório, que inclui um enquadramento do projeto, uma exposição de conceitos teóricos sobre *roadmaps* tecnológicos e sua utilização na indústria, assim como a proposta de modelo de *roadmap* selecionada, o presente documento contém ainda:

- uma descrição da metodologia utilizada para o desenvolvimento dos trabalhos, com indicação da tipologia das entidades envolvidas, fontes utilizadas e atividades desenvolvidas;
- uma apresentação e descrição do *roadmap* tecnológico para a Fileira;
- as principais conclusões do trabalho desenvolvido;
- um conjunto de recomendações para a atualização do *roadmap*;
- anexo com os *roadmaps* setoriais desenvolvidos.

1.2 Roadmaps tecnológicos e a sua utilização na indústria

Globalmente, as empresas enfrentam um número crescente de dificuldades e desafios: os produtos tornam-se cada vez mais complexos e customizados, o seu *time-to-market* decresce rapidamente, o seu ciclo de vida diminui, os custos de investimento aumentam e a concorrência é cada vez mais intensa. Estes obstáculos exigem que as empresas adquiram um conhecimento cada vez maior e mais especializado do seu setor e do seu mercado. Um melhor planeamento tecnológico contribui eficazmente para que tal aconteça. Frequentemente, este planeamento materializa-se na elaboração de *roadmaps* tecnológicos.

Um *roadmap* tecnológico é um documento estratégico, geralmente apresentado sob a forma de diagrama temporal, que identifica um ou mais caminhos críticos para que uma empresa ou setor atinja objetivos tecnológicos e de mercado. O *roadmap* ajuda uma dada empresa ou setor a orientar os seus recursos para o desenvolvimento de tecnologias e produtos críticos para a consecução dos seus objetivos.

O método de *roadmapping* tecnológico é extensivamente usado a nível industrial. Os primeiros *roadmaps* tecnológicos foram desenvolvidos pela Motorola, há mais de 25 anos, para apoiar o seu planeamento integrado de tecnologia e produção. Desde então, o método tem sido adaptado e usado em variados contextos industriais, destacando-se como outros exemplos relevantes de desenvolvimento de *roadmaps* tecnológicos os seguintes:

a) Grandes empresas multinacionais de base tecnológica – destaca-se, a título de exemplo, o caso da Philips, que utiliza processos de *roadmapping* para planear a integração de tecnologias de produto e processo com vista ao

desenvolvimento de funcionalidades específicas em produtos futuros;

b) Entidades representativas de setores industriais – destacam-se como exemplos significativos a Plataforma Tecnológica Europeia *Manufature* e o seu *Factories of the Future PPP – Strategic Multi-Annual Roadmap* e o *American Iron and Steel Institute* com o seu *Technology Roadmap Research Program for the Steel Industry*;

c) Entidades do SCT – salienta-se, neste contexto, o caso da NASA, que desenvolveu 14 *roadmaps* para as suas diferentes *Space Technology Areas*, as quais vão desde os sistemas de propulsão à nanotecnologia;

d) Entidades públicas – salienta-se, neste âmbito, o Serviço de Correios do Reino Unido, que, através do *Post Office Research Group*, recorreu já à elaboração de *roadmaps* tecnológicos para a disseminação do seu planeamento de Investigação e Desenvolvimento (I&D), para a hierarquização de atividades de investigação e para a identificação de áreas do conhecimento que exigiam reforço de competências.

Embora conceptualmente simples, o *roadmap* tecnológico costuma apresentar desafios consideráveis na fase de elaboração, uma vez que representa o resultado final de um processo

de estratégia e planeamento. Seguidamente é apresentado o modelo de *roadmap* utilizado no presente projeto.

1.3 O modelo de *roadmap* tecnológico selecionado

Uma das razões que justifica a complexidade de elaborar *roadmaps* tecnológicos é a variedade de modelos possíveis para a sua configuração. De facto, o desenvolvimento de um *roadmap* tecnológico para uma empresa ou setor requer normalmente um elevado grau de customização, de modo a maximizar a sua utilidade para a empresa ou setor em causa, adequando-se perfeitamente às suas necessidades e realidades.

Deste modo, torna-se difícil identificar um modelo estandardizado que possa ser aplicado à Fileira das Tecnologias de Produção, especialmente considerando os resultados esperados para este trabalho: para além de um *roadmap* relativo a toda a Fileira, são ainda apresentados nove *roadmaps* distintos, refletindo a relação das tecnologias de produção com os nove setores utilizadores dessas tecnologias considerados neste trabalho.

Seguidamente é apresentado o modelo de *roadmap* utilizado neste trabalho, que foi considerado particularmente adequado pela equipa de projeto.

Tempo	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
Mercado			
Produto			
Tecnologia			

Figura 1 - Modelo de *roadmap* tecnológico utilizado

O modelo apresentado na Figura 1 inclui três camadas (“*layers*”) correspondentes às três componentes consideradas de maior importância na elaboração do *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção – Mercado, Produto e Tecnologia.

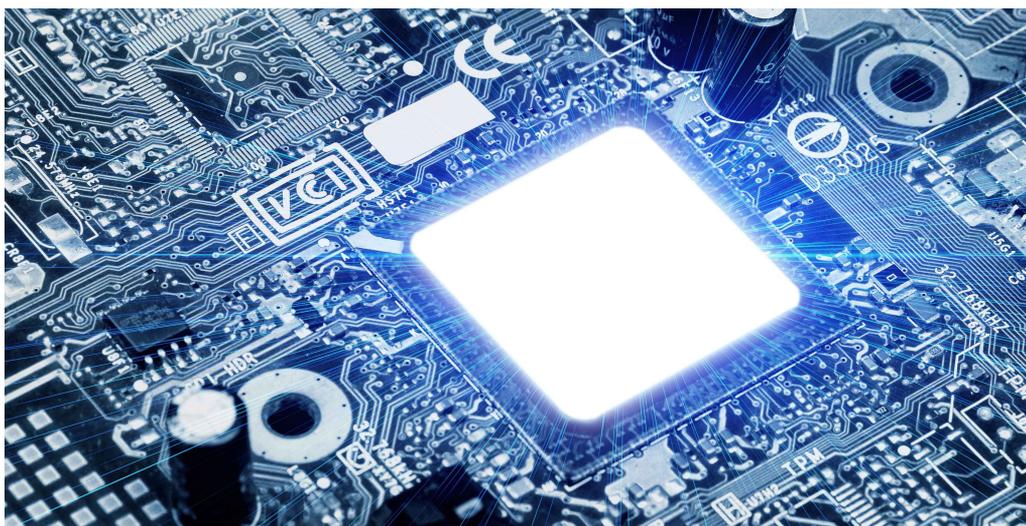
Para cada componente são identificados vários *milestones*, que correspondem a diferentes tipos de objetivos, metas e ocorrências e que possuem dependências entre si (representadas através de setas intercamadas), partindo das atividades mais a montante na cadeia de valor (i.e. Tecnologia) e acabando nas mais a jusante (i.e. Mercado). Os referidos *milestones* inserem-se nas diferentes camadas da seguinte forma:

- **Mercado** – correspondem às oportunidades de mercado existentes para as empresas da Fileira das Tecnologias de Produção, as quais resultam, por sua vez, da identificação de necessidades ao nível dos nove setores utilizadores em causa;

- **Produto** – correspondem a produtos (i.e. máquinas, equipamentos, *software*) que as empresas da Fileira poderão desenvolver/melhorar com vista a dar resposta às oportunidades identificadas na camada Mercado;

- **Tecnologia** – correspondem às tecnologias que deverão estar na origem dos produtos identificados e que terão de ser desenvolvidas/melhoradas para que esses produtos possam dar efetivamente resposta às oportunidades de mercado existentes e ainda às áreas/atividades de I&D que deverão ser desenvolvidas para alcançar os avanços tecnológicos necessários.

Este modelo de *roadmap*, já aplicado na conceção do primeiro *roadmap* tecnológico (2013), está materializado no Capítulo 3 do presente documento, onde é apresentada a versão atualizada do *roadmap* tecnológico (2017).



2. Abordagem metodológica



2. Abordagem metodológica

A abordagem metodológica utilizada para o desenvolvimento do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção baseou-se em dois pilares fundamentais:

- a) Recolha de informação através da interação com *stakeholders*, a qual foi complementada com uma análise de fontes bibliográficas relevantes;
- b) Desenvolvimento de *roadmaps* tecnológicos setoriais, tendo em vista a identificação de percursos tecnológicos (*technology paths*) comuns aos nove setores utilizadores de Tecnologias de Produção envolvidos neste trabalho (ou a vários destes setores).

2.1 Abordagem geral

Nos duas secções seguintes é apresentada informação relativa a cada um dos pilares que estiveram na origem do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção.

2.1.1 Stakeholders e fontes bibliográficas

Para o desenvolvimento dos *roadmaps* setoriais (e, conseqüentemente, do *roadmap* para a Fileira), a equipa de projeto recorreu a duas principais formas de recolha de informação, designadamente interação com *stakeholders* e análise de fontes bibliográficas relevantes.

Interação com *stakeholders*

Seguidamente encontram-se explicitados os tipos de *stakeholders* envolvidos e a sua relevância para o presente projeto:

A. Centros Tecnológicos

De todas as entidades envolvidas no presente projeto, os Centros Tecnológicos são os que possuem o mais amplo conhecimento das necessidades atuais e futuras dos setores utilizadores. Neste contexto, o seu papel revelou-se fundamental, quer na disponibilização de informação para o desenvolvimento das versões preliminares dos *roadmaps* setoriais, quer na apreciação desses *roadmaps*. Importa referir que, no caso específico do Setor da Madeira e Mobiliário, este papel foi desempenhado pela Associação Empresarial de Paços de Ferreira (AEPF, entidade de referência), em virtude de não existir, neste setor, um Centro Tecnológico.

B. Entidades dedicadas à I&D

As entidades dedicadas à I&D possuem um conhecimento profundo acerca das tendências tecnológicas dos vários setores, tendências essas que as próprias ajudam a definir e a alcançar. Assim, a interação com este tipo de entidades revelou-se particularmente útil para a recolha de informação relacionada com a identificação de tecnologias em desenvolvimento e novas tecnologias para o médio e longo prazo nos diferentes setores em causa.

C. Empresas fornecedoras de Tecnologias de Produção e dos setores utilizadores

As empresas nacionais fornecedoras de Tecnologias de Produção conhecem as necessidades dos setores utilizadores (seus clientes). Por este motivo, estas entidades assumiram particular importância na disponibilização de informação sobre a procura, por parte dos setores, em termos de tecnologias de produção e possíveis inovações que deverão ocorrer, especialmente no curto prazo (principal foco de atenção da globalidade das empresas).

Por outro lado, as empresas nacionais utilizadoras de Tecnologias de Produção conhecem bem as suas necessidades específicas no que a esta matéria diz respeito. Assim, a sua intervenção no projeto foi particularmente relevante para a identificação de necessidades e possível evolução das mesmas, especialmente no curto prazo.

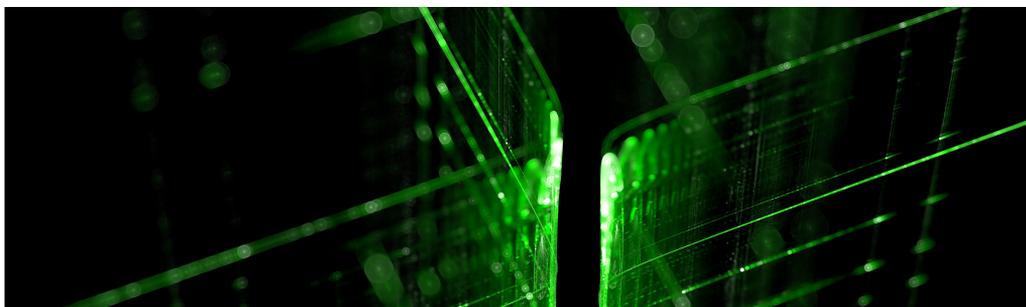
Estas tecnologias poderão vir a revelar-se relevantes para os setores nacionais apenas numa perspetiva de longo prazo, quando as empresas dos referidos setores estiverem em condições de competir diretamente com concorrentes internacionais que, presentemente, dominam e impulsionam essas mesmas tecnologias.

2.1.2 Roadmaps tecnológicos setoriais

À semelhança da conceção do primeiro *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção, o seu processo de atualização teve por base a premissa que definiu a estratégia de abordagem adotada no projeto: as oportunidades de mercado para as empresas da Fileira estão diretamente relacionadas com as necessidades das empresas dos nove setores utilizadores de Tecnologias de Produção envolvidos no projeto.

Neste contexto, o primeiro objetivo passou novamente pelo desenvolvimento de *roadmaps* tecnológicos para os nove setores utilizadores, com vista à identificação de denominadores comuns (i.e. necessidades transversais a vários setores), conducentes à definição dos percursos tecnológicos a incluir no *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção.

Tendo em consideração que o foco do presente projeto passa precisamente pelo desenvolvimento de um *roadmap* para a Fileira baseado na identificação dos referidos denominadores comuns a vários setores, os *roadmaps* setoriais elaborados não pretendem abordar de modo detalhado as necessidades específicas de cada setor, mas sim mostrar os percursos tecnológicos correspondentes às necessidades que se aplicam à generalidade dos setores envolvidos.



2.2 Descrição das atividades desenvolvidas

Nos dois subcapítulos seguintes são descritas as atividades desenvolvidas para a elaboração da primeira (2013 – subcapítulo 2.2.1) e segunda (2017 – subcapítulo 2.2.2) versões do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção.

2.2.1 Desenvolvimento da primeira versão do *roadmap* tecnológico (2013)

O desenvolvimento do primeiro *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção e dos primeiros *roadmaps* setoriais envolveu a realização das atividades apresentadas de forma resumida na Figura 2.

Esta figura ilustra a forma como as interações estabelecidas com os *stakeholders* e a análise de fontes bibliográficas relevantes se inseriram no desenvolvimento dos trabalhos. Estes procedimentos revelaram-se fundamentais para a recolha de *inputs* para a elaboração dos diferentes *roadmaps* setoriais, a partir dos quais foram definidos os percursos tecnológicos (denominadores comuns) a incluir no *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção (objetivo principal do projeto).

Seguidamente são apresentados os principais objetivos específicos das interações realizadas e da análise de fontes bibliográficas, assim como uma descrição das atividades desenvolvidas.

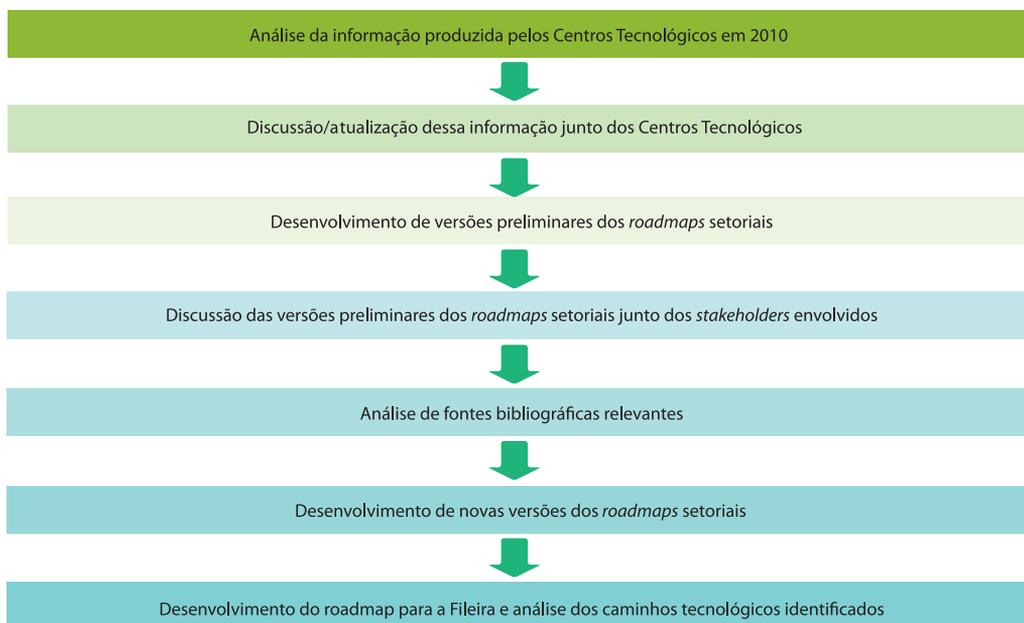


Figura 2 - Sumário das atividades desenvolvidas pela equipa de projeto (2013)

i) Interações com os Centros Tecnológicos

As interações com os Centros Tecnológicos tiveram como principais objetivos específicos:

- **Discutir/atualizar a informação produzida pelos próprios Centros em 2010** – Numa iniciativa promovida pela PRODUTECH, os oito Centros Tecnológicos existentes nos setores envolvidos no presente projeto efetuaram, em 2010, um levantamento das principais áreas de inovação em cada setor, que sistematizaram em relatórios de “Definição das Principais Áreas de Inovação”. No Setor da Madeira e Mobiliário (onde não existe um Centro Tecnológico), este levantamento foi efetuado pela RECET – Associação dos Centros Tecnológicos de Portugal. Como forma de criar uma base para o desenvolvimento dos diferentes *roadmaps* setoriais, a equipa de projeto procedeu à análise desta informação.

Adicionalmente, a equipa de projeto promoveu a interação com estas entidades, a fim de debater, validar e atualizar a referida informação e recolher informação adicional. No caso do Setor da Madeira e Mobiliário, esta interação foi efetuada com a AEPF pelo motivo anteriormente referido.

- **Discutir as versões preliminares dos *roadmaps* setoriais** – Tendo por base a informação recolhida, a equipa de projeto desenvolveu versões preliminares dos *roadmaps* setoriais, de acordo com o modelo apresentado na Figura 1 deste documento. Estas versões foram discutidas com os Centros Tecnológicos (e com a AEPF no caso do Setor da Madeira e Mobiliário), como base para o desenvolvimento de novas versões dos *roadmaps* setoriais, efetivamente ajustadas às realidades de cada setor.

Foram realizadas duas reuniões com cada Centro Tecnológico (e com a AEPF no caso do Setor da Madeira e Mobiliário). É de referir que muitos dos Centros Tecnológicos envolvidos no projeto desempenharam um papel fundamental no apoio à organização de reuniões individuais com empresas fornecedoras e utilizadoras de Tecnologias de Produção e de *workshops* setoriais (ver secção 2.2.3), essenciais para a recolha de *feedback* relativamente aos *roadmaps* setoriais desenvolvidos pela equipa de projeto.

ii) Interações com entidades dedicadas à I&D

As interações com entidades dedicadas à I&D tiveram como principais objetivos específicos:

- **Recolher informação para os *roadmaps* setoriais** – No sentido de recolher informação útil para o desenvolvimento dos *roadmaps* setoriais, designadamente ao nível da identificação de tecnologias em desenvolvimento e novas tecnologias para o médio e longo prazo, nos diferentes setores, foi promovida a interação com entidades dedicadas à I&D;

- **Discutir as versões preliminares dos *roadmaps* setoriais** – Ainda que de uma forma mais genérica do que a adotada com os Centros Tecnológicos (e com a AEPF), as versões preliminares dos *roadmaps* setoriais foram discutidas com entidades dedicadas à I&D, a fim de recolher contributos para o desenvolvimento de novas versões ajustadas às realidades de cada setor;

- **Recolher informação para o *roadmap* da Fileira das Tecnologias de Produção** – O contributo das entidades dedicadas à I&D permitiu também recolher informação relevante para a definição/validação dos caminhos tecnológicos definidos no *roadmap* para a Fileira.

Foram realizadas **duas reuniões** com duas entidades reputadas a nível nacional: INEGI – Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial; e INESC Porto – Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto.

iii) Interações com empresas fornecedoras e utilizadoras de Tecnologias de Produção

As interações com empresas fornecedoras e utilizadoras de Tecnologias de Produção tiveram como principais objetivos específicos:

- **Recolher informação para os roadmaps setoriais** – A este nível, a equipa de projeto procurou recolher elementos mais relacionados com a procura de tecnologias de produção e possíveis inovações que deverão ocorrer (informação das empresas fornecedoras) e com as necessidades das empresas dos setores utilizadores em termos de tecnologias de produção (informação das empresas utilizadoras);

- **Discutir as versões preliminares de roadmaps setoriais** – À semelhança do que aconteceu nas interações com as entidades dedicadas à I&D, a equipa de projeto discutiu, ainda que de forma mais genérica, as versões preliminares dos *roadmaps* setoriais desenvolvidos pela equipa de projeto.

Em ambos os casos (e como seria de esperar), a informação fornecida centrou-se essencialmente numa perspetiva de curto prazo, visto ser este o principal foco de preocupação da globalidade das empresas.

Foram assim promovidos dois tipos de interações, designadamente:

A. *Workshops* setoriais

A equipa de projeto solicitou o apoio dos Centros Tecnológicos (e da AEPF) para garantir a divulgação dos *workshops* junto de um número alargado de empresas e impulsionar seu o nível de interesse e participação.

Na sequência do diálogo com os Centros Tecnológicos e com a AEPF foi decidida a realização de cinco *workshops* relativos aos setores Metalomecânico; Madeira e Mobiliário; Cortiça; Curtumes; e Têxtil e Vestuário. Nestes *workshops*, que tiveram uma duração aproximada de 3h, foi efetuada a apresentação e discussão, junto das entidades participantes, das versões preliminares dos *roadmaps* setoriais e foram recolhidos *inputs* essenciais para a sua reformulação.

B. Reuniões individuais

Foram promovidas dez reuniões individuais com empresas fornecedoras e/ou utilizadoras de Tecnologias de Produção que atuam nos/para os vários setores em causa.

Estas interações permitiram, de alguma forma, compensar a não realização de *workshops* em alguns setores (Calçado; Moldes, Ferramentas e Plásticos; Rochas Ornamentais e Industriais; Cerâmica e Vidro), assim como obter (relativamente a estes e aos restantes setores) informação útil para o desenvolvimento dos *roadmaps* setoriais, abrindo espaço para a discussão das versões preliminares dos *roadmaps* com as empresas.

2.2.2 Desenvolvimento da versão atualizada do roadmap tecnológico (2017)

O desenvolvimento do segundo *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção e dos *roadmaps* setoriais atualizados envolveu a realização das atividades apresentadas de forma sumariada na Figura 3.

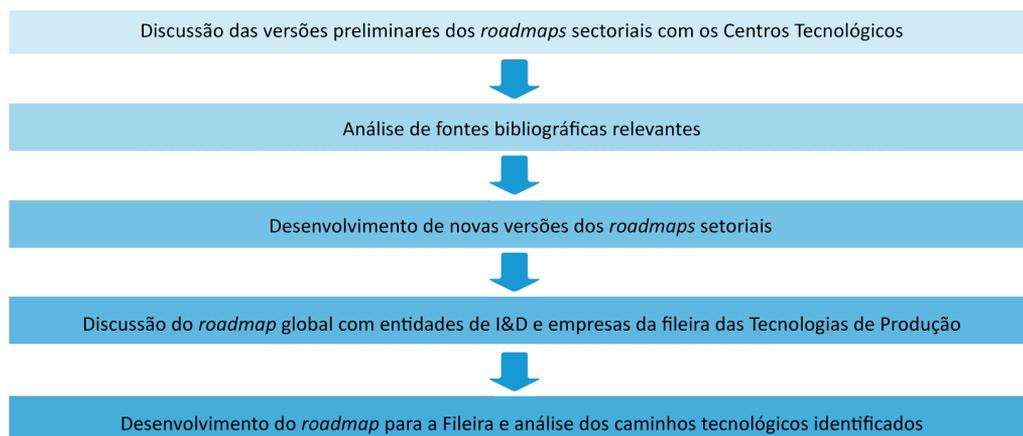


Figura 3 - Sumário das atividades desenvolvidas pela equipa de projeto (2017)

Tal como a Figura 2, relativa à elaboração do primeiro *roadmap*, a Figura 3 ilustra a forma como as interações estabelecidas com os *stakeholders* e a análise de fontes bibliográficas relevantes se inseriram no desenvolvimento dos trabalhos.

Seguidamente são apresentados os principais objetivos específicos das interações realizadas, assim como uma descrição das atividades desenvolvidas.

i) Interações com os Centros Tecnológicos

As interações com os Centros Tecnológicos tiveram como principal objetivo a discussão dos *roadmaps* setoriais.

A equipa do projeto procedeu à atualização dos *roadmaps* setoriais desenvolvidos e publicados em 2013, de acordo com a informação recolhida durante as interações com os Centros Tecnológicos (e com a AEPF no caso do setor da Madeira e Mobiliário).

Foi realizada **uma reunião** com cada Centro Tecnológico (e com a AEPF no caso do Setor da Madeira e Mobiliário).

ii) Interações com entidades dedicadas à I&D e empresas fornecedoras e utilizadoras de Tecnologias de Produção

As interações com estes *stakeholders* tiveram como principal objetivo a recolha de informação para a atualização do *roadmap* tecnológico global da Fileira das Tecnologias de Produção.

Deste modo, foram organizados um **workshop** e um **focus Group** com entidades de I&D e empresas da Fileira das Tecnologias de Produção de forma a identificar soluções, produtos e tecnologias horizontais, de elevada aplicabilidade e que sirvam as exigências e interesses da fileira, no geral.

2.2.3 Revisão bibliográfica

Como forma de complementar a informação proveniente das atividades descritas para o desenvolvimento de ambos os *roadmaps* (2013 e 2017), a equipa de projeto procedeu à análise de fontes bibliográficas relevantes. A revisão de fontes bibliográficas teve, assim, como principal objetivo específico a recolha de informação relativa a inovações associadas a tecnologias atuais, tecnologias em desenvolvimento e novas tecnologias, numa perspetiva global e independente dos aspetos impulsionadores do mercado específicos de cada setor a nível nacional. Destacam-se como principais fontes consultadas:

- **Plataforma CORDIS – *Community Research and Development Information Service***, para análise dos projetos desenvolvidos no âmbito do Sétimo Programa-Quadro (FP7 – *Seventh Framework Programme*) da Comissão Europeia, em áreas relevantes para os setores em causa;

- ***Factories of the Future PPP Strategic Multi-Annual Roadmap***, para uma análise global das prioridades Europeias em termos de tecnologias de produção;

- **Plataformas e documentos setoriais** i.e. *European Footwear Products & Processes Technology Platform, Study on Competitiveness of the European Machine Tool Industry, Roadmap Tecnológico e de Inovação para a Indústria do Têxtil e Vestuário* de 2013) para uma análise das prioridades de cada setor em termos de tecnologias de produção;

- **Bases de dados internacionais de artigos científicos** (i.e. *Web of Science e Web of Knowledge*), para levantamento de algumas áreas de investigação relacionadas com o desenvolvimento de tecnologias de produção relevantes para os setores envolvidos no projeto.



3. Roadmap global para a Fileira das Tecnologias de Produção



3. Roadmap global para a Fileira das Tecnologias de Produção

Este capítulo apresenta a versão atualizada do *roadmap* global para a Fileira das Tecnologias de Produção, tendo como base a primeira versão desenvolvida e publicada em 2013.

O subcapítulo 3.1 inclui a fundamentação do *roadmap* global, nomeadamente o processo utilizado para a sua definição e a forma como o *roadmap* global foi definido a partir dos *roadmaps* específicos para cada setor industrial utilizador.

Por sua vez, o subcapítulo 3.2 descreve os passos do processo de elaboração do *roadmap* global e o enquadramento do processo de indução lógica utilizado, apresentando também, de forma individualizada, as várias camadas e subcamadas do *roadmap* global.

No subcapítulo 3.3 são apresentados e descritos os vários percursos tecnológicos que constam do *roadmap* global e que traduzem as ligações e interdependências entre as várias camadas e subcamadas.

Finalmente, no subcapítulo 3.4 são tecidas algumas considerações sobre as principais áreas de I&D associadas às tecnologias consideradas mais relevantes e dadas algumas indicações sobre instrumentos para obtenção de recursos a empregar em projetos de I&D.

3.1 Fundamentação do roadmap

Pretende-se que o *roadmap* tecnológico global para a Fileira das Tecnologias de Produção continue a focar-se em tecnologias e produtos de aplicabilidade horizontal. Quer isto dizer que esta segunda versão do *roadmap* foi novamente elaborada tendo como base os diferentes

roadmaps setoriais (apresentados em anexo), focando-se nos produtos e tecnologias com aplicabilidade em vários dos setores considerados.

A Fileira das Tecnologias de Produção é constituída por empresas que não servem o consumidor final, mas sim um grupo de empresas mais a jusante na cadeia de valor, que em Portugal operam essencialmente nos nove setores considerados neste projeto. Naturalmente, empresas de Tecnologias de Produção que servem diferentes setores utilizadores terão algumas necessidades e condições de operação específicas que serão únicas e não transferíveis para empresas que servem um setor diferente. Estas necessidades e condições específicas dificilmente permitem criar escala ao nível da Fileira das Tecnologias de Produção.

Assim, continuou a considerar-se que a utilidade do *roadmap* tecnológico global será maximizada caso este se foque em soluções, produtos e tecnologias horizontais, de elevada aplicabilidade e que sirvam as exigências e interesses da Fileira, no geral.

A Figura 4 descreve esquematicamente a abordagem ao processo de *roadmapping* utilizada. Partindo das versões atualizadas dos *roadmaps* individuais para as empresas da Fileira que servem os nove setores utilizadores de Tecnologias de Produção, o *roadmap* global foi atualizado de forma a incluir as oportunidades de mercado, produtos e tecnologias horizontais e multissetoriais que permitirão os maiores ganhos de escala.

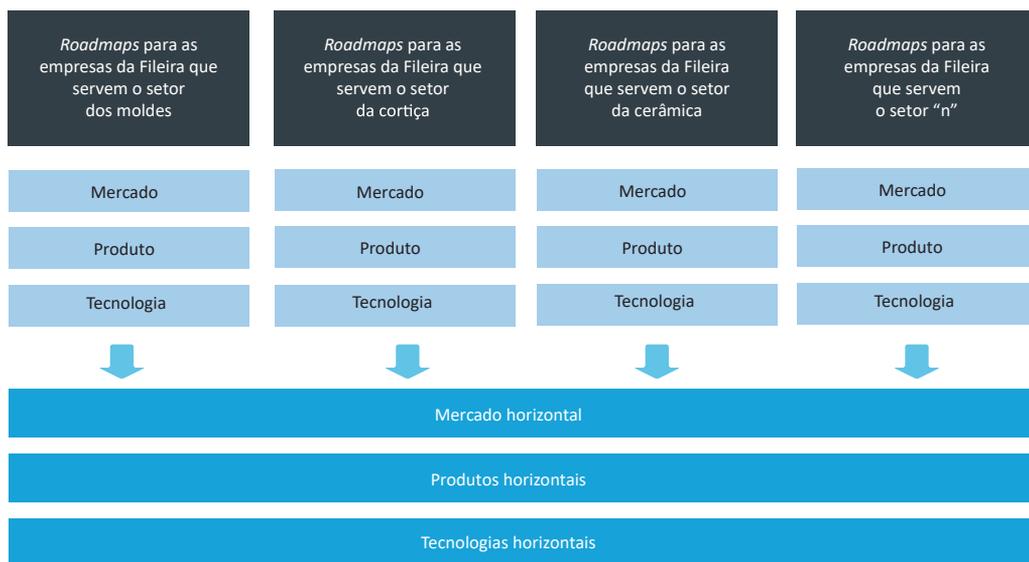


Figura 4 - Abordagem ao processo de *roadmapping* para obtenção do *roadmap* geral da Fileira das Tecnologias de Produção

3.2 Estratégia para a elaboração do roadmap tecnológico global para a Fileira das Tecnologias de Produção

Os nove setores utilizadores apresentam necessidades e características diferentes que nem sempre são replicáveis ou transferíveis entre setores. Mesmo nos casos em que é fácil identificar pontos comuns entre diferentes setores (uma necessidade de mercado ou de produto), esses pontos não são necessariamente idênticos. Por exemplo, as máquinas de corte por Controlo Numérico Computacional (CNC) utilizadas na indústria das Rochas Ornamentais e Industriais são diferentes das utilizadas nas indústrias do Calçado ou da Metalomecânica. Da mesma forma, também os sistemas de controlo ou os sistemas de virtualização (simulação) dos processos apresentarão diferenças significativas entre os vários setores.

Um dos casos mais paradigmáticos destas diferenças específicas entre necessidades comuns é o dos *softwares Enterprise Resource Planning* (ERP). Vários atores industriais em diferentes setores, especialmente os que lidam mais frequentemente com produções à medida e em pequena escala, manifestaram a necessidade comum de obter sistemas ERP melhorados, mas mais adequados à especificidade dos seus ramos e dos seus processos produtivos, ao invés de serem baseados em soluções padronizadas.

Assim, ao desenvolver o processo de indução lógica que parte dos *roadmaps* dos setores específicos e resulta no *roadmap* global, perde-se algum carácter de especificidade nos elementos desse mesmo *roadmap*. Esta perda representa um compromisso, devidamente ponderado pela equipa de projeto, necessário para que o *roadmap* global possa ser um elemento estratégico de aplicação alargada, transferível e escalável.

O processo de indução adotado seguiu a mesma lógica utilizada na elaboração do primeiro *roadmap*:

1. Identificação das necessidades de mercado em termos de tecnologias de produção para cada setor industrial;
2. Identificação das necessidades de mercado transversais à maioria dos setores utilizadores;
3. Agrupamento das necessidades transversais de mercado segundo a sua natureza e área técnica a que estão associadas;
4. Estabelecimento de uma relação entre as necessidades de mercado transversais e as exigências de produto detetadas em cada um dos setores industriais consultados;
5. Definição de um conjunto de produtos que

deverão constar da oferta da Fileira das Tecnologias de Produção.

Considera-se novamente que o exercício de análise e indução efetuado para as camadas de mercado e produto não é essencial para a de tecnologia, uma vez que esta, por natureza, está associada a processos mais a montante na cadeia de desenvolvimento de um produto, pelo que apresenta aspetos comuns independentemente do setor para o qual os produtos finais a criar se destinam.

Necessidades de mercado

O primeiro passo neste processo parte do conjunto de necessidades de mercado em termos de tecnologias de produção identificadas para cada setor industrial. Estas necessidades são identificadas na matriz de primeiro nível representada na Tabela 1.



Tabela 1 - Matriz de necessidades de mercado dos setores utilizadores

Setor	Necessidade de mercado 1	Necessidade de mercado 2	Necessidade de mercado 3	Necessidade de mercado 4
Calçado	Aumento da integração entre produção e retalho	Inovação nos acabamentos	Aumento da integração entre operações de produção*	-
Cerâmica e Vidro	Aumento da flexibilidade da produção e maior integração entre operações de produção*	Aumento da capacidade de produção de produtos inovadores e customizados	Fabrico de produtos de valor acrescentado a partir de subprodutos	Redução do consumo energético
Cortiça	Introdução de inovações incrementais nas operações individuais do processo produtivo	Controlo de parâmetros químicos nos produtos finais (rolhas)	Redução dos custos energéticos e do impacto ambiental	Aumento da integração entre produção e retalho
Curtumes	Otimização e integração dos processos de acabamento*	Redução nos níveis de desperdício	Fabrico de produtos de valor acrescentado a partir de subprodutos	Aumento da eficiência energética
Madeira e Mobiliário	Aumento da flexibilidade da produção*	Aumento da versatilidade do processo de produção	Redução dos custos energéticos e do impacto ambiental	Aumento da integração entre produção e retalho
Metalomecânico	Aumento da agilidade e customização do processo produtivo*	Conformidade com normas de segurança dos trabalhadores	Redução dos custos energéticos e do impacto ambiental	Fabrico de produtos inovadores
Moldes e Ferramentas	Aumento da adaptabilidade, agilidade, integração e precisão dos processos*	Maior incorporação de engenharia de <i>design</i> e simulação	Maior sustentabilidade ao nível do uso de materiais	-
Rochas Ornamentais e Industriais	Processos produtivos melhor integrados e mais eficientes*	Aumento da virtualização e simulação em fábrica	Redução dos custos energéticos e do impacto ambiental	-
Têxtil e Vestuário	Aumento da flexibilidade e eficiência da produção/maior integração entre operações de produção*	Maior capacidade de inovação	Reaproveitamento de materiais	Fabrico de produtos de valor acrescentado a partir de subprodutos-

*nomeadamente através da integração de sistemas ciber-físicos para a interconetividade de equipamentos/sistemas no processo produtivo

As necessidades de mercado dos diversos setores utilizadores apresentam alguns pontos de convergência óbvios que consequentemente deverão constituir prioridades transversais para as empresas da Fileira das Tecnologias de Produção. Em particular, a melhor gestão dos materiais e resíduos é uma preocupação expressa pelos representantes da maioria dos setores sondados. Outras preocupações de carácter mais abrangente também patentes na Tabela 1 são: o aumento da flexibilidade e planeamento da produção e a requerida comunicação inteligente entre equipamentos e sistemas. Estas preocupações surgem devido à necessidade de uma melhor integração entre as diferentes etapas de produção na fábrica,

bem como uma melhor interface entre estas operações e o retalho (cliente).

Com base nesta matriz, e recorrendo também aos resultados mais detalhados para cada setor (incluídos em anexo) é possível isolar as necessidades de mercado que se constituem como denominadores comuns à maioria dos setores utilizadores e, portanto, focos cruciais de interesse para o setor das Tecnologias de Produção. Desse processo resultam seis necessidades de mercado essenciais que, sendo comuns a vários ou a todos os setores utilizadores, deverão orientar a oferta de tecnologias de produção a curto, médio ou longo prazo.

Tabela 2 - Necessidades de mercado transversais e prioritárias

Equipamento		TIC		Ambiente	
Necessidade 1:	Necessidade 2:	Necessidade 3:	Necessidade 4:	Necessidade 5:	Necessidade 6:
Equipamento de alto desempenho	Soluções para a interconetividade de equipamentos/sistemas	Agilização, flexibilização e controlo de processos	Planeamento e simulação	Gestão de resíduos e materiais	Maior sustentabilidade energética

Necessidades de produto

Cada uma das necessidades de mercado definidas traduzir-se-á em requisitos específicos ao nível do produto em cada setor utilizador. Como seria de esperar, o mesmo equipamento que serve, por exemplo, a indústria da Cortiça não terá aplicabilidade direta no setor das Rochas Ornamentais e Industriais, ainda que o seu propósito de utilização seja o mesmo (ex.: corte).

Assim, para identificar denominadores comuns a nível do produto entre os vários setores utilizadores, recorre-se à criação de uma matriz de segundo nível, que relaciona as necessidades de mercado transversais com as exigências de produto detetadas em cada um dos setores industriais consultados. Para melhor interpretar estas necessidades de produto, a Tabela 3, apresentada seguidamente, deve ser lida em conjugação com os *roadmaps* setoriais apresentados na secção Anexo - *Roadmaps* Setoriais.

Tabela 3 - Matriz de necessidades de produto

Necessidade Setor	Equipamento de alto desempenho	Soluções para a interconetividade de equipamentos/sistemas	Agilização, flexibilização e controlo de processos	Planeamento e simulação	Gestão de resíduos e materiais	Maior sustentabilidade energética
Calçado	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de fabrico aditivo, para uma maior variedade de materiais; • Sistemas de tratamento de superfícies. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas ciberfísicos (SCFs) para operações integradas e automatizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização de sistemas de integração CAD/CAM-CNC e destes com ERP-MES/CES. 	<ul style="list-style-type: none"> • Catálogo 3D/ Interfaces de produção mais dinâmicas; • Otimização de sistemas de integração ERP-MES. 	-	-
Cerâmica e vidro	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamento para processos de deposição de materiais; • Equipamento de fabrico aditivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • SCFs para operações integradas e automatizadas*. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas para automatização da decoração; • Sistemas de inspeção, controlo e rastreamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização de sistemas de integração ERP-MES. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas para o reaproveitamento de materiais; • Sistemas de recolha de subprodutos e resíduos para o fabrico de produtos de elevado valor acrescentado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de alta eficiência energética; • Equipamentos energeticamente mais eficientes (sistemas de secagem, fusão e sinterização).
Cortiça	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização de maquinaria para a extração da cortiça; • Máquinas para remoção dos calços para aumentar o rendimento da cozedura da cortiça; • Equipamento de tratamento de superfície mais eficiente. 	-	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de deteção e alarme para a presença de TCA. 	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização de sistemas de integração ERP-MES. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de redução de resíduos nos efluentes (tanques, bombas e filtros). 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de produção de energias renováveis.

* Foram realçadas SCFs tendo em vista a integração das operações de processamento de cerâmicos.

Necessidade Setor	Equipamento de alto desempenho	Soluções para a interconetividade de equipamentos/sistemas	Agilização, flexibilização e controlo de processos	Planeamento e simulação	Gestão de resíduos e materiais	Maior sustentabilidade energética
Curturemes	<ul style="list-style-type: none"> • Secadores com desumidificadores; • HVLP; • Máquinas de mistura. 	<ul style="list-style-type: none"> • SCFs para operações integradas e automatizadas*. 	<ul style="list-style-type: none"> • Controladores remotos para processos de exaustão de crómio; • Sistemas de tingimento com controlo automático. 	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização de sistemas de integração ERP-MES. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas para o reaproveitamento de materiais; • Sistemas de recolha de subprodutos e resíduos para o fabrico de produtos de elevado valor acrescentado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de produção de energias renováveis.
Madeira e Mobiliário	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamento para design e acabamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • SCFs para operações integradas e automatizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização de sistemas CAM/CAD/CAE. 	<ul style="list-style-type: none"> • Catálogo 3D/ Interfaces de produção mais dinâmicas; • Otimização de sistemas de integração ERP-MES. 	-	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de produção de energias renováveis.
Metalomecânico	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamento de fabrico aditivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • SCFs para operações integradas e automatizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização de sistemas de integração CAD/CAM-CNC e destes com ERP-MES. 	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização de sistemas de interface ERP-MES e sua integração com CAD/CAM/CAE. 	-	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de produção de energias renováveis.
Moldes e Ferramentas	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamento para o processamento de novos materiais; • Máquinas de 3+ eixos; • Equipamento de tooling rápido; • Máquinas de prototipagem rápida; • Ferramentas baseadas em laser; • Equipamento de microprodução; • Máquinas multifunções. 	<ul style="list-style-type: none"> • SCFs para operações integradas e automatizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização de sistemas CAM/CAD/CAE; • Sistemas de gestão de ferramentas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização de sistemas MES; • Sistemas de gestão de ferramentas para antecipar paragens da produção; • <i>Mock-ups</i> digitais/software de modelação e simulação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas para o reaproveitamento de materiais. 	-

* Foram realçadas SCFs tendo em vista a integração de operações de estiramento, secagem em vácuo, secagem em túnel e amaciamento da pele.

Necessidade Setor	Equipamento de alto desempenho	Soluções para a interconetividade de equipamentos/sistemas	Agilização, flexibilização e controlo de processos	Planeamento e simulação	Gestão de resíduos e materiais	Maior sustentabilidade energética
Rochas Ornamentais e Industriais	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamento de deteção de fraturas; • Equipamento de impregnação de blocos na fábrica; • Máquinas de impregnação de blocos na pedreira. 	<ul style="list-style-type: none"> • SCFs para operações integradas e automatizadas*. 	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização de sistemas CAM/CAD. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Software</i> de modelação do comportamento da pedra; • Sistema virtual de seleção e aplicação da pedra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas para a redução de desperdícios na fábrica e na pedreira. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de produção de energias renováveis.
Têxtil e Vestuário	<ul style="list-style-type: none"> • Novos equipamentos e acessórios para processos não-convencionais; • Equipamento de tecelagem automático. 	<ul style="list-style-type: none"> • SCFs para operações integradas e automatizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas para registo de referências e gestão de dados; • Sistemas para interface consumidor/ produtor; • Sistemas de inspeção, controlo e rastreamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de interface consumidor/ fornecedor/ produto; • Otimização de sistemas de integração ERP-MES; • Catálogo digital dinâmico (virtualização de amostras). 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas para o reaproveitamento de materiais; • Sistemas de recolha de subprodutos e resíduos para o fabrico de produtos de elevado valor acrescentado. 	-

* Foram realizadas SCFs tendo em vista a integração de operações de cargas, descargas, manuseamento e elevação na fábrica de operações de extração na pedreira.

Tendo em conta a matriz apresentada, e efetuando um exercício de indução semelhante ao anterior, pode definir-se um conjunto de produtos que deverão constar da oferta da Fileira das Tecnologias de Produção a curto e médio prazo.

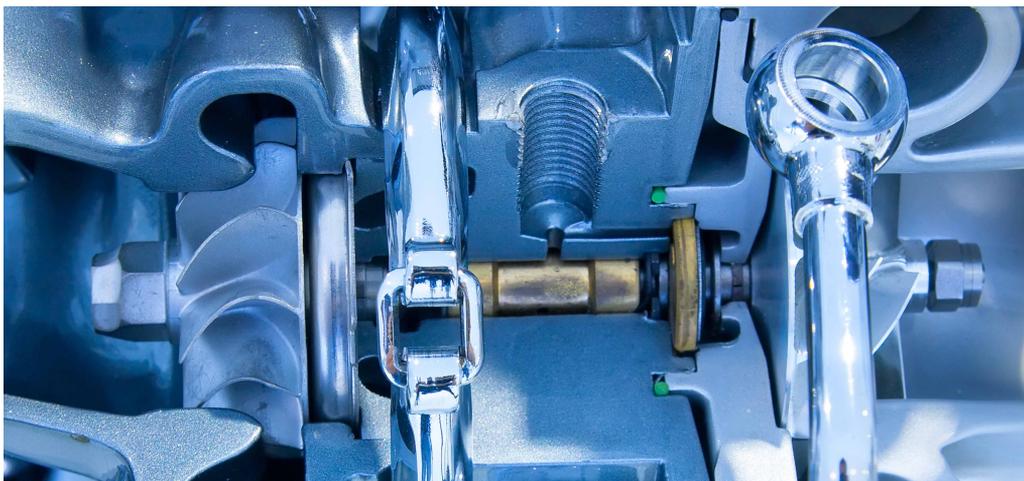
Este conjunto de produtos, que deverá constituir a resposta das tecnologias de produção às necessidades de mercado apresentadas pelos principais setores utilizadores, é indicado na Tabela 4.

Tabela 4 - Necessidades de produto transversais e prioritárias

Necessidade 1: Equipamento de alto desempenho	Necessidade 2: Soluções para a interconetividade de equipamentos/sistemas	Necessidade 3: Agilização, flexibilização e controlo de processos	Necessidade 4: Planeamento e simulação	Necessidade 5: Gestão de resíduos e materiais	Necessidade 6: Maior sustentabilidade energética
<ul style="list-style-type: none"> • Novos sistemas de fabrico aditivo (i.e. impressão 3D para o fabrico de produtos a partir de novos materiais); • Novos sistemas de tratamento de superfícies (i.e. funcionalização de superfícies com geometrias complexas). 	<ul style="list-style-type: none"> • SCFs para operações integradas e automatizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização de sistemas de integração CAD/CAM/CAE-CNC; • Sistemas TIC para operações integradas e automatizadas; • Sistemas TIC de inspeção, controlo e rastreamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização de sistemas de integração ERP-MES; • Sistemas TIC de simulação e modelação do processo e materiais; • Sistemas TIC de inspeção, controlo e rastreamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas para o reaproveitamento de materiais; • Sistemas de recolha de subprodutos e resíduos para o fabrico de produtos de elevado valor acrescentado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos mais eficientes; • Sistemas de produção de energias renováveis.

Na Tabela 4 existe, como seria de esperar, alguma complementaridade entre produtos associados a diferentes necessidades de mercado, particularmente no que toca ao desenvolvimento de SCFs que permitam a integração das operações de fabrico e a otimização de sistemas TIC para a

agilização, flexibilização e controlo do processo produtivo. Estas são duas necessidades de mercado altamente interligadas e interdependentes, pelo que os produtos a si associados apresentam um grau de dependência idêntico.



No sentido de ilustrar de que modo as necessidades de mercado transversais e prioritárias identificadas na Tabela 4 se correspondem com os diversos setores utilizadores, e também para reforçar a conclusão de que se tratam, de facto, de necessidades importantes, foi elaborada a Tabela 5, abaixo.

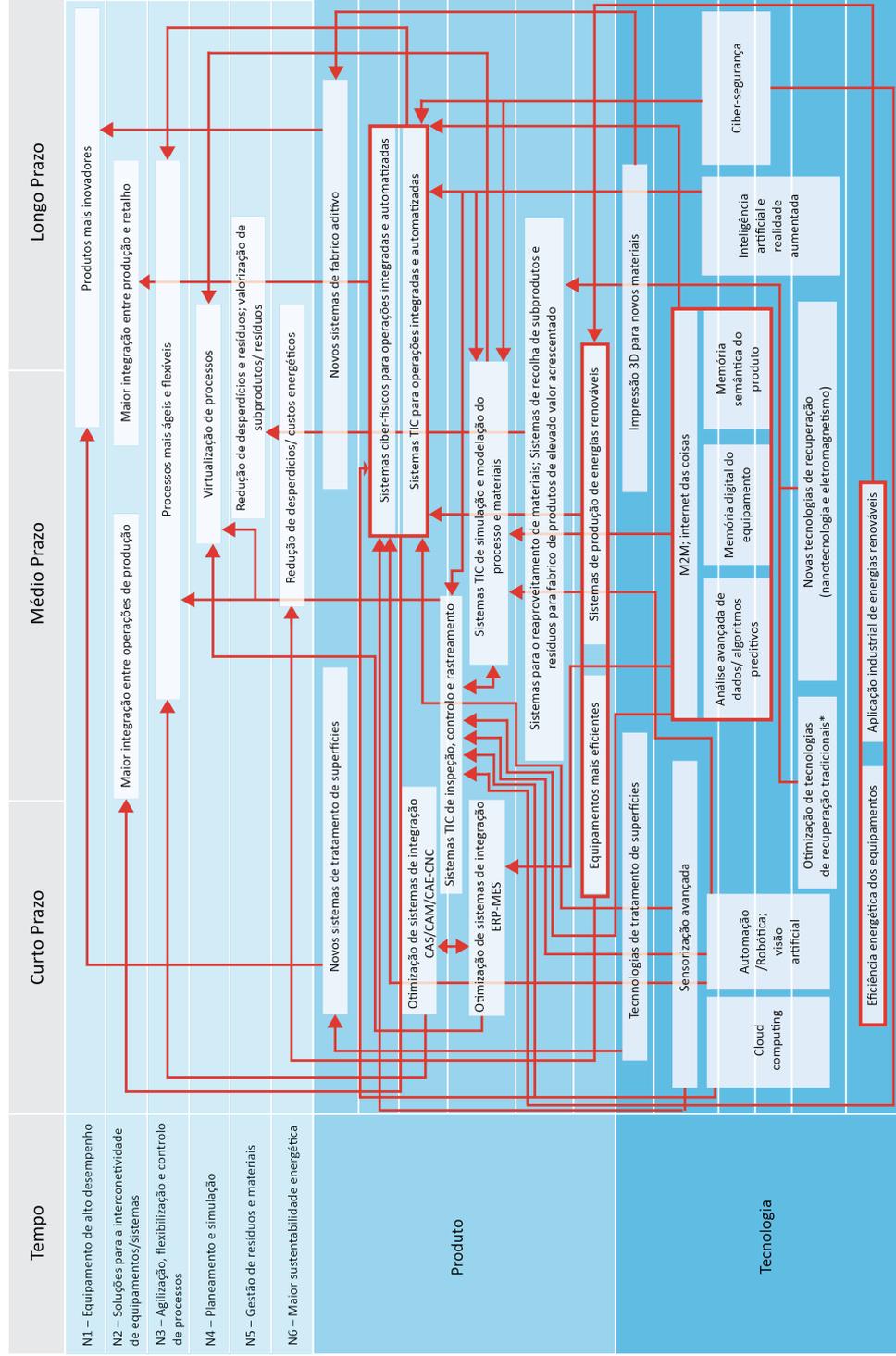
Tabela 5 - Correspondência entre necessidades de mercado e setores utilizadores

Setor utilizador	Necessidade 1:	Necessidade 2:	Necessidade 3:	Necessidade 4:	Necessidade 5:	Necessidade 6:
	Equipamento de alto desempenho	Soluções para a interconetividade de equipamentos/sistemas	Agilização, flexibilização e controlo de pessoas	Planeamento e simulação	Gestão de resíduos e materiais	Maior sustentabilidade energética
Calçado	✓	✓	✓	✓		
Cerâmica e Vidro	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cortiça	✓		✓	✓	✓	✓
Curtumes	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Madeira e Mobiliário	✓	✓	✓	✓		✓
Metalomecânica	✓	✓	✓	✓		✓
Moldes e Ferramentas	✓	✓	✓	✓	✓	
Rochas Ornamentais e Industriais	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Têxtil e Vestuário	✓	✓	✓	✓	✓	



Com base nos resultados das Tabelas 2, 4 e 5, bem como nos *roadmaps* setoriais apresentados em anexo, é possível desenvolver o *roadmap* global para a Fileira das Tecnologias de Produção, alicerçado nas suas camadas “Mercado”, “Produto” e “Tecnologia”, apresentado na Figura 5.

Atualização de um Roadmap Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção



*Tanques, bombas, filtros, evaporadores, cristalizadores, secadores, etc

Figura 5 - Roadmap tecnológico global da Fileira das Tecnologias de Produção

3.2.1 Mercado

A camada do *roadmap* associada ao mercado foca-se nas principais forças motrizes das atividades de desenvolvimento de produto, tecnologia e I&D na Fileira das Tecnologias de Produção. Estas forças motrizes estão representadas no

roadmap global pelas denominadas necessidades de mercado (N1-N6) que resultam da conjugação e harmonização das necessidades dos vários setores utilizadores, como explicado anteriormente.

Tempo	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
N1 - Equipamento de alto desempenho			Produtos mais inovadores
N2 - Soluções para a interconetividade de equipamentos/sistemas	Maior integração entre operações de produção		Maior integração entre produção e retalho
N3 - Agilização, flexibilização e controlo de processos		Processos mais ágeis e flexíveis	
N4 - Planeamento e simulação		Virtualização de processos	
N5 - Gestão de resíduos e materiais		Redução de desperdícios e resíduos; valorização de subprodutos/ resíduos	
N6 - Maior sustentabilidade energética		Redução de desperdícios / custos energéticos	

Figura 6 - Camada “Mercado” do *roadmap* global

N1 – Equipamento de alto desempenho

A primeira dessas necessidades teve aceitação universal, uma vez que todos os setores (por via dos Centros Tecnológicos e das empresas do ramo) relataram o aumento da sua capacidade de inovação como um elemento diferenciador essencial na paisagem competitiva atual. É deste modo imperativo um melhor desempenho dos equipamentos produtivos tendo principalmente em vista o fabrico de produtos com um maior valor acrescentado.

N2 – Soluções para a interconetividade de equipamentos/sistemas

A segunda necessidade é transversal à maioria dos setores. Foi diagnosticada a carência de uma melhor integração entre as operações de produção que deverá ser colmada através do desenvolvimento de soluções para a interconetividade de equipamentos e sistemas. Estas soluções, tendo em vista um processo produtivo em que equipamentos/sistemas comuniquem de

forma inteligente entre si, permitirão responder a duas exigências atuais do retalho (cliente): uma redução do *time-to-market* e uma flexibilidade em *real time* de acordo com as tendências de mercado.

N3 – Agilização, flexibilização e controlo de processos

A terceira necessidade de mercado diagnosticada teve aceitação universal, estando, para a maioria dos setores, umbilicalmente ligada à necessidade de melhor desempenho nos equipamentos (N1) e à necessidade de uma melhor interconetividade entre equipamentos (N2). Esta necessidade de mercado resulta do facto de muitas indústrias trabalharem hoje com o paradigma das pequenas séries de elementos feitos à medida. Os processos de produção têm de ser altamente adaptáveis e flexíveis e esse objetivo consegue-se com a introdução de melhorias processuais sobretudo ao nível das TIC, robótica e automação.

A melhoria continuada da integração CAM/CAD/CAM – CNC enquadra-se também como uma resposta a esta necessidade, bem como a possibilidade de trabalhar com ciclos de produção mais curtos e de exercer um controlo mais eficiente sobre as variáveis de processo.

N4 – Planeamento e simulação

A quarta necessidade de mercado detetada tem também uma forte ligação às três anteriores. Esta carência surge ligada à necessidade de planear de forma mais rigorosa os processos em fábrica e de virtualizar mais esses processos, de modo a torná-los economicamente mais eficientes, sem necessidades constantes de prototipagem física.

A questão do planeamento e gestão da produção foi largamente abordada por várias das empresas envolvidas no processo de consulta alargada. Em particular, aquelas que trabalham com as já referidas séries curtas e produção à medida sentem que a resposta do mercado em termos de ERP não é adequada às suas necessidades, uma vez que se baseia em produtos estandardizados e pensados para processos estandardizados, que não apresentam a versatilidade suficiente para utilização numa lógica de maior flexibilidade.

Também a questão da virtualização e digitalização dos processos de fabrico é chave. Melhores ferramentas de modelação e simulação irão permitir projetar melhor os processos de fabrico e determinar os efeitos da manipulação de vários parâmetros nesse mesmo processo, sem necessidade de proceder à criação de protótipos físicos.

N5 – Gestão de resíduos e materiais

A quinta necessidade de mercado detetada apresenta um carácter por vezes “menos tecnológico” que as quatro primeiras mas, ainda assim, uma importância crucial.

Representantes de setores como os Curtumes, a Cortiça, a Rocha e o Têxtil (portanto, aqueles que têm operações de processo em fase aquosa e/ou operações com necessidade de grandes consumos de água), expressaram necessidades importantes de melhor tratamento de efluentes, reaproveitamento de materiais/águas de processo e valorização de resíduos e desperdícios. Esta necessidade poderá ser colmatada com a implementação de sistemas de reciclagem nas unidades industriais.

Contudo, levando em conta que os sistemas de reciclagem típicos são constituídos por equipamentos de uso corrente (tubagens, tanques, bombas, filtros, etc.) há que procurar perceber primeiro a razão da sua não aplicação e/ou falta de eficiência em algumas indústrias. Será uma questão de custo/benefício? Pode essa questão ser dirimida pela fileira das Tecnologias de Produção? Será uma questão de tecnologia (ex.: filtros)? Que outras novas tecnologias se perfilam como resposta a esta necessidade? Ou existe, por outro lado, uma questão de gestão de matérias-primas? Existe desperdício? As tecnologias de produção podem contribuir para acabar com esse desperdício? É necessário encontrar respostas para estas perguntas. Do mesmo modo, a necessidade de valorização de resíduos e desperdícios do processo produtivo, nomeadamente o fabrico de produtos de elevado valor acrescentado a partir de sub-produtos, surgiu por várias ocasiões, em diferentes setores, durante o processo de consulta. Também no que toca a este aspeto, há que definir se uma melhoria nos sistemas de reciclagem e reaproveitamento facilitará esse processo.

N6 – Maior sustentabilidade energética

Finalmente, a sexta e última necessidade de mercado identificada - o aumento da sustentabilidade energética dos processos de produção - é também relativamente consensual

entre todos os setores estudados, embora não constitua em todos uma preocupação prioritária.

A informação recolhida indicia que a principal dificuldade da indústria portuguesa se prende mais com o elevado custo da energia no país do que com a falta de eficiência energética dos equipamentos utilizados nos processos. Ainda assim, foram detetadas várias oportunidades de melhoria neste último aspeto, especialmente as que se relacionam com a monitorização e controlo de gastos energéticos dos equipamentos e processos. Esta é uma área que ainda se encontra negligenciada em vários setores da indústria nacional, especialmente em unidades de menor dimensão. A monitorização e controlo de custos energéticos está fortemente associada

à questão do controlo de processos e, portanto, à necessidade N3.

Por outro lado, a utilização de fontes de energia renováveis na indústria é uma possibilidade que está nas cogitações da maioria dos agentes envolvidos no processo de consulta, embora a viabilidade destas energias seja perspetivada a longo prazo. De entre as fontes de energia renovável disponíveis, a energia solar assume um papel de destaque. O fato de provir de uma fonte efetivamente gratuita (ao contrário, por exemplo, da biomassa, que pode encarecer mediante níveis elevados de procura) e poder ser mais facilmente gerada na fábrica (ao contrário, por exemplo, da energia eólica) coloca-a nessa posição privilegiada.

Tempo	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
Produto	Novos sistemas de tratamento de superfícies		Novos sistemas de fabrico aditivo
	Otimização de sistemas de litografia CAS/CAM/CAE-CNC		Sistemas ciber-físicos para operações integradas e automatizadas
	Sistemas TIC de inspeção, controlo e rastreamento		Sistemas TIC para operações integradas e automatizadas
	Otimização de sistemas de integração ERP-MES	Sistemas TIC de simulação e modelação do processo e materiais	
	Sistemas para o reaproveitamento de materiais; Sistemas de recolha de subprodutos e resíduos para fabrico de produtos de elevado valor acrescentado		
	Equipamentos mais eficientes		Sistemas de produção de energias renováveis

Figura 7 - Camada “Produto” do *roadmap* global

3.2.2 Produto

A camada “Produto” do *roadmap* global ilustra o tipo de produtos que podem ser desenvolvidos ao nível da Fileira das Tecnologias de Produção para dar resposta às necessidades de mercado anteriormente identificadas. Como já foi indicado, o nível de abstração do *roadmap* global é superior ao registado nos *roadmaps* setoriais, uma vez que se pretende que os produtos referidos tenham um campo de aplicabilidade vasto.

A camada “Produto” está dividida em seis subcamadas, cada uma correspondendo a uma necessidade de mercado específica.

N1 – Equipamento de alto desempenho

A primeira subcamada procura dar resposta à necessidade das empresas de Tecnologias de Produção oferecerem equipamentos de alto desempenho. A maioria dos equipamentos utilizados no processo de produção já possui um desempenho mecânico bastante satisfatório, sendo apenas necessárias algumas melhorias incrementais a este nível.

Em vez do aumento do desempenho mecânico dos equipamentos existentes, a maior prioridade foi relatada como sendo o desenvolvimento e integração na produção de novos equipamentos que possibilitem o fabrico de produtos inovadores. Esta prioridade surge em resposta à necessidade da indústria portuguesa em se diferenciar dos seus competidores no mercado global através da sua capacidade de inovar. A curto/médio prazo foi referida a carência de novos sistemas de tratamento de superfícies, nomeadamente equipamentos que permitam a funcionalização de superfícies, bem como equipamentos de impressão digital para produtos com geometrias complexas. A longo prazo, em alguns setores, é também prospetivado o desenvolvimento de novos sistemas de fabrico aditivo/ impressão 3D para uma maior variedade de materiais.

N2 – Soluções para a interconetividade de equipamentos/sistemas

A segunda subcamada surge em reposta à necessidade de redução do *time-to-market* e aumento da flexibilidade do processo de produção exigidos pelo cliente/retalho.

Perspetiva-se o desenvolvimento e otimização de SCFs que permitam ou melhorem a interconetividade de equipamentos/sistemas e consequentemente a integração entre operações fabris, tornando a produção mais rápida e precisa. Entre os SCFs existentes atualmente que possam ser integrados nas fábricas portuguesas destacam-se: o chip de memória semântica ativa do produto, os sistemas de assistência industrial (*industrial assistance systems*) e as soluções de *retrofitting*. Os SCFs de assistência industrial têm a capacidade de gerir o processo de produção como um todo, enviando ordens para todos os equipamentos envolvidos no processo. Estes sistemas definem as ordens de acordo com o

conhecimento acumulado no chip de memória semântica ativa de cada um dos produtos. Nestes chips, também designados por "bilhetes de identidade digitais de produto", estão depositados todos os dados relativos ao seu ciclo de vida (*product life cycle*), indicando quaisquer prós e contras de cada variável de todas as operações pelas quais o produto passou para o seu fabrico. Finalmente, as soluções de *retrofitting* têm a capacidade de tornar inteligentes equipamentos antigos, permitindo a sua interconetividade*.

Ao nível da interface entre produção e cliente (retalho), é prospetivado o desenvolvimento de SCFs, nomeadamente os já supracitados, que permitam adaptabilidade e flexibilidade das operações de produção em *real time* de acordo com as necessidades e exigências do cliente através da comunicação inteligente entre equipamentos/ sistemas da produção e retalho.

N3 – Agilização, flexibilização e controlo de processos

No que diz respeito a esta necessidade de mercado, três produtos integram a oferta das tecnologias de produção a curto, médio e longo prazo. Antes de abordar estes produtos, no entanto, convém dizer que dada a forte ligação entre N1, N2 e N3, também existem fortes vínculos entre estes produtos e os descritos anteriormente. De facto, as aplicações a oferecer pela indústria das Tecnologias de Produção em termos de TIC só adquirem sentido prático quando conjugadas com os equipamentos industriais apropriados. Este processo de conetividade entre o mundo físico/dos equipamentos e do mundo virtual/ sistemas TIC tem sido designado por *Digital Twin*.

Em primeiro lugar, surgem naturalmente os sistemas CAD/CAM/CAE e a sua articulação com os sistemas CNC. Estes sistemas existem desde

* <http://www.cbc.ca/news/technology/retrofit-tech-1.3311514>;

<http://www.etmm-online.com/retrofit-for-industry-40-application-for-existing-machines-a-588856/>

há várias décadas e, portanto, serão alvo de melhorias incrementais que se perspetivam no curto prazo. Os sistemas CAD/CAM deverão continuar o seu processo de melhoria e/ou adaptação a máquinas CNC de 3+ eixos (um processo já em pleno desenvolvimento) para que a indústria possa mais facilmente rentabilizar estas máquinas, algo que ainda não é uma realidade consolidada em Portugal.

Por sua vez, os sistemas de rastreamento e controlo da produção deverão continuar também a evoluir de modo a permitir a gestão de sistemas de produção cada vez mais complexos. O rastreamento de peças em fabrico por radiofrequência (RFID), os sensores *wireless* e a comunicação máquina-a-máquina contribuirão para um controlo muito mais efetivo do processo de fabrico mas também da própria cadeia de valor e dos custos envolvidos.

Ainda dentro desta temática, a melhoria contínua dos sistemas de visão artificial será também um passo decisivo no avanço da incorporação de TIC nos processos de fabrico. A deteção de defeitos, o controlo de qualidade automático e a aplicação otimizada de matéria-prima no processo (i.e. resinas na indústria das Rochas Ornamentais e Industriais) serão altamente potenciados por melhorias na visão artificial, que contribuirá sobremaneira para o controlo do processo.

Finalmente, a médio/longo prazo, a automação e integração quase totais das operações do processo, incluindo o manuseamento e transporte de materiais e peças em produção, mediante consideráveis avanços na robótica e automação de processos, serão também um marco importante na oferta das indústrias de Tecnologias de Produção. Esta introdução permitirá levar de forma mais consistente o operador humano do chão de fábrica para a sala de controlo.

N4 – Planeamento e simulação

A este nível, como referido anteriormente, as indústrias que se deparam com o novo paradigma de produção altamente customizada e séries pequenas não encontram facilmente *software* ERP que sirva as suas necessidades. Algumas, onde a capacidade tecnológica é maior, podem colaborar com os seus fornecedores e criar soluções à medida ou adaptar soluções estandardizadas.

Outras, no entanto, particularmente em setores mais tradicionais, têm dificuldades diversas em planear a produção, controlar os custos e *stocks*, etc. por não disporem de ferramentas apropriadas. Uma vez que os ERP são uma ferramenta altamente popularizada e de uso alargado, o seu *upgrade* para melhor servir este tipo de indústria poderá ocorrer a curto prazo. Esta melhoria poderá e deverá passar pela integração dos ERP com aplicações MES, especialmente adequadas ao planeamento e controlo em tempo real do processo produtivo.

Por outro lado, as aplicações que permitam o rastreamento, simulação e gestão do conhecimento dos processos fabris irão permitir manipular variáveis associadas a esses mesmos processos sem que seja necessário incorrer no custo fazer alterações à linha de produção ou de produzir protótipos físicos. Esta digitalização das fábricas irá permitir poupar tempo e dinheiro, agilizar os processos de engenharia e, quando integrada com os sistemas CAD/CAM/CAE – CNC, aumentar a rapidez da industrialização de ideias e conceitos.

N5 – Gestão de resíduos e materiais

No que toca à introdução de produtos no mercado para responder a esta necessidade de mercado, é possível que esta venha a requerer apenas inovações incrementais aos sistemas já presentes. Como já foi referido, o reaproveitamento de materiais/água e o fabrico de produtos de

valor acrescentado a partir de subprodutos são necessidades prioritárias de vários dos setores industriais consultados.

Para este efeito, perspectiva-se a otimização de sistemas de reciclagem tradicionais constituídos por tubagens, tanques, bombas e filtros.

A introdução de doseadores automáticos em várias fases do processo que neste momento recorrem ao trabalho manual, pode também trazer melhorias significativas ao processo de gestão de materiais.

A incorporação no processo equipamentos que conduzam a uma recuperação quase total de efluentes poderá também ser uma possibilidade, embora as exigências tecnológicas a si associadas sejam maiores.



N6 – Maior sustentabilidade energética

Esta necessidade deverá ser abordada mediante a utilização de energia de fontes renováveis, particularmente a solar, e a adoção de equipamentos de maior eficiência energética.

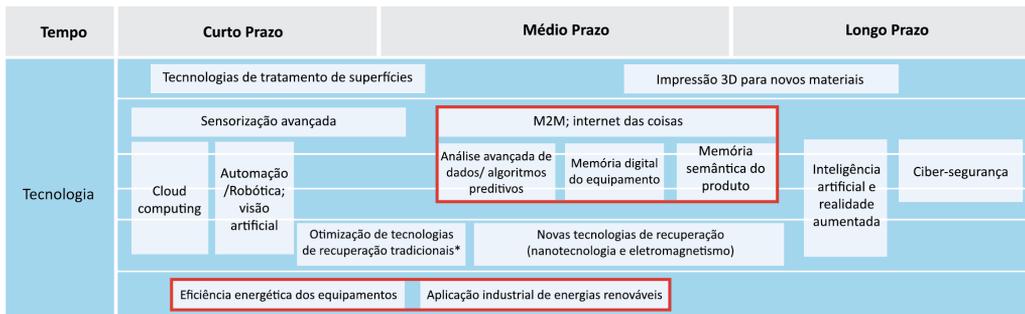
No caso da utilização de energia de fontes renováveis, os produtos a desenvolver/aperfeiçoar para responder à necessidade do mercado são os que permitem a produção/reutilização de energia

na unidade industrial, tais como as células fotovoltaicas, os concentradores solares, os painéis para aquecimento e refrigeração solares, e as bombas de calor. No caso destas últimas, se o seu *input* energético (eletricidade) provier de fontes renováveis, as mesmas são consideradas uma tecnologia de energia completamente renovável. Caso o *input* de eletricidade provenha de combustíveis fósseis, apenas parte do *output* energético das bombas – proveniente do aproveitamento de correntes quentes do processo – pode ser considerado energia renovável.

Existem ainda, no entanto, obstáculos consideráveis à utilização do sol como principal fonte de energia em ambiente industrial. A complexidade, exigência em termos de investimento e baixa eficiência dos concentradores solares, a intermitência da energia fotovoltaica, que não se compadece com as exigências da indústria, ou a impossibilidade de os sistemas térmicos solares servirem eficientemente setores industriais que requerem aquecimentos acima dos 400°C, fazem com a adoção de energia solar em larga escala a nível industrial se perspetive a longo prazo.

Por outro lado, o requisito de maior eficiência energética aplica-se a uma variedade de equipamentos produtivos que diferem entre os vários setores industriais, pelo que não é possível discriminá-los.

A solução para este problema passará por melhorias nos próprios equipamentos, dotando-os de novas capacidades e novos sistemas de monitorização e controlo (médio prazo), mas também por alterações de paradigma comportamental dos próprios industriais, que poderão adotar medidas simples para aumentar a eficiência energética dos seus equipamentos, tais como a sua manutenção adequada, substituição ou *upgrade*.



*Tanques, bombas, filtros, evaporadores, cristalizadores, secadores, etc

Figura 8 - Camada “Tecnologia” do *roadmap* global

3.2.3 Tecnologia

A camada “Tecnologia” do *roadmap* global elenca as tecnologias que suportarão o desenvolvimento dos produtos já indicados e que, portanto, deverão constituir a base do trabalho de I&D das empresas de Tecnologias de Produção a curto, médio e longo prazo.

Por norma, o desenvolvimento de um produto requer o desenvolvimento de mais do que um tipo de tecnologia. No entanto, o *roadmap* global procura destacar a tecnologia principal e/ou diferenciadora que estará por detrás do desenvolvimento de cada produto, ou aquela que não se encontra suficientemente desenvolvida para que o produto atinja níveis de qualidade e custo atrativos para o setor industrial.

N1 – Equipamento de alto desempenho

Algumas das tecnologias requeridas para o desenvolvimento de equipamentos que garantam produtos mais inovadores já existem, sendo apenas requeridas algumas melhorias e adaptações. Este é o caso da requerida otimização de tecnologias de tratamento de superfícies. Neste contexto, foi relatada a necessidade de tecnologias que permitam um melhor acabamento de produtos fabricados a partir de materiais com texturas irregulares, bem como de adaptações às atuais tecnologias de impressão digital

para a decoração da superfície de produtos com uma geometria complexa.

As tecnologias no âmbito do fabrico aditivo como a *net/near-net shape*, por sua vez, aglomeram uma vasta gama de processos de fabrico em que a produção inicial de uma peça resulta num item muito próximo do resultado final pretendido, eliminando várias necessidades de acabamento e manipulação. Neste âmbito, foi relatada a necessidade de novas tecnologias de impressão 3D que permitam o fabrico de produtos a partir de uma maior variedade de materiais, nomeadamente materiais mais recentemente desenvolvidos.

N2 – Soluções para a interconetividade de equipamentos/sistemas; N3 – Agilização, flexibilização e controlo de processos

Uma vez que o desenvolvimento de tecnologia e as atividades de I&D se encontram bastante a montante na cadeia de desenvolvimento de um produto, também ocorre a mesma tecnologia estar na base de produtos diferentes e constituir-se como uma ponte entre produtos diferentes. Este último caso está bem patente no *roadmap* global apresentado, uma vez que os produtos que surgem como resposta à necessidade de soluções para a interconetividade de equipamentos/

sistemas estão, frequentemente, ligados aos produtos e aplicações que surgem como resposta à necessidade de agilizar, flexibilizar e controlar processos. Assim, são necessárias tecnologias que conciliem a integração de soluções para a interconetividade de equipamentos/sistemas com incorporação de TIC avançadas no processo produtivo.

Esta situação é especialmente relevante para as oito tecnologias apresentadas no *roadmap*: sensorização avançada; cloud computing; automação/robótica/visão artificial; M2M/internet das coisas; análise avançada de dados/algoritmos preditivos; memória digital de equipamento; memória semântica de produto; inteligência artificial/realidade aumentada. Estas tecnologias serão essenciais tanto para o desenvolvimento dos SCFs perspetivados para interconetividade de equipamentos/sistemas, como para os produtos e aplicações TIC que constituirão as soluções principais para agilizar, flexibilizar e controlar o processo produtivo. A grande confluência entre estas duas necessidades de mercado e a extrema complementaridade entre os dois tipos de produto, levam a que estes tipos de tecnologia apresentem elevada aplicabilidade.

A comunicação inteligente e sem fios entre equipamentos e produtos TIC, utilizando as oito tecnologias supracitadas, levará a uma acumulação exponencial de informação relativamente ao processo de produção na realidade virtual (*cloud*). Se por um lado essa informação é essencial para melhorar a gestão da produção e sua interface com o cliente, por outro, tornará o processo de produção mais permeável a ataques cibernéticos. De forma a assegurar a proteção de dados, a transparência e a privacidade da informação relativa ao processo de produção e sua interface com o cliente, são perspetivadas tecnologias TIC de cibersegurança que

acompanhem a evolução das tecnologias referidas.

N4 – Planeamento e simulação

As tecnologias associadas ao desenvolvimento de *Manufacturing Execution Systems* (MES) e melhoramento da sua integração com sistemas ERP terão um contributo decisivo para o aparecimento de produtos que apoiem os processos de planeamento e tomada de decisão a nível da gestão da produção e das próprias cadeias de valor. Também o trabalho de investigação e desenvolvimento de metodologias de rastreamento, inspeção, simulação e modelação de processos industriais serão fundamentais para implementar efetivamente o conceito de fábrica virtual, em que a gestão de recursos e monitorização do processo produtivo em tempo real são feitas de forma mais racional.

Neste contexto, serão particularmente relevantes desenvolvimentos tecnológicos ao nível da: *cloud computing*, automação, robótica, visão artificial e realidade aumentada. Tal como referido para as tecnologias no âmbito da N3, será também requerida uma adaptação e atualização contínua de tecnologias TIC de cibersegurança tendo em conta os cinco desenvolvimentos tecnológicos supracitados.

N5 – Gestão de resíduos e materiais

Como já foi referido, nesta área, o desenvolvimento tecnológico pode não vir a desempenhar um papel tão fulcral como aquele que possui para as restantes necessidades de mercado e exigências em termos de produto. Os equipamentos necessários à implementação de sistemas para a gestão de resíduos e materiais são já uma realidade bem estabelecida. Ainda assim, existem margens para melhoria em campos específicos.

Para o reaproveitamento de sub-produtos e resíduos ou valorização dos mesmos, as tecnologias de recuperação consideradas podem

estender-se para lá dos sistemas mais simples de reciclagem e incorporar novos avanços com vista à *zero discharge* em unidades industriais. De forma a possibilitar estes avanços, alguns setores perspetivaram a aplicação de nanotecnologia e tecnologias vibratórias (i.e. electromagnetismo).

N6 – Maior sustentabilidade energética

A nível de tecnologia associada ao desígnio de maior sustentabilidade energética, o trabalho a efetuar será focado na aplicação industrial de energias renováveis.

Neste âmbito, perspetiva-se que a energia solar

continue a desempenhar o principal papel segundo três vetores: energia fotovoltaica, energia solar concentrada, e a energia solar térmica. A investigação e desenvolvimento tecnológicos deverão incidir nestes aspetos, tendo em conta a necessidade de sistemas de utilização de energias renováveis com uma integração fabril mais simples e económica de forma a reduzir os recursos financeiros e estruturais dispendidos pelas empresas. Adicionalmente, também a utilização alargada de bombas de calor mais eficientes se pode configurar como uma solução para a introdução de energia de fontes renováveis na indústria.

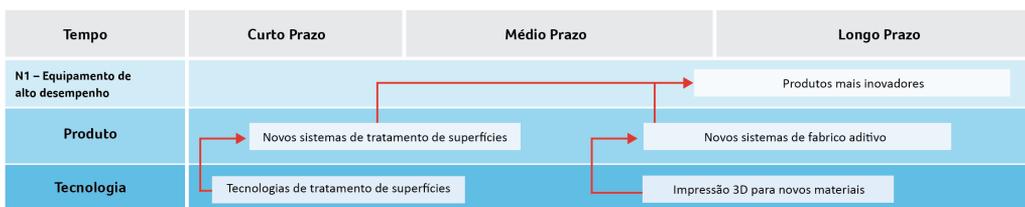


Figura 9 - Percurso Tecnológico 1 do *roadmap* global

3.3 Percursos tecnológicos

Os percursos tecnológicos constituem-se como frações dos *roadmaps* que mais facilmente permitem analisar ligações e interdependências entre as diferentes camadas, subcamadas e *milestones*. Foram adotados nesta metodologia como instrumentos de facilitação da leitura de cada *roadmap* (tanto do *roadmap* global como dos setoriais) e representam caminhos genéricos a percorrer pelas empresas da Fileira das Tecnologias de Produção desde a fase de I&D e desenvolvimento tecnológico até à fase de mercado de um determinado produto.

Existem vários percursos tecnológicos em cada *roadmap*, sendo que alguns apresentam sobreposições entre si, ao passo que outros são simples, diretos e independentes. Seguidamente

apresentam-se os principais percursos tecnológicos constitutivos do *roadmap* global para a Fileira das Tecnologias de Produção.

3.3.1 Percurso tecnológico 1

O primeiro percurso tecnológico derivado do *roadmap* global é o que requiere a aplicação de tecnologias mais disruptivas já que têm em vista o desenvolvimento de equipamentos que garantam o fabrico de produtos inovadores, principalmente ao nível do acabamento.

Neste âmbito, o desenvolvimento de sistemas de fabrico aditivo é relatado como uma prioridade em diversos setores utilizadores das tecnologias de produção. Estes sistemas possuem a capacidade de processar um conjunto amplo de (novos) materiais e vastos fluxos de informação

num só passo, simultaneamente reduzindo o tempo de fabrico e melhorando o acabamento dos produtos fabricados.

No caso das indústrias Metalomecânica e de Moldes, os sistemas de fabrico aditivo surgem em resposta à maior customização das peças exigidas pelos clientes (retalho) e consequente aumento do número de séries de produção requeridas para o fabrico de cada umas das peças. Apesar da indústria Têxtil e do Calçado também necessitar destes sistemas por este mesmo motivo e perspetivar a sua crescente integração no processo produtivo, são ainda requeridas tecnologias de fabrico aditivo para uma maior variedade de materiais ou mesmo tecnologias para o desenvolvimento de materiais adequados ao processo aditivo.

É importante salientar que o desenvolvimento de técnicas que permitam a produção de elementos muito próximos da forma e configuração finais, eliminando a necessidade de várias operações subsequentes de acabamento, deverá ser acompanhado do desenvolvimento/otimização de *software* que forneça informação aos equipamentos de fabrico aditivo. Neste âmbito, será necessário o desenvolvimento e otimização de sistemas CAD/CAM e dos algoritmos que os suportam, bem como adaptação de *software* de gestão de produção, como os sistema ERP e MES.

Ainda para a otimização do processo de acabamento, são requeridas novas técnicas para o melhoramento do tratamento da superfície dos produtos fabricados. No entanto, a variedade de operações de acabamento necessária em cada indústria é de tal forma considerável que os produtos a desenvolver para cada uma terão que ser altamente adaptados e fabricados à medida das necessidades dessa indústria. Em alguns setores, a utilização de tecnologias de laser, plasma e nanotecnologia para o tratamento de superfícies foi relatada como uma das possíveis formas de melhorar o processo de acabamento.

Neste contexto, foi também referenciada pela maioria dos atores envolvidos a necessidade de aumentar o grau de automatização dos processos de acabamento nas várias indústrias. Isto pode ter significados muito diferentes, podendo incluir os processos de polimento e decoração na indústria da Cerâmica e Vidro, a pintura na indústria Metalomecânica, a lixação na indústria do Mobiliário, tratamentos superficiais na indústria das Rochas Ornamentais e Industriais, e o tingimento e secagem na indústria Têxtil ou de Curtumes.

3.3.2 Percurso Tecnológico 2

O segundo percurso tecnológico apresentado é o mais complexo. Embora o objetivo principal do

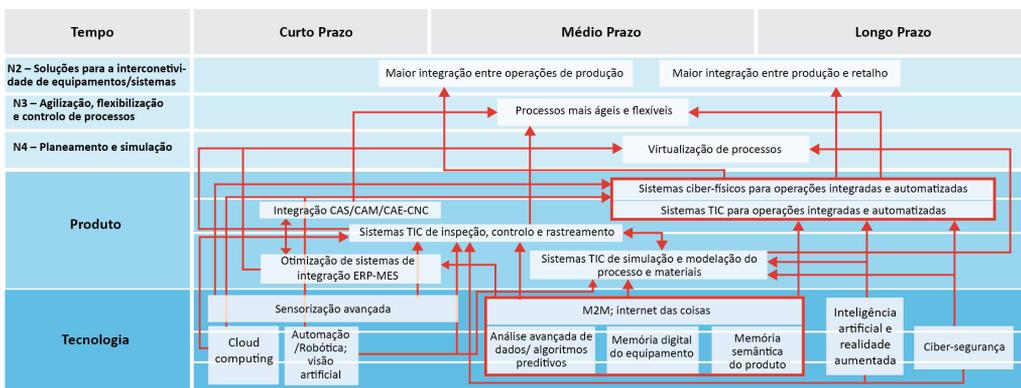


Figura 10 - Percurso Tecnológico 2 do *roadmap* global

fracionamento dos *roadmaps* seja simplificar a informação apresentada, neste caso as interdependências entre as necessidades de mercado, os correspondentes produtos e a tecnologia que está na base desses mesmos produtos, leva a que seja mais lógico apresentar vários elementos do *roadmap* numa versão mais consolidada e integrada.

Esta necessidade de integração e, conseqüentemente, da apresentação de um percurso tecnológico mais complexo, surge das interdependências naturais que resultam da necessidade de dotar a indústria transformadora de equipamentos que comuniquem entre si de forma inteligente e a necessidade de integrar soluções TIC para um processo produtivo inteligente, melhor planeado, mais controlado e mais flexível.

De forma a virtualizar o processo produtivo e de o tornar mais inteligente e flexível através da integração entre todas as operações produtivas, a intervenção tecnológica deve dar-se a três níveis:

- i) Desenvolvimento de tecnologias que permitam que o equipamento utilizado em todas as operações de produção comunique entre si de forma inteligente;
- ii) Desenvolvimento de TIC para agilizar, flexibilizar e controlar o processo produtivo;
- iii) Desenvolvimento de TIC para otimizar o planeamento do processo produtivo.

i) *Desenvolvimento de tecnologias que permitam que o equipamento utilizado em todas as operações de produção comunique entre si de forma inteligente*

A primeira alteração no processo produtivo para torná-lo inteligente consiste na integração

de soluções para a interconetividade de equipamentos/sistemas. Neste âmbito, tal como já referido, é crucial a utilização de sistemas SCFs, nomeadamente: soluções para memorização semântica ativa de produtos (*active semantic product memory*), soluções de *retrofitting* e sistemas de assistência industrial (*industrial assistance systems*).

Os sistemas para a criação de memórias semânticas ativas de produtos, também designados por "bilhetes de identidade digitais de produtos", necessitam de sensores de interpretação inteligente para a recolha e processamento de informação relativa ao ciclo de vida dos produtos*, bem como de tecnologias *semantic web* para a comunicação inteligente e dinâmica dessa informação dos produtos para os sistemas de assistência industrial. De forma semelhante, as soluções de *retrofitting* para a interconetividade de equipamentos antigos** requerem tanto a sensorização desse equipamentos como a aplicação de tecnologias *semantic web*.

Os SCFs de assistência industrial, por sua vez, são responsáveis pela gestão do processo de produção, tendo em conta todos os bilhetes de identidade digitais dos produtos. Estes necessitam de tecnologias que permitam a correspondência inteligente entre produtos emergentes e ferramentas de produção. Entre estas, destacam-se a supercomputação para a análise avançada de dados e desenvolvimento de algoritmos preditivos, e a inteligência artificial para a tomada de decisões a partir de capacidades de aprendizagem, raciocínio e inferência.

ii) *Desenvolvimento de TIC para agilizar, flexibilizar e controlar o processo produtivo*

Revela-se como essencial a integração no processo produtivo de TIC para agilizar, flexibilizar e

* O conjunto dos dados relativos a todas operações pelas quais o produto passou para o seu fabrico. ** Não inteligentes e por isso não preparados para a Indústria 4.0.

controlar os processos. Neste âmbito, é particularmente relevante uma melhor integração entre os sistemas CAD e CAM e os equipamentos do processo produtivo. No entanto, a sua aplicação na monitorização e controlo dos processos será também fulcral. A integração de soluções para a interconetividade de equipamentos/sistemas que utilizem tecnologias M2M e memória digital será necessária para o desenvolvimento de sistemas inteligentes de rastreamento.

Os sistemas de controlo e inspeção automática antevêm-se como uma realidade mais próxima no tempo, devido a avanços recentes em tecnologias de visão artificial. De facto, a visão artificial já é uma realidade em sistemas de corte utilizados na indústria das Rochas Ornamentais e Industriais ou do Calçado, entre outras. Por outro lado, a automatização e integração perfeitas de várias operações irão requerer avanços substanciais em termos de comunicação máquina-a-máquina e desenvolvimento das tecnologias de automação e robótica.

iii) Desenvolvimento de TIC para otimizar o planeamento do processo produtivo

A introdução de TIC também deverá ter como objetivo o melhoramento do processo produtivo sob o ponto de vista de planeamento e simulação.

Vários dos agentes industriais consultados, particularmente os que lidam com séries curtas e produtos altamente customizados, apresentam dificuldades em adquirir instrumentos de planeamento da sua atividade, nomeadamente ERP, que sirvam adequadamente os seus propósitos. A maioria das soluções ERP disponíveis para a indústria é baseada em modelos estandardizados e especialmente adequada a produções contínuas

em grande série. A produção à medida e em séries curtas (hoje paradigma de algumas indústrias como a dos Moldes, do Mobiliário ou das Rochas Ornamentais e Industriais), envolve mudanças constantes de parâmetros de processo (ex. consumo de materiais e energia, tempo de operação das máquinas, expedição do produto acabado, receção de matérias-primas). Os ERP tradicionais não lidam bem com este tipo de dinâmicas. Adicionalmente, alguns desses ERP ainda não possibilitam a gestão alargada da cadeia de valor, incluindo gestão da relação com clientes e fornecedores (CRM e SRM).

A solução para o segundo problema parece mais evidente e disponível. Desde o início do séc. XXI, o paradigma da indústria tem migrado para o “ERP II”, uma solução que inclui funcionalidades típicas de um ERP – como o planeamento de materiais, a distribuição e o registo de encomendas – associadas a novas capacidades como o *Customer Relationship Management* (CRM), *Supplier Relationship Management* (SRM) e a gestão de recursos humanos (HRM). Este tipo de sistemas consegue rapidamente, e com precisão, gerir a operação de uma organização em todas as suas dimensões, fornecendo informação em tempo real onde ela é necessária. São também sistemas baseados na *web*, permitido aceder à informação a qualquer momento em qualquer lugar.

As vantagens e funcionalidades dos sistemas ERP, particularmente os que incorporam as características típicas do paradigma ERP II, são reconhecidas e inegáveis. Os *softwares* são normalmente modulares, permitindo às empresas grande flexibilidade na sua aquisição e utilização, e incluem módulos de gestão financeira, processamento de encomendas, gestão de fornecedores e inventários, e gestão de clientes e recursos humanos.

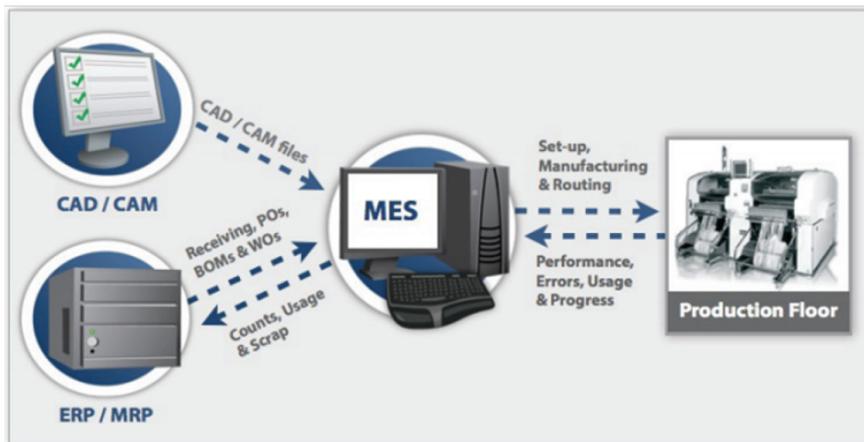


Figura 11 - Integração ERP/MES

Fonte: Global SMT & Packaging, Digital Edition, Setembro 2011

A solução para o primeiro problema, no entanto, apresenta maiores desafios. Uma área de melhoria constantemente apontada aos *softwares* ERP é a sua aplicação na gestão dos processos de fabrico. Nesta área, as capacidades dos ERP têm vindo a alargar-se: atualmente, muitas soluções incluem módulos de controlo e estimativa de custos, gestão e rastreamento de ferramentas e planeamento de capacidade. No entanto, a adequação de uso de ERP tradicionais (ou ERP II) aos processos de produção industrial é ainda insuficiente.

Na maioria dos ambientes industriais, a solução pode passar pelo uso dos MES, bem como pela integração dos ERP com os MES. Os MES fornecem funcionalidades específicas para a produção que as empresas necessitam para adquirirem maior controlo e vigilância ao nível do chão de fábrica. Os MES apresentam normalmente vantagens consideráveis sobre os ERP ao nível de:

- Controlo de produção: planeamento, programação, otimização, controlo e configuração de máquinas, etc.;

- Rastreamento e controlo de componentes, materiais e processos;
- Gestão da qualidade.

Tanto os MES como os ERP são soluções já disponíveis no mercado e postas ao serviço das empresas. O que importa desenvolver, no curto prazo, e adequar às necessidades específicas dos setores utilizadores em Portugal, particularmente os que se sentem mais órfãos de soluções otimizadas, são sistemas integrados ERP/MES que permitam gerar perspetivas mais holísticas e poderosas de todas as funções chave de uma empresa industrial, desde os aspetos financeiros e administrativos aos aspetos técnicos do processo de produção. É ainda importante perceber que a resposta à necessidade de controlar e reagir aos “eventos” do processo produtivo está nos MES mais do que nos ERP. Enquanto os ERP são sistemas de reporte, os MES fornecem visibilidade em tempo real do que está a ocorrer no chão de fábrica de modo a que os técnicos possam monitorizar de imediato os resultados de qualquer ajustamento ou

alteração. Os sistemas MES têm a capacidade de fornecer aos sistemas ERP informação precisa e atempada sobre níveis de produção, estado dos trabalhos em progresso e mesmo números de série de componentes em produção para efeitos de rastreamento.

A integração da capacidade de ambos os sistemas é especialmente valiosa nos ambientes competitivos atuais, em que os mercados exigem tempos de resposta mais rápidos e produções mais eficientes. A integração ERP/MES permite rentabilizar o investimento no próprio ERP, que a maioria das empresas industriais em Portugal já faz, dotando-o de informação vinda diretamente do chão de fábrica, em tempo real, e com elevados níveis de acuidade.

A segunda componente da necessidade de mercado que deverá ser suprida mediante incorporação mais intensiva de TIC no processo produtivo prende-se com os processos de simulação em fábrica e a transição para as chamadas “fábricas digitais”. Esta necessidade deverá ter um prazo de resolução mais alargado do que a relativa ao planeamento e controlo (ERP/MES).

A virtualização das fábricas ajudará a reduzir a necessidade de criação de protótipos físicos e a necessidade de investimento em unidades-piloto, e irá permitir que os processos de engenharia ocorram num ambiente digital, aumentando a capacidade de simulação, modelação e gestão do conhecimento presentes na indústria. Esta capacidade terá uma aplicação transversal a todos os setores utilizadores mas será especialmente importante para as indústrias que trabalham com as já referidas séries curtas e produção altamente customizada. Como é facilmente perceptível,

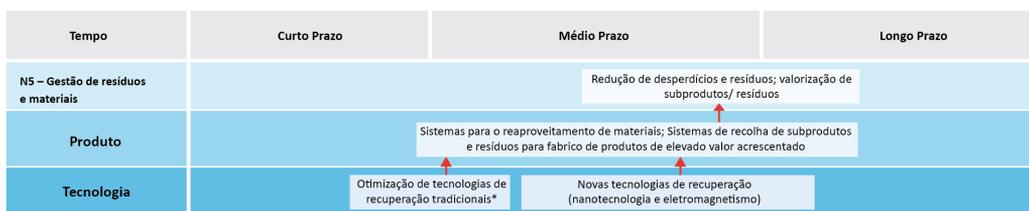
é junto destas indústrias que a necessidade de flexibilização de processos é maior e são também estas que necessitam mais urgentemente de conseguir responder a solicitações rápidas e variadas de forma mais ágil. Os processos de modelação e simulação terão portanto um impacto considerável nestes setores.

A título de exemplo, o setor das Rochas Ornamentais e Industriais lida hoje, maioritariamente, com séries curtas e feitas à medida. É um setor em que a escolha do tipo de material errado para uma determinada aplicação pode levar a elevados custos de manutenção e à perda de confiança na indústria. O desenvolvimento de processos de modelação e simulação pode levar a uma forte mitigação deste risco ao permitir, por exemplo, prever o comportamento da pedra sob certas condições ambientais e atmosféricas, prever a sua resistência ao aparecimento de manchas e outros defeitos e, em última instância, recomendar o material certo para a aplicação certa. Este é apenas um exemplo de como o desenvolvimento de ferramentas de modelação e simulação, baseadas na investigação de algoritmos e, naturalmente, nas características físicas, químicas e mecânicas dos materiais, pode constituir-se como uma mais-valia importante para os setores industriais utilizadores.

“Manufacturing systems are highly reactive systems, due to rapidly changing market demand and unscheduled events (machine breakdown, absentee workers, material quality), resulting in a great need by industry for simulation based real-time decision support that is tightly integrated with Manufacturing Execution Systems (MES).”

Estas ferramentas podem vir a ser integradas nos próprios sistemas MES, sendo que essa é, atualmente, uma área de desenvolvimento tecnológico à qual é dedicada atenção considerável. Um bom exemplo dessa situação é o projeto DREAM - *Simulation based application*

Decision support in Real-time for Efficient Agile Manufacturing (2012-2015) – financiado pelo 7º Programa Quadro para a Investigação e Desenvolvimento Tecnológico (FP7) da Comissão Europeia, e liderado pelo *Fraunhofer Institute for Industrial Engineering*.



*Tanques, bombas, filtros, evaporadores, cristalizadores, secadores, etc.

Figura 12 - Percurso Tecnológico 3 do *roadmap* global

3.3.3 Percurso Tecnológico 3

O terceiro percurso tecnológico derivado do *roadmap* global é o que poderá apresentar menores exigências ao nível das tecnologias necessárias à sua implementação. As necessidades de reduzir desperdícios, reaproveitar e valorizar resíduos são importantes em vários dos setores e ambas podem estar ligadas. Esta necessidade é particularmente prevalente em setores com operações do processo produtivo em fase aquosa ou setores que utilizem grandes quantidades de água.

Como referido, a questão do reaproveitamento de resíduos e uso mais racional de materiais não tem necessariamente que se apresentar como um desafio tecnológico de vanguarda, podendo tratar-se apenas de uma questão de alterações comportamentais. A água é, possivelmente, um dos recursos mais desperdiçados pela indústria em Portugal e esta é uma situação da qual grande parte dos industriais está ciente. Indústrias como a Têxtil, dos Curtumes, da Cortiça e das Rochas Ornamentais e Industriais são grandes consumidoras de água e nem sempre têm disponíveis sistemas que permitam

reciclar e reaproveitar as águas de processo.

Também é verdade, contudo, que as tecnologias de recuperação disponíveis podem não se encontrar ainda num nível que permita um reaproveitamento total dos efluentes de processo (*zero discharge*).

A indústria de Curtumes, por exemplo, incorre em despesas consideráveis para o tratamento de efluentes de processo nas estações de tratamento, ao mesmo tempo que se vê na obrigação de continuamente introduzir água fresca no processo. Ainda que a introdução de água fresca possa nem sempre constituir um gasto avultado (esta pode provir de cursos de água natural), a prática é contrária aos princípios de sustentabilidade e eficiência de recursos que devem nortear a atuação da indústria moderna.

Na indústria Têxtil, os consumos de água são elevados e canalizados especialmente para o processo de tingimento. Para responder a esta questão, a indústria Têxtil tem procurado

apostar, essencialmente, em processos de tingimento que utilizem menos água. Ainda assim, enquanto esse tipo de processos não se encontra convenientemente desenvolvido e largamente disseminado, a limpeza de efluentes e reaproveitamento de águas deve ser considerada como uma possível solução, mesmo tendo em conta que os efluentes da indústria Têxtil são de elevada toxicidade, devido, precisamente, aos compostos usados no tingimento.

Na indústria das Rochas, por sua vez, a água é largamente utilizada nos processos de extração, corte e acabamento, tendo como fim o arrefecimento dos equipamentos, a limpeza dos materiais ou mesmo os processos de corte em si (jato de água).

Assim, estas indústrias, em particular, teriam muito a beneficiar com a adoção mais alargada de sistemas de reciclagem/recuperação eficientes na maioria das instalações. Sistemas relativamente típicos à base de tubagens, bombas e tanques deveriam ser equipamentos de aplicação comum nestas indústrias, sendo que, naturalmente, o tratamento a dar a cada efluente teria que ser específico para o setor. Os efluentes são diferentes e, consequentemente, as necessidades de tratamento são também diferentes. Os efluentes da indústria das Rochas são caracterizados, essencialmente, por um elevado teor de sólidos suspensos, ao passo que nas indústrias Têxtil e da Cortiça estes contêm quantidades importantes de contaminantes químicos e biológicos. Nos Curtumes, verificam-se ambas as situações.

Este tipo de sistemas não apresenta desafios tecnológicos de ponta, pelo que cabe à fileira das Tecnologias de Produção estudar os motivos que levam à sua não aplicação em vários casos. Os custos de investimento são por vezes

apontados, pelo que urge encontrar soluções que permitam fazer face a esse obstáculo.

Outras soluções de recuperação mais eficazes poderão vir a requerer investimentos noutros tipos de equipamento. O objetivo da *zero discharge* poderá, a mais longo prazo, implicar a adoção de lagoas de evaporação ou sistemas termomecânicos baseados em evaporadores, cristalizadores ou secadores.

Existem atualmente algumas áreas de I&D associadas às tecnologias de recuperação às quais é atribuída uma importância considerável. Estas áreas, além de proporcionarem algumas das soluções correntemente disponíveis, apresentam também um grande potencial de desenvolvimento futuro: filtros de membranas; biorreatores de membranas (MBR); tratamento e desinfecção químicos; e desmineralização.

Tendo em vista um processo produtivo *zero discharge*, perspectiva-se também a I&D de tecnologias mais complexas que permitam uma recolha de subprodutos e resíduos mais eficiente e precisa, nomeadamente da nanotecnologia e da tecnologia vibratória (eletromagnetismo).

3.3.4 Percurso Tecnológico 4

O último percurso tecnológico apresentado diz respeito ao aumento da sustentabilidade energética dos processos industriais. De um modo geral, os diferentes setores utilizadores apresentam diferentes perspetivas em relação aos custos energéticos associados à produção. Nalguns casos, estes representam frações reduzidas dos custos de produção (por exemplo na indústria dos Moldes e Ferramentas), ao passo que noutros, os custos energéticos são muito significativos como, por exemplo, no

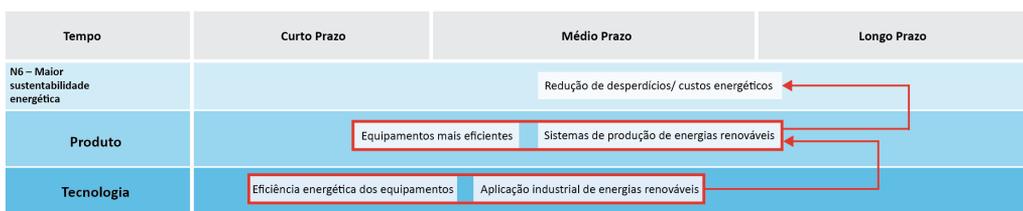


Figura 13 - Percurso Tecnológico 4 do *roadmap* global

caso da Cerâmica e Vidro. Existem também situações em que os custos energéticos não são devidamente considerados pela larga maioria das empresas do setor, sendo que não lhes é atribuída a importância que realmente merecem. Esta última situação revelou-se especialmente prevalente no caso do setor da Cortiça, onde existem várias unidades produtivas de pequena dimensão.

Segundo conclusões obtidas durante o processo de recolha de informação, o maior desafio da indústria portuguesa em termos energéticos é o preço cobrado pelos fornecedores de energia (elétrica, gás natural e combustíveis). Os representantes industriais e do sistema científico e tecnológico associados a cada setor estudado acreditam que, na maioria dos casos, a resposta para a questão do aumento da sustentabilidade energética deverá vir da aplicação industrial de energias renováveis e dos produtos e sistemas que serão criados a partir da investigação tecnológica na área.

Uma das grandes contribuições das tecnologias de produção para o aumento da sustentabilidade energética na indústria estará no desenvolvimento de formas mais eficazes de aproveitamento de energias renováveis, em particular, a energia solar, aquela que parece apresentar maior viabilidade de uso a nível de uma unidade fabril. Existem, essencialmente, três formas essenciais de aproveitar o sol como fonte de energia:

- **Energia solar térmica** – gerada a partir do uso de painéis que captam o calor, que é usado diretamente no aquecimento (ou arrefecimento, mediante a sua utilização num ciclo normal de refrigeração) de correntes de processo. Esta é a forma mais básica de utilização de energia solar, geralmente conhecida como aquecimento e arrefecimento solares;
- **Energia solar concentrada** – gerada a partir de sistemas de espelhos e lentes que concentram a luz solar e convertem-na em calor que é utilizado em processos normais de produção de eletricidade, geralmente o aquecimento de turbinas a vapor;
- **Energia fotovoltaica** – energia elétrica gerada diretamente da luz solar através do efeito fotovoltaico.

A energia solar térmica destaca-se por ser a mais simples das tecnologias consideradas, a menos exigente em termos de custos de investimento e com altos retornos sobre o investimento. A sua aplicabilidade limitada e incapacidade em produzir eletricidade são aspetos negativos da sua implementação.

Por sua vez, os sistemas de energia solar concentrada apresentam um trunfo que é vital para a indústria – a capacidade de armazenamento de energia para fazer face a períodos de maior consumo e menores níveis de irradiação. A capacidade de garantir um abastecimento contínuo

de energia é essencial para qualquer indústria e é uma vantagem oferecida pelos sistemas de energia solar concentrada e que ainda não se encontra ao alcance dos sistemas fotovoltaicos. Por outro lado, a complexidade dos sistemas de geração de energia solar concentrada e as suas exigências em termos de espaço e custos de investimento colocam entraves à sua utilização.

Os sistemas de produção de energia fotovoltaica demarcam-se pela simplicidade da instalação, exigências mínimas de manutenção e a existência frequente de incentivos à sua adoção. Adicionalmente, o excesso de calor do processo pode ser usado para cogeração. A sua intermitência e relativamente baixa intensidade, por exemplo, são obstáculos ao seu uso.

As três formas de aproveitamento da energia solar apresentam possíveis áreas de melhoria consideráveis, pelo que todas apresentam potencial para gerarem novos sistemas de produção de energia na fábrica, adotáveis a médio e longo prazo.

Como referido anteriormente, um outro produto que pode ser associado à aplicação de energias renováveis em processos industriais é a bomba de calor. As bombas de calor podem ser consideradas fontes de geração de energia renovável, se a quantidade de calor útil que produzem for superior à energia que consomem para o seu funcionamento. Tal depende da eficiência da bomba. As bombas de calor recolhem o calor ambiente ou o calor de correntes de processo e transferem-no para outras correntes/ operações de processo sem necessidade de utilizar fontes de energia primária.

O segundo grande desafio a vencer para aumentar a sustentabilidade energética dos processos industriais é o aumento da eficiência dos equipamentos. Existem vários tipos diferentes de

equipamentos em vários setores industriais diferentes, pelo que é inviável a sua identificação individual.

No entanto, as principais áreas de investigação associadas ao aumento generalizado da eficiência energética dos equipamentos são relativamente bem conhecidas. O controlo intensivo com automação integrada nos equipamentos industriais, o aumento das capacidades de recuperação, recolha e captação de energia desses mesmos equipamentos, e o desenvolvimento do seu grau de adaptabilidade e auto-adaptabilidade a diferentes requisitos de processo, são consideradas áreas prioritárias.



Finalmente, é também importante salientar que o aumento da sustentabilidade energética dos processos industriais em Portugal passa também por fatores não tecnológicos, em especial pela reformatação do comportamento dos agentes industriais.

O facto de não se desligar uma determinada máquina que poderia estar inativa durante a hora de almoço, ou de não se atribuir a importância devida aos processos de auditorias energéticas e de estimação exata dos custos energéticos de uma fábrica são problemas cujas soluções depende de alterações nas dinâmicas comportamentais.

No entanto, mesmo dentro deste aspeto, as tecnologias de produção podem vir a ter uma palavra importante a dizer. As tecnologias de controlo e monitorização, assim como as de planeamento e estimação de custos, deverão ter um papel cada vez mais preponderante na

gestão dos gastos energéticos e também no seu controlo.

No setor da Cortiça, por exemplo, várias empresas utilizam compressão de ar nos processos de secagem. Os sistemas de ar comprimido são grandes consumidores de energia, consumo esse que muitas vezes passa despercebido. Além do mais, uma pequena fuga numa tubagem faz aumentar consideravelmente a energia consumida sem que tal seja devidamente notado. Logo, uma monitorização mais apertada destes processos, assim como melhores meios para controlar os custos a si associados, permitirão reduzir de forma significativa os custos energéticos dos processos.



INDÚSTRIA 4.0

Todos os percursos tecnológicos apresentados para a Fileira das Tecnologias de Produção beneficiam com a mudança revolucionária do processo produtivo no âmbito da Indústria 4.0 em “que os meios de produção estão ligados digitalmente, as cadeias de abastecimento estão integradas e os canais de distribuição são digitalizados” (Amaral L. M., 2016*).

A quarta revolução industrial, designada por Indústria 4.0, tem como principal a implementação inteligente de redes conetando equipamentos com equipamentos e equipamentos com pessoas (produção e cliente), não se restringindo à simples automatização e robotização e ao controlo eletrónico de processos e gestão já aplicados no âmbito da Indústria 3.0.

Devido à utilização de soluções digitais da Indústria 4.0, perspectiva-se a criação de novas cadeias de valor e novos modelos de negócio. São perspetivados novos modelo de produção com séries mais customizadas e em menor número, cadeias de valor multidireccionais em vez de especializadas, e um maior circularidade do processo produtivo.

No que diz respeito à interface com o cliente (retalho), é prevista: uma transformação de operações de marketing através da criação de multicanais e omnicanais; e uma maior interface entre a produção e o cliente através da comunicação inteligente entre equipamentos, sistemas TIC e pessoas.

A Indústria 4.0 consiste essencialmente num mosaico tecnológico tendo em vista a integração no processo produtivo de: sistemas avançados de informação, soluções para a conetividade entre sistemas, equipamentos, produtos e pessoas; e sistemas avançados de produção.

A Tabela 6 inclui as tecnologias requeridas para o desenvolvimento e otimização dos sistemas supracitados.

Apesar da indústria utilizadora de Tecnologias de Produção nacional beneficiar com a aplicação de todas as tecnologias no âmbito da Indústria 4.0 (Tabela 6), existem algumas tecnologias particularmente relevantes, tais como: o fabrico aditivo (indicado no percurso tecnológico 1 e discutido na secção 3.3.1); os SCFs para gestão do ciclo de vida do produto e interconetividade de equipamentos/sistemas; e a cibersegurança (ambos indicados no percurso tecnológico 2 e discutidos na secção 3.3.2).

* Amaral L. M., Debate "O Conceito de Reindustrialização, Indústria 4.0 e a Política Industrial para o século XXI: o caso português" no âmbito do Ciclo de Debates da Confederação Empresarial de Portugal 2016, Braga, 11 de Maio 2016: http://cip.org.pt/wp-content/uploads/2016/05/2016-05-11_BRAGA_LMAmaral.pdf

Tabela 6 - Tecnologias no âmbito da Indústria 4.0*

Categoria tecnológica	Tecnologias no âmbito da Indústria 4.0
Sistemas avançados de informação	<ul style="list-style-type: none"> • Infraestrutura digital; • Inteligência artificial e algoritmos preditivos; • Análise avançada de dados; • <i>Cloud computing</i>; • Cibersegurança.
Soluções para a conectividade entre sistemas, equipamentos, produtos e pessoas	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores avançados e internet das coisas; • Operação remota; • Realidade aumentada; • Máquinas inteligentes; • SCFs.
Sistemas avançados de produção	<ul style="list-style-type: none"> • Produtos e materiais avançados e conectados; • Operações modulares; • Fabrico aditivo; • Robôs autónomos.

*Andrez J.S., Seminário: A Região de Lisboa e Vale do Tejo e o País, 10 anos depois do PNPOT – Economia 4.0, Lisboa, 2017

Todos os setores utilizadores das Tecnologias de Produção referiram que a aplicação destas tecnologias consiste numa oportunidade para a indústria portuguesa aumentar a eficiência e flexibilidade dos seus processos de produção, bem como aumentar sua capacidade de inovação.

É importante salientar que a integração destas tecnologias no processo produtivo das empresas utilizadoras de Tecnologias de Produção acarreta alguns desafios sob o ponto de vista de gestão, nomeadamente ao nível:

- Da cultura de inovação das empresas – algumas empresas poderão não ter como prioridade a integração de novas tecnologias no âmbito da Indústria 4.0 já que estas acarretam, de forma geral, um grande investimento financeiro e temporal;

- Da inovação organizacional ou de marketing – as empresas poderão manter-se resistentes à adoção de novos modelos de negócio suportados na partilha de conhecimento, práticas e modelos económicos apoiados em comunidades de utilizadores ou em cadeias de valor distribuídas;

- Dos recursos humanos qualificados – as empresas poderão ter alguma dificuldade em adquirir competências técnicas para uma utilização apropriada e eficientes destas novas tecnologias.

3.4 Atividades de I&D

Existem doze áreas tecnológicas principais que deverão estar na base do desenvolvimento de novos produtos que servirão a indústria portuguesa a curto, médio e longo prazo.



Tabela 7 - Principais áreas tecnológicas do *roadmap* global

Aplicação industrial de energias renováveis	Cibersegurança	Comunicação M2M/ internet das coisas
Eficiência energética dos equipamentos	Fabrico aditivo	Integração CAD/M/E - CNC
Integração ERP/ERP II – MES	Metodologias simulação/ modelação	Robótica/automação/ inteligência artificial
<i>Semantic service architecture</i> / memória digital	Tecnologias de recuperação	Visão artificial

3.4.1 Áreas relevantes de investigação

No âmbito das áreas tecnológicas indicadas na Tabela 7, pode definir-se um conjunto de áreas de investigação prioritárias que levarão ao desenvolvimento de produtos que respondam às necessidades de

mercado globais dos setores industriais utilizados em termos de tecnologias de produção. Estas áreas de investigação estão indicadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Áreas tecnológicas para atividades de I&D

Tecnologia: Aplicação industrial de energias renováveis	
	<p>Áreas de investigação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energia solar concentrada; • Energia fotovoltaica; • Energia solar térmica; • Bombas de calor.
Tecnologia: Cibersegurança	
	<p>Áreas de investigação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de proteção de dados armazenados na <i>cloud</i>; • Sistemas de cibersegurança para máquinas inteligentes; • Sistemas de cibersegurança para sistemas TIC de planeamento e controlo de produção.

Tecnologia: Comunicação M2M/ internet das coisas



Áreas de investigação:

- Protocolos e mecanismos de *networking*.

Tecnologia: Eficiência energética dos equipamentos



Áreas de investigação:

- 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.

Tecnologia: Fabrico aditivo



Áreas de investigação:

- Técnicas de fabrico aditivo (ALM - *Additive Layer Manufacturing*);
- Transferência de técnicas para uso em materiais avançados.

Tecnologia: Integração CAD/M/E – CNC



Áreas de investigação:

- Desenvolvimento continuado da linguagem STEP-NC.

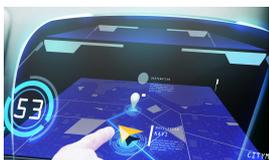
Tecnologia: Integração ERP/ERP II - MES



Áreas de investigação:

- Desenvolvimento de soluções baseadas no standard ISA-95 e na linguagem B2MML.

Tecnologia: Metodologias de simulação/modelação



Áreas de investigação:

- Modelação e simulação de processos de fabrico;
- Modelação inteligente de maior capacidade preditiva;
- Simulação integrada em chão-de-fábrica;
- Interfaces de utilizador avançadas.

Tecnologia: Robótica/automação/ inteligência artificial



Áreas de investigação:

- Automação cooperativa inteligente;
- Interação humano-robot;
- Medição de KPI, monitorização de sistemas e controlo de qualidade;
- Máquinas de produção inteligente.

Tecnologia: *Semantic service architecture*/ memória digital



Áreas de investigação:

- SCFs de assistência industrial;
- SCFs para memória semântica de produto*;
- SCFs para *retrofitting*/ interconectividade de equipamentos antigos**.

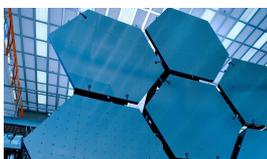
Tecnologia: Tecnologias de recuperação



Áreas de investigação:

- Filtros de membranas;
- Biorreatores de membranas (MBR - *Membrane Bioreactors*);
- Tratamento e desinfecção químicos;
- Desmineralização.

Tecnologia: Visão artificial



Áreas de investigação:

- Inspeção automatizada e inteligência artificial;
- ◊ Sistemas de visão de alta resolução;
- ◊ Interferometria de luz estruturada.

* Nestes sistemas de memória estão depositados todos os dados relativos ao ciclo de vida (*product life cycle*) de cada produto, indicando quaisquer prós e contras de cada variável relativa a todas as operações pelas quais o produto passou para o seu fabrico. ** não inteligentes e por isso não preparados para a Indústria 4.0

As áreas de investigação mencionadas na Tabela 8 não pretendem ser uma lista completa de todos os campos científico-tecnológicos nos quais será necessário desenvolver novo conhecimento e novos resultados para desenvolver as tecnologias correspondentes. No entanto, tendo em conta o trabalho de diagnóstico realizado no âmbito deste projeto, bem como a relevância que cada tecnologia tem para a Fileira das Tecnologias de Produção, as áreas de investigação referenciadas revestem-se de uma importância crucial.

Seguidamente, tecem-se algumas considerações breves sobre as áreas tecnológicas indicadas.

Aplicação industrial de energias renováveis

Energia solar concentrada

O uso alargado de energia solar concentrada na indústria irá implicar que esta seja conseguida atingindo melhores desempenhos e custos mais baixos, especialmente ao nível da instalação. Existe uma série de aspetos técnicos que necessitarão de melhorias, mas será também necessário desenvolver um conjunto de atividades paralelas de I&D e demonstração desenhadas para permitir uma melhor exploração dos pontos fortes deste tipo de energia.

Assim, fatores como a melhoria da flexibilidade operacional no processo de geração de energia solar concentrada, permitindo hibridização das centrais com gás natural ou biomassa, e a melhoria da despachabilidade* da energia são cruciais. Também a melhoria da performance ambiental e pegada hídrica dos sistemas, e o desenvolvimento de conceitos avançados de controlo e *design* serão áreas de investigação de importância elevada.

A principal área de investigação, no entanto, deverá ser a eficiência dos concentradores, que são, na sua essência, sistemas à base de lentes e espelhos, pelo que novos avanços na área da ótica de não-imagem serão decisivos.

Energia fotovoltaica

Para melhorar a competitividade da energia fotovoltaica em ambiente industrial, será necessário vencer vários desafios de investigação, nomeadamente o aumento da eficiência de conversão, estabilidade e vida útil das células. Também o desenvolvimento de interfaces de rede e tecnologias de armazenamento se revelarão fundamentais para os avanços da energia fotovoltaica.

Energia solar térmica

A investigação na área da energia solar térmica deverá prender-se com a eliminação das principais barreiras que ainda obstaculizam a sua utilização mais alargada em contexto industrial. Em particular, a diminuição da escala das áreas de superfície necessárias para a instalação dos coletores solares (que deverá passar pela melhoria da eficiência dos coletores), e a identificação de soluções para os problemas da intermitência da energia e a sua baixa intensidade, a escalabilidade limitada dos sistemas e a impraticabilidade de armazenar ou vender calor em excesso produzido serão tópicos de investigação importantes.

Bombas de calor

A investigação ao nível das bombas de calor deverá realizar-se a dois níveis – ao nível do próprio equipamento, particularmente com vista ao aumento da sua eficiência; mas também ao nível dos processos de otimização e integração em fábrica. A ausência de otimização termodinâmica na indústria, especialmente em processos complexos e com várias operações, constitui-se como um detrimento para a aplicação eficiente e otimizada de bombas de calor. Ferramentas que permitam realizar análises *pinch* de forma rápida e ágil terão um papel importante neste âmbito.

Cibersegurança

Sistemas para protecção de dados e ataques cibernéticos

Será cada vez mais necessária investigação no âmbito da cibersegurança devido ao aumento exponencial de dados relativos ao processo produtivo no mundo virtual. Perspetiva-se então a otimização de sistemas de protecção dos dados armazenados na *cloud*, bem como soluções que previnam ataques cibernéticos a equipamento inteligente e a sistemas TIC de planeamento e controlo da produção.

Comunicação M2M/ internet das coisas

Protocolos e mecanismos de networking

Dentro desta área de investigação, procurar-se-á aumentar a eficiência da gestão de produção e equipamentos em rede, criando condições para a emergência da chamada internet das coisas (*Internet of Things*) em contexto industrial. Esta emergência levará à criação facilitada de redes de vários equipamentos, tais como sensores *wireless* e dispositivos RFID, que contribuirão significativamente para o aumento da eficiência logística, monitorização em *real time* de fluxos de materiais e utilização de recursos.

* Trata-se da capacidade de gerar eletricidade de forma contínua e quando demandada. Quanto maior a despachabilidade menor a dependência de outros fatores, como sol, vento e chuva, para a produção de eletricidade.

Eficiência energética dos equipamentos

Aplicações de controlo intensivo com automação integrada

Os controlos associados aos equipamentos industriais deverão tornar-se mais flexíveis de forma a poderem gerir diferentes sistemas, ao mesmo tempo, da forma mais simples e eficiente. Estes sistemas terão de ter a capacidade de comunicar entre si e otimizar as necessidades de consumo de energia e manutenção, ao mesmo tempo que devem mostrar, em tempo real, os consumos de energia correntes.

Capacidade de recuperação, recolha e captação de energia dos equipamentos

A recuperação e recolha de energia (*energy harvesting and scavenging*) é um processo através do qual é possível capturar pequenas quantidades de energia que de outra forma se perderiam, tais como calor, luz, som, vibração e movimento. Este processo apresenta um elevado potencial para gerar benefícios para a indústria, mas requererá avanços em áreas críticas tais como: os materiais piezoelétricos para a recuperação de energia da vibração, movimento e som; e os materiais piroelétricos para recuperação do calor. Avanços de engenharia ao nível do armazenamento de energia e metrologia serão também indispensáveis.

Adaptabilidade e auto-adaptabilidade do equipamento a diferentes requisitos de processo

A adaptabilidade do equipamento industrial a diferentes requisitos de processo trará consigo níveis de agilidade que permitirão um uso mais racional da energia e o aumento da eficiência do equipamento. O aumento dos níveis de adaptabilidade do equipamento levará a processos mais intensivos em termos de controlo e mais tolerante a falhas, o que gera vantagens claras em termos da redução de consumos energéticos.

Fabrico aditivo

Técnicas de fabrico aditivo

As técnicas de fabrico aditivo (ALM) estão na vanguarda das tecnologias de produção *net/near-net shape*. Existem vários tipos de tecnologias ALM em permanente desenvolvimento:

- Processos de moldagem de pó (*Laser Sintering, Laser Melting, Electron Beam Melting*)
- Processos de deposição de materiais (extrusão)
- Impressão 3D
- Estereolitografia

Transferência de técnicas para uso em materiais avançados

As tecnologias *net-shape* têm ganho importância a nível industrial como meios de produção de partes estruturais feitas de uma vasta gama de materiais como metais, cerâmicos e polímeros. A transferência destes processos de baixo custo para novas classes de materiais (intermetálicos, biocerâmicos, nanocompósitos, etc.) levará à criação de novas possibilidades de *design* de componentes e poupanças significativas em termos de custos de processo.

Integração CAD/M/E - CNC

Desenvolvimento continuado da linguagem STEP-NC

O STEP-NC é uma linguagem de controlo de ferramentas mecânicas que liga os dados de *design* CAD utilizados para determinar os requisitos de maquinação de uma peça ao processo CAM/CNC de fabrico da própria peça. É o resultado de um projeto de investigação iniciado há mais de 15 anos por várias instituições europeias e atualmente participado também por instituições coreanas.

Em certas aplicações, o STEP-NC tem permitido uma redução de 15% no tempo de maquinação das peças e o fabrico de peças que obedecem a requisitos de precisão mais exigentes com custos menos elevados. Os desenvolvimentos futuros da tecnologia prender-se-ão com o seu refinamento contínuo e aplicação a diferentes processos de maquinação com, por exemplo, a maquinação por descarga elétrica (EDM).

Integração ERP/ERP II – MES

Desenvolvimento de soluções baseadas no standard ISA-95 e na linguagem B2MML

O *Business To Manufacturing Markup Language* (B2MML) é uma implementação XML do *standard* ISA-95 da *Instrumentation, Systems and Automation Society*. Este *standard* é utilizado para definir interfaces entre atividades de gestão empresarial e controlo de produção. O desenvolvimento de soluções ERP e MES que suportem o *standard* ISA-95 proporcionará uma maior facilidade de integração no futuro, permitindo a comunicação entre diferentes níveis de operação da empresa sem necessidade de avultados custos de investimento e manutenção.

Metodologias de simulação/modelação

Modelação e simulação de processos de fabrico

A investigação nesta área incidirá sobre o desenvolvimento e aperfeiçoamento de metodologias de modelação e simulação de processos de fabrico de componentes envolvendo fenómenos mecânicos, energéticos, químicos e associados à mecânica de fluidos.

Modelação inteligente de maior capacidade preditiva

Nesta área, os objetivos de investigação passarão por desenvolver modelos mais inteligentes e mais capazes de fornecer detalhes de projeto, mas também com maior capacidade preditiva de

modo a reduzir as necessidades de prototipagem física ou de construção de unidades piloto. Estes processos de modelação deverão contemplar propriedades de materiais e componentes e as suas variações, e ajudar a identificar e mitigar efeitos de corrosão, temperatura ou *stress* sobre os componentes produzidos.

Simulação integrada em chão-de-fábrica

Dentro desta área de investigação, procurar-se-á desenvolver ferramentas de modelação que funcionem de maneira integrada em diferentes níveis do chão-de-fábrica (processo, máquina, célula, linha e fábrica). A interação com a máquina e o sistema de controlo deverá permitir que a simulação utilize como linha de base a situação corrente em fábrica. Os resultados da simulação irão permitir que as tarefas dos operadores sejam apoiadas por sistemas multinível de apoio à tomada de decisão.

Interfaces de utilizador avançadas

As interfaces de utilizador avançadas deverão apresentar um aspeto gráfico interativo que permita aos operadores lidarem com a complexidade dos sistemas de simulação e decisão incorporados nos equipamentos e linhas e produção.

Robótica/automação/ inteligência artificial

Automação cooperativa inteligente

Nesta área, o trabalho de investigação debruçar-se-á sobre o desenvolvimento de novos métodos de interação e definição automática de tarefas em sistemas de automação cooperativa inteligente e de controlo robótico, capazes de apoiarem novos paradigmas de programação da produção, tais como lotes pequenos e customizados.

Interação humano-robot

Os desenvolvimentos na interação humano-robot terão em vista a produção de novos sistemas

*Nestes sistemas de memória estão depositados todos os dados relativos ao ciclo de vida (*product life cycle*) de cada produto, indicando quaisquer pros e contras de cada variável de todas as operações pelas quais o produto passou para a sua.

híbridos de fabrico e montagem/desmontagem, baseados em robótica melhorada e/ou tecnologia de automação para tarefas de produção cooperativa entre humanos e robots.

Medição de KPI, monitorização de sistemas e controlo de qualidade

Neste campo, deverão ser desenvolvidas novas ferramentas e métodos de metrologia para manipulação e processamento em larga escala de informação sobre o processo produtivo. A avaliação da produção, da própria automação de apoio à produção e do equipamento de medida e sensores será efetuada recorrendo a metodologias e métricas estandardizadas, incluindo o desenvolvimento de procedimentos adaptativos e com capacidade de auto-aprendizagem para controlo de processo e da qualidade.

Máquinas de produção inteligente

Outro campo de desenvolvimento tecnológico essencial na área da automação e robótica será o desenvolvimento de máquinas de produção inteligente e equipamento de automação de configuração automática (*plug-and-produce*). Estes equipamentos incluem robots e outras máquinas inteligentes, aparelhos periféricos, sensores e sistemas de comunicação capazes de gerarem sistemas de equipamento e controlo escaláveis, permitindo ainda a migração e transição dos sistemas existentes para arquiteturas modernas.

Semantic service architecture/ memória digital

SCFs para a gestão do processo produtivo

De forma a tornar o processo produtivo mais inteligente através da criação de uma *semantic service architecture* que controle de forma automática o processo produtivo, será necessário o desenvolvimento ou otimização de SCFs que possam ser incorporados nos equipamentos de produção e nos produtos fabricados

a partir desses equipamentos. No caso dos sistemas de memória - designados por memórias semânticas ativas de produtos (*active semantic product memories*)* - e das soluções de *retrofitting*, a investigação incidirá sobretudo sobre tecnologias *semantic web* e sensores de interpretação inteligente. No caso dos SCFs, será requerida investigação sobre ferramentas TIC que realizem processos de correspondência inteligente entre produtos emergentes e ferramentas de produção.

Tecnologias de recuperação

Filtros de membranas

Os filtros de membranas constituem-se, possivelmente, como a tecnologia de maior aplicabilidade transversal entre os vários setores utilizadores, levando à implementação de sistemas de recuperação que, de facto, representem mais-valias na maioria das indústrias. O principal desafio tecnológico associado a este produto prende-se, portanto, com o desenvolvimento de novas membranas (poliméricas, líquidas e cerâmicas) ou novas tecnologias de membranas que tornem os equipamentos mais atrativos e compensadores para as indústrias utilizadoras.

Biorreatores de membranas (MBR)

Os MBR oferecem várias vantagens na recuperação de efluentes em relação a outros sistemas convencionais de tratamento, tais como a qualidade da água recuperada, um maior grau de automação, uma pegada ecológica menor e menor produção de lamas. Estas características, combinadas com exigências ambientais cada vez maiores, têm despertado um interesse aumentado na tecnologia MBR. Ainda assim, vários desenvolvimentos tecnológicos são ainda necessários para aumentar a eficiência destes sistemas, nomeadamente a deposição de incrustações nas membranas. Aos trabalhos típicos de investigação sobre este problema, tais como a manipulação de variáveis de processo como os

fluxos, tempo de retenção de sólidos, concentração de microrganismos, etc., juntam-se também abordagens mais inovadoras como a aplicação de campos elétricos que inibem a deposição de material sobre a membrana.

Tratamento e desinfecção químicos

O tratamento e desinfecção químicos (particularmente esta última) são aplicáveis, maioritariamente, a águas que se destinam ao consumo por seres vivos, uma vez que se destinam a eliminar agentes patogénicos. No entanto, as águas que correm em circuitos de refrigeração industrial devem ser sujeitas a processos de desinfecção para recuperação, uma vez que as elevadas temperaturas a que essas águas são expostas são propícias ao desenvolvimento de microrganismos e de biofilmes que causam corrosão nas tubagens. O trabalho de investigação nesta área pode debruçar-se sobre vários aspetos, desde a redução/eliminação de produtos secundários da desinfecção, ao aumento do efeito da proteção residual do desinfetante e ao desenvolvimento das técnicas de controlo e monitorização dos parâmetros de interesse da água.

Desmineralização

Os processos de desmineralização removem minerais e nitratos da água e são particularmente relevantes para aplicação em indústrias que requerem elevados níveis de pureza da água (farmacêutica, semi-condutores, agroalimentar,

etc.). A desmineralização é conseguida à custa de vários processos, alguns dos quais envolvendo filtração por membranas (osmose inversa e nano/ultrafiltração), mas também através de eletrodialise ou destilação. Alguns dos principais desafios de I&D colocados aos processos de desmineralização estão, por associação, colocados também aos processos de filtração por membranas. Entre estes destacam-se, por exemplo, o aumento da temperatura de remoção de iões solúveis e o aumento da tolerância das membranas à oxidação por biocidas, nos processos de osmose inversa, e o aumento da durabilidade, acessibilidade de custo, e tolerância a hidrocarbonetos insolúveis por parte das membranas, em processos de ultrafiltração.

Visão artificial

Inspeção automatizada

A componente de inspeção (verificação, escolha, etc.) do processo produtivo pode tornar-se bastante morosa e constituir-se, normalmente, como um constrangimento importante desse mesmo processo. A inspeção automatizada obtida através do desenvolvimento da inteligência artificial possibilita que esse processo possa ser acelerado por equipamentos desenhados especificamente para o efeito. Esses equipamentos terão a capacidade de detetar falhas e defeitos no processo/produto e tomar medidas de ação corretiva atempadamente.



As áreas de investigação mais promissoras na área passam, por exemplo, por processos como a interferometria de luz estruturada e os sistemas de visão de alta resolução.

3.4.2 Recursos para atividades de I&D

A análise efetuada na secção 3.4.1 teve como objetivo enumerar uma série de áreas de I&D que podem conduzir à geração de novas tecnologias e produtos que poderão incorporar a oferta da Fileira das Tecnologias de Produção. No entanto, os trabalhos de I&D são normalmente consumidores significativos de recursos humanos e materiais, pelo que é fundamental para a indústria portuguesa de Tecnologias de Produção que estes projetos beneficiem ao máximo dos apoios públicos disponíveis.

Esta secção procurará, portanto, dar a conhecer os principais apoios disponíveis para entidades portuguesas com vista a esse fim.

O enfoque global da secção recairá sobre três mecanismos:

- i) o Horizonte 2020;
- ii) o Portugal 2020;
- iii) o Sistema de Incentivos Fiscais à I&D Empresarial (SIFIDE).



HORIZONTE 2020

O Programa-Quadro Horizonte 2020 (H2020) é um instrumento chave para a implementação da iniciativa emblemática “União da Inovação” e reúne todo o atual financiamento da Comissão Europeia no domínio da investigação e inovação.

Em relação ao seu antecessor, o 7ºPQ, o H2020 apresenta uma série de novas características:

- Arquitetura mais simples do programa com o objetivo geral de redução em 100 dias do tempo médio para a concessão de subvenções;
- Abordagem inclusiva aberta a novos participantes, assegurando que os investigadores e inovadores de nível excelente de toda a Europa e não só podem participar;
- Integração da investigação e inovação ao disponibilizar financiamento coerente e sem descontinuidades desde a conceção das ideias até ao mercado;
- Maior apoio à inovação e a atividades próximas do mercado, resultando num estímulo económico direto;
- Forte tónica na criação de oportunidades empresariais decorrentes da resposta às principais preocupações comuns a todas as pessoas na Europa e não só, ou seja os «desafios societais»;

- Maiores possibilidades para novos intervenientes e jovens cientistas promissores apresentarem as suas ideias e obterem financiamento.

Os recursos materiais do programa estão concentrados em **3 prioridades** distintas correspondentes às da Estratégia Europa 2020 e da União da Inovação.

1. Excelência Científica: Elevar o nível de excelência da base científica da Europa e garantir um fluxo estável de investigação de craveira mundial a fim de assegurar a competitividade a longo prazo da Europa.

Esta prioridade:

- Apoia os indivíduos mais dotados e mais criativos e respetivas equipas na realização de investigação de fronteira da mais elevada qualidade com base no sucesso do Conselho Europeu de Investigação;
- Financia investigação em colaboração com vista à abertura de domínios de investigação e inovação novos e promissores mediante o apoio a Tecnologias Futuras e Emergentes (FET);
- Proporciona aos investigadores um excelente nível de formação e progressão na carreira através das Ações *Marie Skłodowska-Curie* (“Ações Marie Curie”);
- Assegura que a Europa dispõe de infraestruturas de investigação de craveira mundial (incluindo infraestruturas eletrónicas) acessíveis a todos os investigadores dentro e fora da Europa.

2. Liderança Industrial: Tornar a Europa um maior polo de atração para o investimento em investigação e inovação (incluindo a eco-inovação), promovendo atividades em que as empresas estabeleçam a agenda. Proporciona grandes investimentos em tecnologias industriais essenciais e maximiza o potencial de

crescimento das empresas europeias.

Esta prioridade:

- Gera liderança no domínio das tecnologias facilitadoras e industriais, com apoio específico a TIC, nanotecnologias, materiais avançados, biotecnologias, fabrico e transformação avançados e espaço, proporcionando também apoio a ações transversais com vista a aproveitar os benefícios acumulados da combinação de várias tecnologias facilitadoras essenciais;
- Facilita o acesso a financiamento de risco;
- Presta apoio a nível da União Europeia para a inovação nas PME.

Sem dúvida que a prioridade 2 é a que mais se relaciona com as prioridades e interesses da Fileira das Tecnologias de Produção.

O enfoque dado às tecnologias facilitadoras (normalmente designadas pela sua sigla inglesa KET – *Key Enabling Technologies*) abre várias portas ao financiamento de I&D em tecnologias de produção, permitindo que as empresas portuguesas mais bem preparadas possam internacionalizar a sua estratégia de I&D e, ao mesmo tempo, abrir novos relacionamentos estratégicos e novos mercados.

3. Desafios Societais: Refletir as prioridades políticas da Estratégia Europa 2020 e incidir em grandes preocupações comuns aos cidadãos na Europa e não só. A abordagem baseada em desafios reúne recursos e conhecimentos em diferentes domínios, tecnologias e disciplinas, incluindo as ciências sociais e humanas.

Abrange atividades desde a investigação até ao mercado com uma nova incidência nas atividades relacionadas com a inovação, como ações-piloto e de demonstração, bancos de ensaios e apoio a contratos públicos e à aceitação pelo mercado.

Inclui o estabelecimento de ligações com as atividades das Parcerias Europeias de Inovação.

Os desafios de domínio societal são nas seguintes áreas:

- Saúde, alterações demográficas e bem-estar;
- Segurança alimentar, agricultura sustentável, investigação marinha e marítima e bioeconomia;
- Energia segura, não poluente e eficiente;
- Transportes inteligentes, ecológicos e integrados;
- Ação climática, eficiência na utilização de recursos e matérias-primas;
- Sociedades inclusivas, inovadoras e seguras.

Outro grande fator de atratividade associado ao H2020 é o seu objetivo explícito de garantir uma forte participação das PME, incluindo microempresas, nos projetos por si financiados. O H2020 prevê a afetação às PME de cerca de 15% do orçamento total combinado de todos os desafios societais e tecnologias facilitadoras e industriais.

A cooperação internacional é também fundamental e um elemento *sine-qua-non* para o sucesso de candidaturas ao H2020. O programa procura reforçar a excelência e atratividade da União no domínio da investigação e a sua componente de cooperação internacional incide em colaborações com três principais grupos de países:

1. Economias industrializadas e emergentes
2. Países do alargamento e países vizinhos
3. Países em desenvolvimento.

O Programa H2020 engloba diversas ações de apoio a atividades de IDI, nomeadamente:

1. Ações de Investigação e Inovação (*Research and Innovation Actions*): Ações que financiam em 100% projetos de investigação que possibilitem o desenvolvimento de novo conhecimento ou de uma nova tecnologia. Os projetos podem incluir investigação fundamental e aplicada, desenvolvimento de tecnologia, e teste e validação de protótipos. A este apoio são elegíveis consórcios de parceiros académicos e industriais de diversos países.

2. Ações de Inovação (*Innovation Actions*): Ações que financiam em 70%* projetos de investigação tendo em vista a comercialização do conhecimento e tecnologia gerados, nomeadamente prototipagem, validação e *scale-up* de protótipos e otimização de produtos. A este apoio são elegíveis consórcios de parceiros académicos e industriais de diversos países.

3. Ações de Coordenação e Suporte (*Coordination and Support Actions*): Ações que financiam em 100% de projetos, programas e políticas que envolvam a coordenação/*networking* de investigação e inovação. As atividades financiadas incluem serviços de coordenação e apoio, ações de sensibilização, atividades de disseminação e *networking*. A este apoio são elegíveis entidades académicas e industriais a título individual, bem como consórcios de parceiros académicos e industriais de diversos países.

4. Instrumento para Pequenas e Médias Empresas (*The Small and Medium-sized Enterprises Instrument*): Instrumento que apoia projetos com um *Technology Readiness Level* igual ou superior a 6. É composto por 3 fases distintas**:

* 70% no caso das empresas; 100% no caso de entidades sem fins lucros.

**Apesar das 3 fases estarem interligadas e com um esquema de *coaching* e *mentoring* para os beneficiários, não existe obrigação das PME candidatarem-se sequencialmente às 3 fases.

- **Fase 1, Prova de conceito** - As PME's recebem financiamento (50.000€ para desenvolver projetos de cerca de 6 meses) para testar a exequibilidade científica/técnica e comercial de uma nova ideia de modo a desenvolver um projeto de inovação;

- **Fase 2, I&D - Demonstração e replicação no mercado** - As atividades de I&D, financiadas em 70%, são focadas em processos de demonstração de produtos (teste, protótipo, estudos de *scale-up*, *design*, processo piloto, produto/serviço, análise de performance, etc) e de replicação de mercado;

- **Fase 3, Comercialização** - As PME's beneficiam de medidas de apoio indireto, como *networking*, formação, *coaching* e aconselhamento, assim como acesso a capital privado.

A este apoio são elegíveis PME's a título individual, bem como consórcios de SME's da União Europeia e/ou países associados.

5. Ações Marie Skłodowska-Curie: Ações para promover o desenvolvimento profissional e a formação de investigadores, através da mobilidade transfronteiriça e intersectorial, em todas as áreas científicas, desde a investigação fundamental até à investigação aplicada e próxima do mercado. Estas incluem 4 tipologias de financiamento:

- **European Training Networks (ETN)** - exclusivo para investigadores no início de carreira e visa promover a formação doutoral e inicial no âmbito de redes internacionais, envolvendo entidades do sector académico e não académico.

- **Bolsas Individuais (Individual Fellowships)** - para investigadores experientes tendo em vista o desenvolvimento de novas competências através da mobilidade internacional ou intersectorial.

- **Research and Innovation Staff Exchange (RISE)** - visa promover a colaboração internacional e intersectorial, através da mobilidade de investigadores e *staff* (gestores, pessoal técnico e administrativo que apoiam as atividades de investigação e inovação do projeto)

- **Co-funding of regional, national and international programmes (COFUND)** – co-financia programas regionais, nacionais ou internacionais, novos ou existentes, que promovam a formação em investigação internacional, intersectorial e interdisciplinar, assim como a mobilidade transnacional e transectorial de investigadores em todos os estágios das suas carreiras.

No âmbito destas ações do Programa H2020, é importante destacar algumas iniciativas que visam promover a IDI das empresas europeias:

- **Enhancing SME Innovation Capacity By Providing Better Innovation Support (INNOSUP)** - programa que visa estimular o crescimento económico sustentável através do aumento dos níveis de inovação nas PME's, criando novas metodologias de inovação no sentido de colmatar a crescente necessidade de inovação das PME's e assim potenciar o seu crescimento e internacionalização.

- **Fast Track to Innovation Pilot (FTI)** - esquema piloto que pretende acelerar o processo de comercialização de ideias e conceitos inovadores, com potencial de rápido crescimento e altamente competitivas no mercado global. Este instrumento foi introduzido em 2015 mas encerrou em outubro de 2016. O FTI encontra-se agora em período de avaliação, ficando em equação a sua reintrodução em 2018.

- **ICT-Leadership in Enabling and Industrial Technologies (LEIT)** – programa que apoia áreas de I&D e Inovação com uma forte componente industrial. Este programa engloba diversas

iniciativas, incluindo as Iniciativas Tecnológicas Conjuntas (JITs: *Joint Technology Initiatives*) que apoiam atividades de investigação em grande escala em áreas consideradas prioritárias para a competitividade industrial da União Europeia. Estas iniciativas são dedicadas a parcerias público-privadas, estando por isso elegíveis empresas, entidades académicas e autoridades públicas.

- **Horizon 2020 SME Innovation Associate** – programa que visa apoiar PME europeias a recrutar investigadores de outros países, tendo em vista a criação de sinergias para a exploração de ideias de negócio inovadoras. Este programa pretende ultrapassar as barreiras ao recrutamento de especialistas altamente qualificados (*PhD* ou equivalente) - quando as PME não conseguem encontrar no mercado nacional profissionais com as aptidões e qualificações, ou quando o processo de recrutamento é muito dispendioso.

- **Eurostars** – programa que apoia PME com capacidades de I&DT a desenvolverem produtos, processos e serviços inovadores para conseguirem vantagens competitivas, através do cofinanciamento de projetos transnacionais de inovação cujos resultados possam ser rapidamente comercializáveis. Os projetos apoiados têm de ter pelo menos 2 parceiros de dois países EUROSTARS.

Mais informação disponível em:

http://ec.europa.eu/research/horizon2020/index_en.cfm



A Comissão Europeia é também, em conjunto com o Banco Europeu de Investimento (BEI), responsável pela gestão do Fundo Europeu de Investimento (FEI). Este Fundo, apoiado por fundos Estruturais Horizonte 2020, engloba alguns instrumentos de apoio às empresas para atividades de IDI. Entre estes destacam-se o InnovFin Grandes Projetos (*InnovFin Large Projects*) e o InnovFin Financiamento ao Crescimento das Empresas de Média Capitalização (*InnovFin MidCap Growth Finance*). Estes instrumentos financeiros, que incluem soluções de dívida (empréstimos) e de capital (*equity*), são destinados a projetos de investigação e desenvolvimento tecnológico e inovação que tenham um grau de risco que não permita o seu financiamento fácil no mercado de crédito bancário.



PORTUGAL 2020

O Portugal 2020 é o sucessor do QREN entre 2014 e 2020. Este instrumento disponibiliza às empresas apoio financeiro para a realização de atividades de I&D.

As grandes prioridades do Portugal 2020 (P2020) para o período de programação financeira serão o setor privado e o emprego, sendo que o Programa está alicerçado a cinco prioridades:

- Estímulo à produção de bens e serviços transacionáveis, internacionalização da economia e à qualificação do perfil de especialização da economia portuguesa;
- Reforço do investimento na educação, incluindo formação avançada, e de medidas e iniciativas dirigidas à empregabilidade;
- Reforço da integração das pessoas em risco de pobreza e de combate à exclusão social;
- Promoção da coesão e competitividade territoriais, particularmente nas cidades e em zonas de baixa densidade;
- Apoio ao programa da reforma do Estado, assegurando que os fundos possam contribuir para a racionalização, modernização e capacitação institucional da Administração Pública e para a reorganização dos modelos de provisão de bens e serviços públicos.

Devido ao surgimento da Indústria 4.0, a Economia Digital passou a ser uma dimensão com forte presença no P2020 consubstanciada na “**Agenda Portugal Digital**”, destacando-se as seguintes tipologias de apoio:

- Sistema de Apoio à Investigação Científica e Tecnológica (SAICT) e Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico (SI I&DT) – para o desenvolvimento de soluções inovadoras ao nível das comunicações, *software*, do *cloud computing*, da internet das coisas e do *big data*;
- SI Inovação Produtiva – para a implementação de soluções produtivas inovadoras utilizando processos digitais de controlo e sua transferência

para as empresas de outros setores;

- Sistemas de Qualificação e Internacionalização de pequenas e médias empresas (PMEs) – para a integração das TIC nas várias fases do ciclo de vida das PMEs não produtivas;
- Vales Indústria I4.0 para PMEs – para a transformação digital das PMEs através da adoção de tecnologias (como a contratação de sites de comércio electrónico ou *softwares* de gestão fabril a prestadores certificados) que permitam mudanças disruptivas nos modelos de negócio.

Complementando as tipologias de apoio supracitados e ainda no âmbito do Portugal 2020, o Sistema de Apoio a Ações Coletivas (SIACs) para Transferência de Conhecimento Científico e Tecnológico poderá ser aplicado na realização de projetos que envolvam transferência de tecnologias da Indústria 4.0. Este sistema de apoio visa potenciar a valorização económica dos resultados de I&D produzidos pelo sistema de Investigação e Inovação nacional, promovendo a transferência de conhecimento científico e tecnológico para o setor empresarial.

Mais informação disponível em:

http://www.gren.pt/np4/2014_2020

http://www.poci-competite2020.pt/concursos/detalhe/AAC_01-SAICT-2017

<http://www.pofc.gren.pt/areas-do-competite/incentivos-as-empresas/iedt>

<https://www.iapmei.pt/PRODUTOS-E-SERVICOS/Incentivos-Financiamento/Portugal-2020/SI-Inovacao.aspx>

<http://www.pofc.gren.pt/areas-do-competite/incentivos-as-empresas/qualificacao-e-internacionalizacao-pme>

<https://www.iapmei.pt/PRODUTOS-E-SERVICOS/Incentivos-Financiamento/Portugal-2020/Vale-Industria-4-0.aspx>

The logo for SIFIDE, with 'sif' in a dark grey font and 'IDE' in a light blue font.

SIFIDE

O SIFIDE concede incentivos fiscais às atividades de I&D empresariais, como forma de apoio às empresas que queiram intensificar os seus investimentos em I&D.

No âmbito do SIFIDE, consideram-se “despesas de investigação” as realizadas pela empresa com vista à aquisição de novos conhecimentos científicos ou técnicos e “despesas de desenvolvimento” as realizadas pela empresa através da exploração de resultados de trabalhos de investigação ou de outros conhecimentos científicos e técnicos com vista à descoberta ou melhoria substancial de matérias-primas, produtos, serviços ou processos de fabrico.

O acesso aos créditos de imposto concedidos pelo SIFIDE não se reveste de uma complexidade elevada, sendo, de modo geral, apenas necessário que as empresas não sejam devedoras ao Estado e à Segurança Social de quaisquer impostos ou contribuições ou tenham o seu pagamento devidamente assegurado.

São dedutíveis as seguintes categorias de despesas relacionadas com atividades de I&D:

- Aquisições de imobilizado, à exceção de edifícios e terrenos, desde que criados ou adquiridos em estado novo e diretamente adectos à realização de atividades de I&D;

- Despesas com pessoal diretamente envolvido em tarefas de I&D;
- Despesas com a participação de dirigentes e quadros na gestão de instituições de I&D;
- Despesas de funcionamento, até ao máximo de 55% das despesas com o pessoal diretamente envolvido em tarefas de I&D contabilizadas a título de remunerações, ordenados ou salários, respeitantes ao exercício;
- Despesas relativas à contratação de atividades de I&D junto de entidades públicas ou beneficiárias do estatuto de utilidade pública ou de entidades cuja idoneidade em matéria de I&D seja reconhecida por despacho conjunto dos Ministros da Economia e da Inovação e da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior;
- Participação no capital de instituições de I&D e contributos para fundos de investimento, públicos ou privados, destinados a financiar empresas dedicadas sobretudo a I&D, incluindo o financiamento da valorização dos seus resultados, cuja idoneidade em matéria de I&D seja reconhecida por despacho conjunto dos Ministros da Economia e da Inovação e da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior;
- Custos com registo e manutenção de patentes – apenas para micro, pequenas e médias empresas;
- Despesas com a aquisição e manutenção de patentes que sejam predominantemente destinadas à realização de atividades de I&D;
- Despesas com auditorias à I&D.

O crédito fiscal concedido ascende a 32,5% das despesas realizadas no ano em causa sendo

adicionada, em cada ano, uma taxa incremental correspondente a 50% do acréscimo das despesas realizadas em relação à média aritmética simples dos dois exercícios anteriores.

Acrescenta-se ainda que o crédito fiscal concedido através do SIFIDE é aplicável mesmo nos casos em que as despesas de I&D incorridas dizem respeito a projetos para os quais a empresa obteve financiamentos públicos. Nestes casos, naturalmente, o crédito é calculado apenas sobre o montante não financiado.

Assim, o SIFIDE revela-se um instrumento altamente vantajoso e de fácil acesso para empresas com atividades de I&D previamente desenvolvidas e um complemento muito adequado aos financiamentos públicos de projetos.

Mais informação disponível em:

[http://sifide.adi.pt/index.php?cat=4.](http://sifide.adi.pt/index.php?cat=4)



4. Conclusões e observações



4. Conclusões e observações

O *roadmap* global para a Fileira das Tecnologias de Produção é um elemento de extrema importância, sobretudo pelo facto de contribuir para dotar as empresas da Fileira de um conhecimento mais aprofundado acerca das oportunidades de mercado existentes (designadamente ao nível dos nove setores envolvidos), apoiando-as na definição de estratégias para a concretização dessas oportunidades. O presente capítulo contém as principais conclusões e observações resultantes do trabalho desenvolvido.

Em primeiro lugar, não é demais salientar a relevância do *roadmap* global para a Fileira das Tecnologias de Produção, que se afirma como um instrumento útil para um conjunto de atores dentro e fora desta Fileira.

De facto, partindo da identificação dos denominadores comuns aos nove setores utilizadores envolvidos, o *roadmap* fornece às empresas nacionais de Tecnologias de Produção informação relevante para que estas possam ajustar as suas estratégias de desenvolvimento tecnológico e de IDI às reais necessidades dos setores.

O *roadmap* constitui, assim, a base de um exercício de *gap analysis* que deverá contribuir para alinhar a oferta e a procura tecnológicas nacionais. Este alinhamento inclui, naturalmente, o importante papel a desempenhar pelas entidades do SCT, nomeadamente ao nível da implementação de atividades de I&D e da criação de uma oferta formativa mais adequadas às efetivas necessidades do mercado.

Necessidades por setor

Os diferentes setores utilizadores têm diferentes necessidades de curto, médio e longo prazo em termos de tecnologias de produção. Embora existam alguns setores cujas necessidades apresentam uma

série considerável de denominadores comuns (i.e. Metalomecânico, Moldes, Rochas Ornamentais e Industriais, Calçado), outros, por sua vez, têm exigências bastante específicas e individualizadas (i.e. Cortiça, Curtumes).

É também evidente que os vários setores se caracterizam por envolventes tecnológicas próprias e distintas entre si. O setor dos Moldes, por exemplo, é um setor que se pauta por uma elevada sofisticação tecnológica em termos de tecnologias de produção, mesmo considerando o contexto internacional. Neste setor, as preocupações dos agentes industriais e do SCT no que toca a tecnologias de produção situam-se na vanguarda do conhecimento e são partilhadas pela maioria dos principais *players* do setor na Europa, não se notando um *gap* tecnológico significativo em Portugal.

Uma situação relativamente semelhante verifica-se, por exemplo, nos setores das Rochas Ornamentais e Industriais, no setor Metalomecânico e no setor da Cortiça. Este último é, aliás, um caso à parte. Sendo Portugal o líder mundial no setor, as principais indústrias portuguesas na área são desenvolvidoras e *trend-setters* em termos de tecnologias de produção. O mesmo não é verdade, no entanto, no caso das empresas de menor dimensão.

Outros setores, como o setor dos Curtumes ou o setor da Madeira e Mobiliário, apresentam preocupações mais pragmáticas em termos das suas necessidades de tecnologias de produção, procurando encontrar soluções que otimizem a sua operação e sejam eficazes na resolução de problemas do dia-a-dia.

Outros ainda, como o Calçado, o Têxtil, ou a Cerâmica e Vidro, que sempre foram setores tradicionais da indústria portuguesa, procuram fazer

a transição dessa mesma tradicionalidade para uma nível de competitividade que lhes permita prevalecer no mercado interno e competir no mercado externo. Nestes casos, as prioridades dos setores dividem-se entre as preocupações de caráter tecnológico altamente sofisticado, como, por exemplo, o desenvolvimento de técnicas de produção aditiva que garantam o fabrico de produtos com maior valor acrescentado, e as necessidades mais elementares de setores que se encontram sob uma elevada pressão da concorrência estrangeira, como os elevados custos energéticos e as dificuldades que estes colocam à competitividade de preço.

Assim, é importante ter em atenção que, para além do *roadmap* global, que se baseia em necessidades universais ou comuns a vários setores, as empresas portuguesas produtoras de Tecnologias de Produção têm de levar necessariamente em linha de conta as diferentes velocidades de cruzeiro a que os setores utilizadores se movem em termos tecnológicos. Deste modo, a especialização num setor ou num grupo de setores utilizadores com necessidades verdadeiramente comuns é, naturalmente, uma estratégia sensata.

Grau de desenvolvimento tecnológico

A maioria dos setores consultados está ciente da realidade cada vez mais próxima de fábricas inteligentes altamente baseadas em processos de produção aditivos como a impressão 3D e de células flexíveis de produção automática que interajam de forma inteligente com os fornecedores e clientes sem qualquer necessidade de intervenção humana.

De forma a virtualizar o processo produtivo e de o tornar mais inteligente e flexível através da integração entre todas as operações produtivas, a intervenção tecnológica deve dar-se a três níveis: desenvolvimento de SCFs que permitam que os equipamentos e sistemas utilizados em todas as operações de produção comuniquem entre

si de forma inteligente; desenvolvimento de TIC para agilizar, flexibilizar e controlar o processo produtivo; e desenvolvimento de TIC para otimizar o planeamento do processo produtivo.

No caso da gestão de materiais e energia utilizados no processo produtivo, a oferta das indústrias de Tecnologias de Produção deverá passar, na maioria dos casos, simplesmente pela melhoria incremental da tecnologia já existente. Esta melhoria tecnológica será cada vez mais focada no desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis que permitam devolver os materiais e energia ao ciclo produtivo através da sua reutilização, recuperação, reparação e reciclagem, assegurando assim maior eficiência na utilização e gestão de recursos e maior sustentabilidade ambiental.

Para uma melhor gestão dos materiais e resíduos, continua a ser requerida a otimização de tecnologias tradicionais, tais como filtros de membranas, biorreatores de membranas e sistemas de bombas, bem como a aplicação de tecnologias emergentes (i.e. nanotecnologia e tecnologia vibratória) que reduzam o desperdício de água e materiais através do seu reaproveitamento no ciclo produtivo. É também prospetivada a crescente aplicação destas mesmas tecnologias para o desenvolvimento de sistemas de recolha de subprodutos e resíduos para aplicações de valor acrescentado.

De forma semelhante, o melhoramento da eficiência energética não deverá passar pelo desenvolvimento de tecnologia disruptiva, mas apenas pela otimização de tecnologia já desenvolvida. De uma forma geral, os atuais sistemas de energia já possuem uma eficiência bastante satisfatória, incluindo os sistemas de aplicação industrial para a utilização de energias renováveis. No entanto, é requerida uma melhoria tecnológica tendo em vista uma integração mais simples e económica destes sistemas no processo fabríco já que esta

atualmente é, na maioria dos casos, demorada e bastante dispendiosa.

Impacto da nova realidade produtiva no âmbito da Indústria 4.0

Todos os setores utilizadores de Tecnologias de Produção poderão beneficiar com a mudança revolucionária do processo produtivo no âmbito da Indústria 4.0.

A melhor conexão entre as operações de produção, as cadeias de abastecimento e os canais de distribuição, conseguida através da utilização de tecnologias no âmbito da Indústria 4.0, consiste numa oportunidade para a indústria portuguesa aumentar a eficiência e flexibilidade dos seus processos de produção, bem como melhorar a sua capacidade de inovação.

Apesar da indústria utilizadora de Tecnologias de Produção nacional beneficiar com a aplicação de todas as tecnologias no âmbito da Indústria 4.0, existem algumas tecnologias particularmente relevantes, tais como:

- i)** O fabrico aditivo - requerido para o fabrico de produtos com maior valor acrescentado;
- ii)** Os SCFs para a gestão do ciclo de produto e para a interconetividade de equipamentos/ sistemas - necessários para um processo produtivo mais flexível e melhor planeado onde equipamentos e sistemas que comunicam entre si de forma inteligente;
- iii)** A cibersegurança - já que a acumulação exponencial de informação na realidade virtual (*cloud*) devido à comunicação inteligente e sem fios entre equipamentos e produtos TIC torna o processo produtivo mais permeável a ataques cibernéticos.

Apesar de benéfica, é importante salientar que a integração destas tecnologias no processo

produtivo das empresas utilizadoras de Tecnologias de Produção acarreta alguns desafios sob o ponto de vista de gestão, nomeadamente ao nível:

- Da cultura de inovação das empresas – algumas empresas poderão não ter como prioridade a integração de novas tecnologias no âmbito da Indústria 4.0 já que estas acarretam, de forma geral, um grande investimento financeiro e temporal;
- Da inovação organizacional ou de marketing – as empresas poderão manter-se resistentes à adoção de novos modelos de negócio suportados na partilha de conhecimento, práticas e modelos económicos apoiados em comunidades de utilizadores ou em cadeias de valor distribuídas;
- Dos recursos humanos qualificados – as empresas poderão ter alguma dificuldade em adquirir competências técnicas para uma utilização apropriada e eficientes destas novas tecnologias.

Ligação da Fileira com a sua envolvente

Finalmente, convém sublinhar que vários setores se deparam com dificuldades que são absolutamente prioritárias, algumas delas de índole tecnológica, mas que não se prestam facilmente a serem resolvidas pela introdução de novas tecnologias de produção.

Por exemplo, o setor corticeiro trabalha afinadamente no desenvolvimento de novos agentes químicos para a eliminação do tricloroanisol das rolhas de cortiça, um dos principais problemas com que se depara. O setor dos Curtumes, por seu lado, procura alternativas para valorizar os resíduos da produção, particularmente aqueles resultantes de processos de curtimenta com a utilização de crómio. Estes são dois exemplos de necessidades tecnológicas de setores industriais às quais a Fileira das Tecnologias de Produção poderá não ter competências para responder por si própria, mas que podem

constituir oportunidades para o estabelecimento de parcerias e exploração conjunta de oportunidades de negócio.

Em suma, o processo de *roadmapping* tecnológico e os seus resultados devem ser encarados como elementos orientadores que permitem, de uma forma generalizada, nortear presentes e futuras alocações de recursos e investimentos, dentro da Fileira das Tecnologias de Produção, ao nível de futuros produtos a criar e tecnologias a desenvolver.

O *roadmap* global tem, como o próprio nome indica, uma vocação horizontal, cobrindo aspetos

comuns à maioria das empresas da Fileira. No entanto, como a maioria das empresas de Tecnologias de Produção sabe e como é, cada vez mais, o paradigma da indústria, o sucesso nasce obrigatoriamente da colaboração e espírito de parceria entre produtores de tecnologia, utilizadores industriais e entidades diretamente dedicadas à I&D. O canal de comunicação entre todos deve permanecer aberto nos vários sentidos, pois só através de um diálogo construtivo, uma interação permanente e um trabalho conjunto intenso a Fileira das Tecnologias de Produção poderá crescer e, consigo, a indústria em Portugal.



5. Recomendações para atualização do roadmap



5. Recomendações para atualização do roadmap

A crescente orientação das empresas nacionais para os mercados externos contribui significativamente para o surgimento, de forma contínua, de novas necessidades em termos de tecnologias de produção que permitam dar resposta às oportunidades e tendências do mercado, em constante mutação.

Neste contexto, o exercício de *roadmapping* efetuado no âmbito do presente projeto não deve ser um exercício fechado, devendo acompanhar a evolução das necessidades dos setores

utilizadores das Tecnologias de Produção que, conforme referido, constituem as oportunidades para as empresas da Fileira.

Assim, propõe-se que a PRODUTECH, enquanto entidade dinamizadora da Fileira das Tecnologias de Produção continue a promover, numa periodicidade de 3 anos, a atualização do *roadmap* tecnológico. Para o efeito, continua-se a sugerir a utilização da metodologia identificada na Figura 14.



Figura 14 - Proposta de metodologia para atualização do *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção

As fases identificadas na Figura 14 são descritas de seguida em maior detalhe:

FASE 1:

Revisão dos *roadmaps* setoriais

Numa primeira fase, continua-se a sugerir que a equipa de trabalho promova a revisão dos *roadmaps* setoriais produzidos no exercício de *roadmapping* anterior, os quais deverão constituir o ponto de partida para a atualização do *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção. Esta revisão deverá, desejavelmente, continuar a ser efetuada em estreita colaboração com os Centros Tecnológicos dos diferentes setores utilizadores envolvidos, uma vez que estes são detentores de um conhecimento abrangente acerca das necessidades desses setores. Assim, recomenda-se o envio dos *roadmaps* setoriais para os Centros Tecnológicos e a realização de uma reunião com cada um destes, no sentido de recolher contributos que permitam atualizar os referidos *roadmaps*. No caso específico do setor da Madeira e Mobiliário, sugere-se que esta interação ocorra junto da AEPF, à semelhança do que foi efetuado no âmbito do presente projeto.

FASE 2:

Desenvolvimento de novos *roadmaps* setoriais

Nesta fase, continua-se a sugerir que a equipa de trabalho, tendo por base a informação recolhida na interação com os Centros Tecnológicos (e com a AEPF), desenvolva novas versões dos *roadmaps* setoriais. Para o efeito, aconselha-se a utilização do modelo de *roadmap* adotado no presente projeto. Este modelo, tal como o exercício de *roadmapping* no seu todo, não deve ser estanque, pelo que deverá ser analisada a pertinência da implementação de adaptações que possam enriquecer os *roadmaps* e/ou facilitar a interpretação dos mesmos.

FASE 3:

Discussão/validação dos *roadmaps* setoriais

Tendo em vista a recolha de opiniões relativamente às novas versões dos *roadmaps* setoriais desenvolvidas, continua-se a sugerir que, nesta fase, a equipa de trabalho realize um novo momento de interação com os Centros Tecnológicos (e com a AEPF no caso do setor da Madeira e Mobiliário), bem como com outros atores relevantes, posicionados em diferentes pontos da cadeia de valor, nomeadamente: entidades dedicadas à I&D (que possuem um conhecimento profundo acerca das tendências tecnológicas dos vários setores a médio e longo prazo); e empresas nacionais fornecedoras e utilizadoras de Tecnologias de Produção (que conhecem bem as necessidades tecnológicas específicas de cada setor, especialmente as de curto prazo). Este momento de interação, poderá ser feito através de reuniões (pelo menos uma por tipo de entidade setorial e com uma entidade dedicada à I&D) ou, se se considerar viável, através de *workshops* setoriais com a presença de representantes dos diferentes tipos de entidades previamente identificados.

FASE 4:

Reformulação dos *roadmaps* setoriais e identificação de caminhos tecnológicos comuns

Tendo por base a informação recolhida e produzida na fase anterior, a equipa de trabalho deverá, nesta fase, reformular os *roadmaps* setoriais desenvolvidos. Adicionalmente, a equipa de trabalho deverá identificar os caminhos tecnológicos comuns a/aos vários setores utilizadores, os quais deverão constar do *roadmap* tecnológico global para a Fileira.

Como forma de complementar toda a informação proveniente dos momentos anteriormente descritos, sugere-se a análise de fontes bibliográficas relevantes.

FASE 5:

Atualização e apresentação do *roadmap* para a Fileira

Por último, utilizando a informação recolhida e produzida na fase anterior, a equipa de trabalho deverá proceder à atualização do *roadmap* global para a Fileira das Tecnologias de Produção, o qual poderá ser apresentado numa sessão pública.

Para a implementação da metodologia anteriormente apresentada, sugere-se que a equipa de trabalho siga o cronograma exposto na Figura 15, no qual se prevê que o processo de atualização do *roadmap* da Fileira dure 6 meses.

Fases/Meses	1	2	3	4	5	6
Fase 1. Revisão dos <i>roadmaps</i> setoriais	■					
Fase 2. Desenvolvimento de novos <i>roadmaps</i> setoriais	■	■				
Fase 3. Discussão/validação dos <i>roadmaps</i> setoriais			■			
Fase 4. Reformulação dos <i>roadmaps</i> setoriais e identificação de caminhos tecnológicos comuns				■	■	
Fase 5. Atualização e apresentação do <i>roadmap</i> para a Fileira					■	■

Figura 15 - Proposta de cronograma para a implementação da metodologia de atualização do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção



Anexo - Roadmaps setoriais



Anexo – Roadmaps setoriais

Seguidamente são apresentados os *roadmaps* dos nove setores utilizadores abrangidos pelo estudo. Na maioria dos casos, cada *roadmap* é acompanhado de notas associadas a palavras/expressões específicas devidamente assinaladas. Adicionalmente, para cada *roadmap* são listadas as mais importantes referências utilizadas.

O desenvolvimento dos *roadmaps* setoriais foi uma parte fundamental do trabalho desenvolvido, uma vez que estes se constituem os alicerces do *roadmap* global. De facto, o maior volume de esforços despendidos durante o desenvolvimento do projeto esteve diretamente

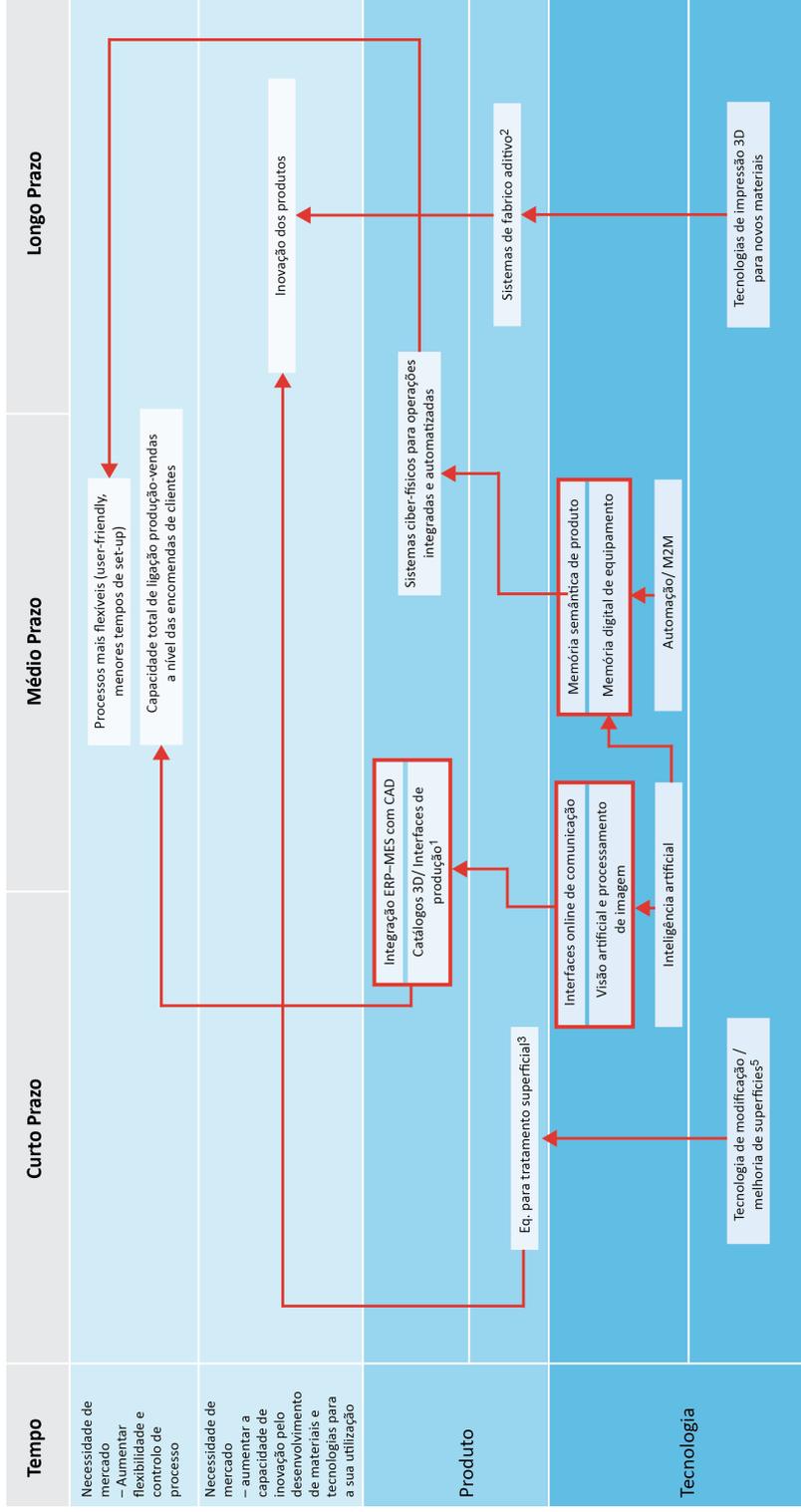
ligado à elaboração dos *roadmaps* setoriais e à realização de todas as tarefas a si associadas, tais como as consultas com os representantes dos setores, a pesquisa bibliográfica e a organização de *workshops*.

Assim, de modo a conferir maior valor a cada um dos *roadmaps* apresentados, os mesmos vêm acompanhados de uma breve descrição narrativa que procura destacar os principais elementos presentes em cada camada, bem como as ligações mais importantes que se estabelecem entre si.



Atualização de um Roadmap Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção

A1. Calçado



¹ Catálogos online ligados a estimativas de custo/encomendas de material/lotes de produção/embalamento/sistemas logísticos; sistemas de gestão de produto completamente integrados;² Design de produto, engenharia de produto e processo, engenharia inversa e prototipagem rápida de calçado, componentes e moldes – i.e. scanners 3D, sistemas de impressão 3D (solas, calcanhares); sistemas de impressão 3D de modelos; sistemas de impressão 3D de moldes;³ Modificação de superfície utilizando tecnologia laser ou plasma;⁴ i.e. Sistemas de ionização de plasma, sistemas de funcionalização a laser, sistemas de funcionalização de revestimentos.

Figura 16 - Roadmap para o setor do Calçado

No setor do Calçado foram identificadas duas oportunidades de mercado que poderão ser supridas pelas indústrias de Tecnologias de Produção: a primeira relacionada com o aumento da flexibilidade e integração do processo produtivo; e a segunda com a capacidade de inovação do setor, particularmente ao nível de acabamentos.

Espera-se que a resposta das indústrias de Tecnologias de Produção a estas necessidades possa contribuir para aumentar a flexibilidade do processo em termos da sua facilidade de operação e tempo de *set-up*, bem como para tornar mais fluida a relação cliente-produtor, por exemplo ao nível do processamento de encomenda. Estas respostas virão através de *upgrades* nos equipamentos produtivos tais como: sistemas CAD/CAM aperfeiçoados e melhor integrados com as máquinas de corte; equipamentos de fabrico aditivo mais eficientes; SCFs para uma linha de produção globalmente mais automatizada; e novos sistemas de integração ERP/MES que permitam a virtualização da interação entre a produção e o retalho (cliente). Para disponibilizar este tipo de oferta, perspetiva-se que os desenvolvimentos tecnológicos a realizar se situem ao nível do *design* 3D/2D (CAD), da integração ERP-MES e desenvolvimento dos próprios sistemas MES, da visão artificial e inspeção automática (para os processos de controlo e rastreamento), das técnicas de produção aditiva, em especial a impressão 3D (para os sistemas de prototipagem rápida) e, genericamente, ao nível da automação e robótica.

Espera-se também que surjam novos processos de tratamento de materiais na indústria do Calçado ao nível dos tratamentos de superfície e sistemas de impressão 3D que permitam a utilização de uma maior variedade de materiais, nomeadamente novos materiais entretanto desenvolvidos pelo setor a nível nacional e internacional. Para tal, os equipamentos de tratamento de superfície que utilizem tecnologia

laser ou plasma e as tecnologias de moldagem de novos materiais desempenharão papéis fundamentais.

Referências

- *European Footwear Products & Processes Technology Platform*, <http://www.eu-footwear.eu/>
- Projeto FP7 – *Customer-oriented and eco-friendly networks for healthy fashionable goods* (CoreNet), <http://www.corenet-project.eu/>
- Projeto FP7 – *Customized green, safe, healthy and smart work and sports wear* (MYWEAR), <http://www.mywearproject.info/>
- Projeto FP7 – *Design Of customer driven shoes and multi-site factory* (Dorothy), <http://www.dorothy.ethz.ch/>
- Projeto FP7 – *Framework of Integrated Technologies for User Centred Products* (Fit4u), <http://www.fit4u.eu/>
- Projeto FP7 - *Innovative Design and Manufacturing systems for small series production for European footwear companies* (IdeaFoot), <http://www.ideafoot.eu/>
- Projeto FP7 - *Smart robotics for high added value footwear industry* (ROBOFOOT), http://www.eu-footwear.eu/?page_id=229
- Projeto FP7 - *Special shoes movement* (SSHOES), <http://www.sshoes.eu/default.aspx>
- Projeto FP7 - *Development of new technologies for the flexible and eco-efficient production of customized healthy clothing, footwear and orthotics for consumers with highly individualized needs* (fashion-able), <http://www.fashionable-project.eu/>
- Projeto FP7 - *Ankle and Foot Orthotic Personalisation via Rapid Manufacturing*, www.afootprint.eu
- Projeto H2020 - *Development of a cost-effective footwear based on shape memory materials to provide an instant fitting personalization service at the retail shop for enhancing users comfort*, <http://www.instantshoe.com/>
- Projeto H2020 - *Development of a heelless shoe to reduce injury during running*, <http://www.heelless.org/>

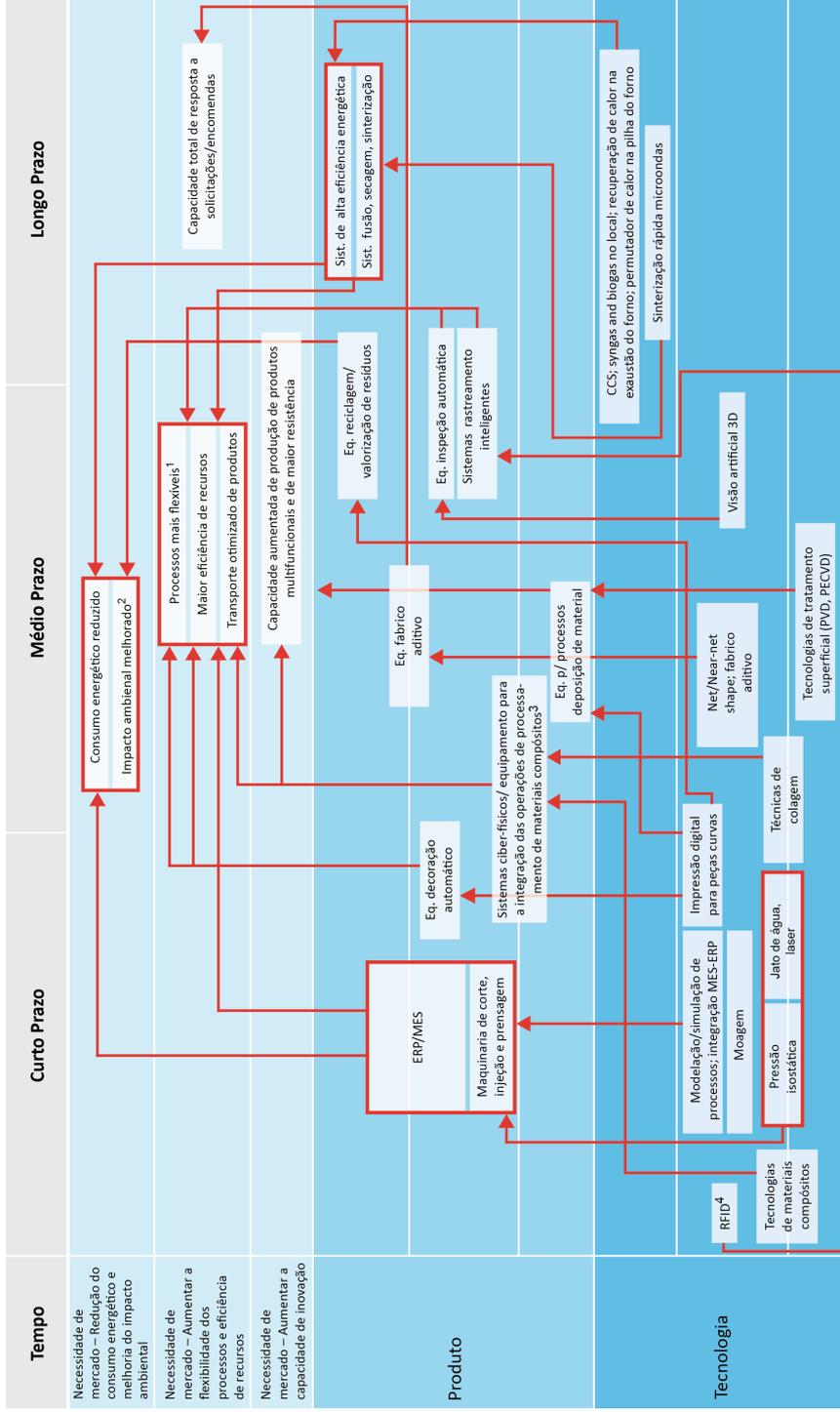


Figura 17 - Roadmap para o setor da Cerâmica e do Vidro

¹ Especialmente para responder a encomendas pequenas; ² Adicionar valor aos produtos e reduzir os desperdícios de produção; ³ Integração de materiais naturais ou poliméricos com cerâmicos; ⁴ Tecnologia mais barata e resistente à temperatura; ⁵ i.e. Injeção de pó.

Na indústria da Cerâmica e do Vidro foram detetadas três necessidades de mercado prioritárias que podem ser servidas pelas tecnologias de produção: o aumento da flexibilidade da produção do setor; o aumento da capacidade de criar produtos inovadores e customizados que respondam totalmente às necessidades dos clientes e se caracterizem por elevadas multifuncionalidade e resistência; e a redução do consumo de energia e impacto ambiental.

Será pedido às tecnologias de produção que contribuam para aumentar a agilidade dos processos de fabrico através de um melhor controlo e planeamento de processo, conferido por soluções ERP/MES e sistemas de rastreamento inteligentes, nomeadamente identificadores de peças que resistam às elevadas temperaturas dos fornos. Também será necessária a introdução de novos equipamentos e/ou SCFs que permitam automatizar os processos de acabamentos e de inspeção, equipamentos que possibilitem ganhos significativos de eficiência nos processos de injeção, prensagem e corte, e equipamentos de fabrico aditivo para pintura e uniformização da textura das cerâmicas. As tecnologias necessárias para a introdução destes equipamentos no mercado vão desde a prensagem isostática e tecnologia laser para as prensas e máquinas de corte, até aos processos de produção aditiva para os equipamentos de fabrico aditivo, à introdução de tecnologia RFID (de custo acessível) e de visão artificial nos sistemas de rastreamento e inspeção. No caso do acabamento automático, são necessárias tecnologias de impressão digital para cerâmicas com geometrias complexas já que neste momento estas estão apenas desenvolvidas para peças planas de cerâmica.

Será também importante que as tecnologias de produção consigam criar avanços importantes ao nível dos materiais a usar pela indústria, nomeadamente, produzindo equipamentos com capacidade de integrar materiais compósitos

com vidro e cerâmica, reduzindo o peso e facilitando o transporte sem alterar as propriedades do material.

Finalmente, será também prioritário ajudar o setor da Cerâmica e do Vidro a reduzir o seu impacto ambiental, aperfeiçoando/ desenvolvendo processos e equipamentos energeticamente mais eficientes para operações como a sinterização, fusão e secagem, ao mesmo tempo que se promove o uso pela indústria de sistemas de processamento, reciclagem e reaproveitamento de materiais desperdiçados. Neste âmbito, o mais recente desafio técnico consiste na identificação de processos e respetivas tecnologias que permitam o fabrico de elevado valor acrescentado a partir de subprodutos e resíduos resultantes do processo de produção.

Referências

- ADENE / DGEG; *Medidas de eficiência energética aplicáveis à indústria portuguesa: um enquadramento tecnológico sucinto*, Publicação editada no âmbito do SGCIÉ pela ADENE / DGEG, 2010
- Albors-Garrigós, J., Hervas-Oliver, J.L., Márquez, P., *Internet and mature industries. Its role in the creation of value in the supply chain. The case of tile ceramic manufacturers and distributors in Spain*, International Journal of Information Management, Vol. 29, 2009
- Andreola F., Barbieri L., Lancellotti I., Leonelli C., Manfredini T., *Recycling of industrial wastes in ceramic manufacturing: State of art and glass case studies*, Ceramics International, volume 42, 2016
- Girao, J., Amaro, N., Girao, J., Carvalho, J., Amaro, N., Piquer, J. Carvalho, J. Piquer, J., *Decreased thickness porcelanic tiles. Revigres Light*, Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 2009
- Jorge, H., *Compounding and Processing of a Water Soluble Binder for Powder Injection Moulding*, Doctoral Dissertation in Polym. Eng. Dep., University of Minho Guimarães, Portugal, 2008
- Kronberg, T., et al., *Soil-resistant surfaces for traditional ceramics*, Journal of the European Ceramic Society, Vol. 27, 2007
- Magueijo, V., Fernandes M.C., Matos, H.A., Nunes, C.P., Calau, J.P., Carneiro, J., Oliveira, F., *Manual de boas práticas na utilização racional de energia e energias renováveis*, APICER – Associação Portuguesa da Indústria Cerâmica, 2009

- Menezes, R., Souto, P., Kiminami, R., *Microwave fast hybrid sintering of porcelain bodies*, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 190, 2007
- Menezes, R., Souto, P., Kiminami, R., *Microwave Fast Sintering of Ceramic Materials*, Sintering of Ceramics – New Emerging Techniques, InTech, March 2012
- Piispanen, M. et al., *Chemical resistance and cleaning properties of coated glazed surfaces*, Journal of the European Ceramic Society, Vol. 29, 2009
- Projeto H2020 - *Toolless Manufacturing of Complex Structures*, <http://www.tomax-h2020.eu/>
- Projeto H2020 - *Design for Resource and Energy efficiency in ceramic kilns*, www.robotsthatdream.eu/
- Schumacher, C., *Moldagem por Injeção de Pó: Tecnologia Promissora*, *Kerâmica*, nº 279, 2006
- Sequeira Gonçalves, P.J., Fernandes, N.O., Fernandes, A.M., *Sistema automático para inspeção visual de defeitos em produtos cerâmicos*, Dep. Eng.ª Industrial – Escola Superior de Tecnologia, Instituto Politécnico Castelo Branco, 2004
- Shulman, H., Fall, M., Strickland, P., *Ceramic processing using microwave assist technology*, American Ceramic Society Bulletin, Vol. 87, 2008
- Tucci, A., Nanetti, A., Malmusi, L., Timellini, G., *Superfícies cerâmicas com ação microbiológica para ambientes hospitalares*, *Cerâmica Industrial*, Vol. 12, 2007
- Travitzky N., Bonet A., Dermeik B., Fey T., Filbert-Demut I., Schlier L., Schlördt T., Greil P., *Additive Manufacturing of Ceramic-Based Materials*, *Advanced Engineering Materials*, volume 16, 2014



Atualização de um Roadmap Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção

A3. Cortiça

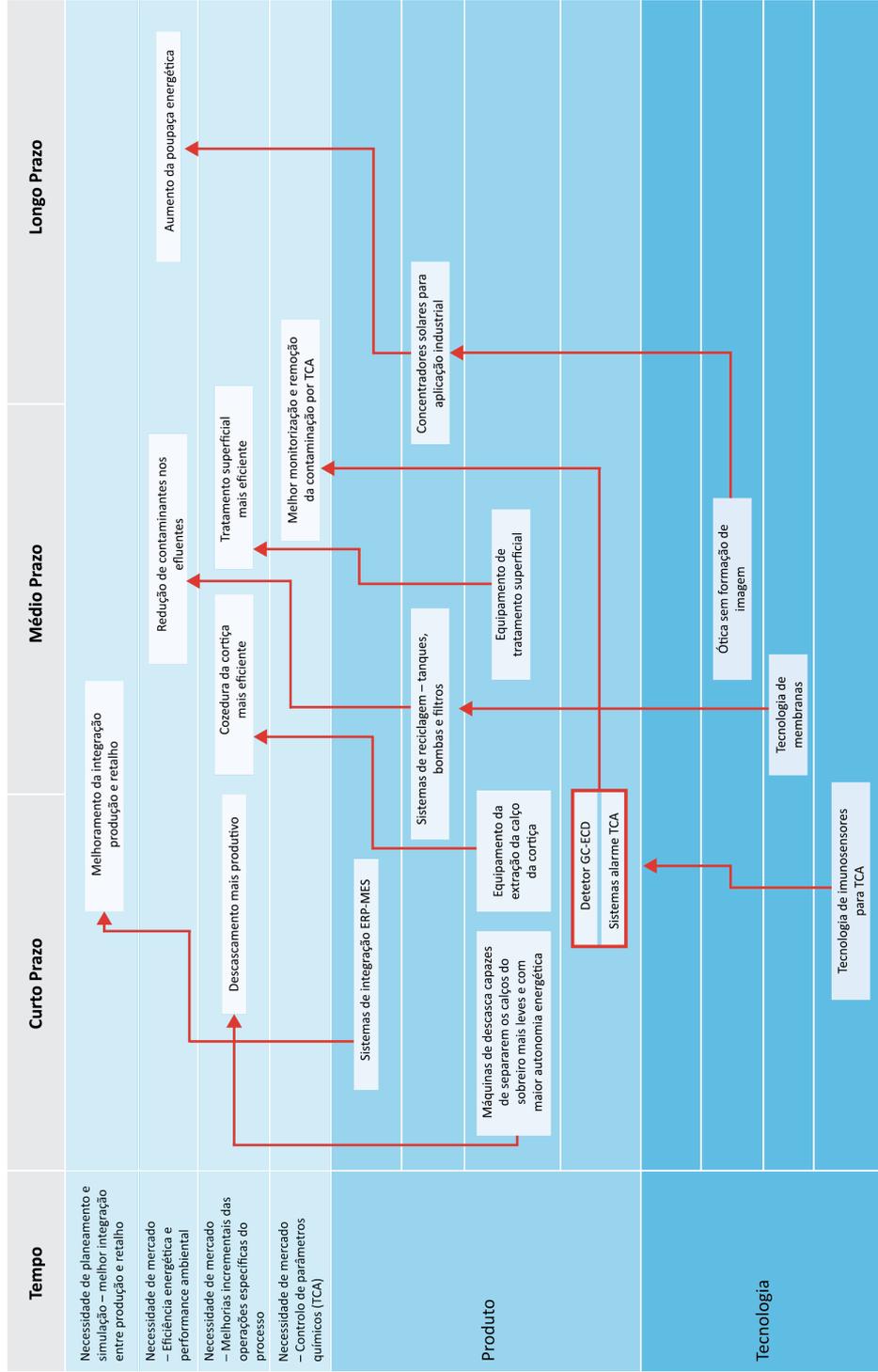


Figura 18 - Roadmap para o setor da Cortiça

O setor da Cortiça apresenta particularidades especiais, uma vez que as maiores corticeiras portuguesas se situam na vanguarda tecnológica a nível internacional, sendo elas próprias grandes inovadoras e desenvolvedoras de tecnologia. Foram identificadas quatro necessidades do setor que dizem diretamente respeito a tecnologias de produção: a eficiência energética e desempenho ambiental; nomeadamente a nível da redução dos custos energéticos; a melhoria incremental das várias operações dos processos de produção, especialmente o descascamento, a cozedura da cortiça e o tratamento de superfície; a melhoria do planeamento e controlo do processo de produção através da otimização de sistemas de integração de ERP-MES; e especificamente para o subsector das rolhas, o controlo de parâmetros químicos, em particular o TCA.

Em termos de consumo de energia, será importante monitorizar e controlar melhor os gastos energéticos do processo. Muitas indústrias não o fazem e perdem recursos preciosos, pelo que novas soluções de monitorização e controlo de gastos energéticos deverão ser implementadas. Simultaneamente, a utilização progressiva de fontes de energia renováveis, em especial a energia solar, devem ser facilitadas através de equipamentos que se integrem facilmente em processos fabris de produção. Os processos de fabrico em si teriam a beneficiar da adoção de máquinas de descasca que permitissem a remoção da secção da cortiça referente ao calço do sobreiro (mais contaminada), possibilitando uma cozedura da cortiça mais eficiente devido à existência de menos contaminantes (na própria cortiça e água).

Finalmente, o controlo de parâmetros químicos das rolhas e remoção do TCA prestam-se a serem resolvidos através de várias soluções, algumas experimentais, outras mais bem estabelecidas, que passam pela melhoria da deteção e monitorização dos níveis de contaminação (por exemplo,

imunossensores) e pela própria eliminação do contaminante (vários processos).

Referências

- Alcântara, I., Teixeira-Dias, F., Paulino, M., *Cork composites for the absorption of impact energy*, Composite Structures, Vol. 95, 2013 – “Structural elements subjected to impact”
- Al-Kassir, A., Gañán-Gómez, J., Mohamad, A.A., Cuenda-Correa, E.M., *A study of energy production from cork residues: Sawdust, sandpaper dust and triturated wood*, Energy, Vol. 35, 2010 – “Energy production (e.g. pellets, gasification)”
- Castillo, I., Hernández, P., Lafuente, A., Rodríguez-Llorente, I.D., Caviedes, M.A., Pajuelo, E., *Self-bioremediation of cork-processing wastewaters by (chloro)phenol-degrading bacteria immobilised onto residual cork particles*, Water Research, Vol. 46, 2012 – “Adsorbents (e.g. waste recycling, water and air purification)”
- Mediavilla, I., Fernández, M.J., Esteban, L.S., *Optimization of pelletisation and combustion in a boiler of 17.5 kWth for vine shoots and industrial cork residue*, Fuel Processing Technology, Vol. 90, 2009 – “Energy production (e.g. pellets, gasification)”
- Pintor, A., Ferreira C., Pereira, J., Correia P., Silva, S., Vilar, V., Botelho, C., Boaventura, R., “Use of cork powder and granules for the adsorption of pollutants: A review”, Water Research, Vol. 46, 2012 – “Adsorbents (e.g. waste recycling, water and air purification)”
- Projeto INNOCUOUS: <http://ec.europa.eu/research/quality-of-life/ka1/volume1/qlk1-2002-01678.htm>
- Reis, L., Silva, A., *Mechanical Behavior of Sandwich Structures using Natural Cork Agglomerates as Core Materials*, Journal of Sandwich Structures and Materials, Vol. 11, 2009 – “Sandwich structures”
- Rives J., Fernandez-Rodriguez I., Rieradevall J., Gabarrell X., *Environmental analysis of the production of natural cork stoppers in southern Europe (Catalonia e Spain)*, Journal of Cleaner Production, Vol. 19, 2011 – “Performance of production process and operations”
- Sarkar, S., *Message in a bottle: process innovations in the cork stopper fightback*, CEFAGE-UE Working Paper, 2012
- Website institucional da APCOR: <http://www.realcork.org/>
- Website institucional do Cork Quality Council: <http://www.corkqc.com/>

No setor dos Curtumes foram detetadas quatro necessidades prioritárias em termos de tecnologias de produção: a redução dos níveis de desperdício, tanto de água como de outros produtos essenciais à produção; a valorização dos resíduos de processo; o decréscimo dos gastos em energia; e a otimização dos processos de acabamento.

O setor dos Curtumes é um dos que apresenta necessidades de otimização do seu processo produtivo que podem não estar diretamente ligadas a melhorias imediatas em tecnologias de produção, mas sim à utilização de agentes de processo alternativos (especialmente químicos).

Em primeiro lugar, existe uma necessidade grande de reduzir níveis de desperdícios e de reaproveitar águas de processo, uma vez os tratamentos de efluentes são dispendiosos. Este tipo de ação deverá ser levada a cabo mediante melhor controlo e monitorização do processo e dos seus custos, empregando controladores remotos e máquinas de doseamento, mas intervindo também ao nível do planeamento de produção, com o uso de ferramentas ERP/ MES mais adequadas e integração de SCFs.

Além disso, a introdução de sistemas de reciclagem mais eficientes, possivelmente com filtros de membranas de nova geração, permitirá reaproveitar as águas de processo e recolher resíduos que podem ser valorizados. As tecnologias vibratórias, como o eletromagnetismo, poderão ser utilizadas para otimização de processos já desenvolvidos tendo em vista a utilização de resíduos não curtidos no fabrico de produtos de valor acrescentado, nomeadamente produtos alimentares para animais domésticos que possuem uma grande e crescente demanda. No caso do aproveitamento de curtidos com crómio para aplicações de elevado valor acrescentado, os processos e respetivas tecnologias ainda terão de ser desenvolvidos.

Em termos de tecnologias de produção, puramente falando, as soluções ideais para o setor encontrar-se-iam ao nível dos processos de acabamento, em especial com a introdução de soluções que automatizem a integração de vários processos consecutivos como a estiragem, secagem, amaciamento e tingimento das peles.

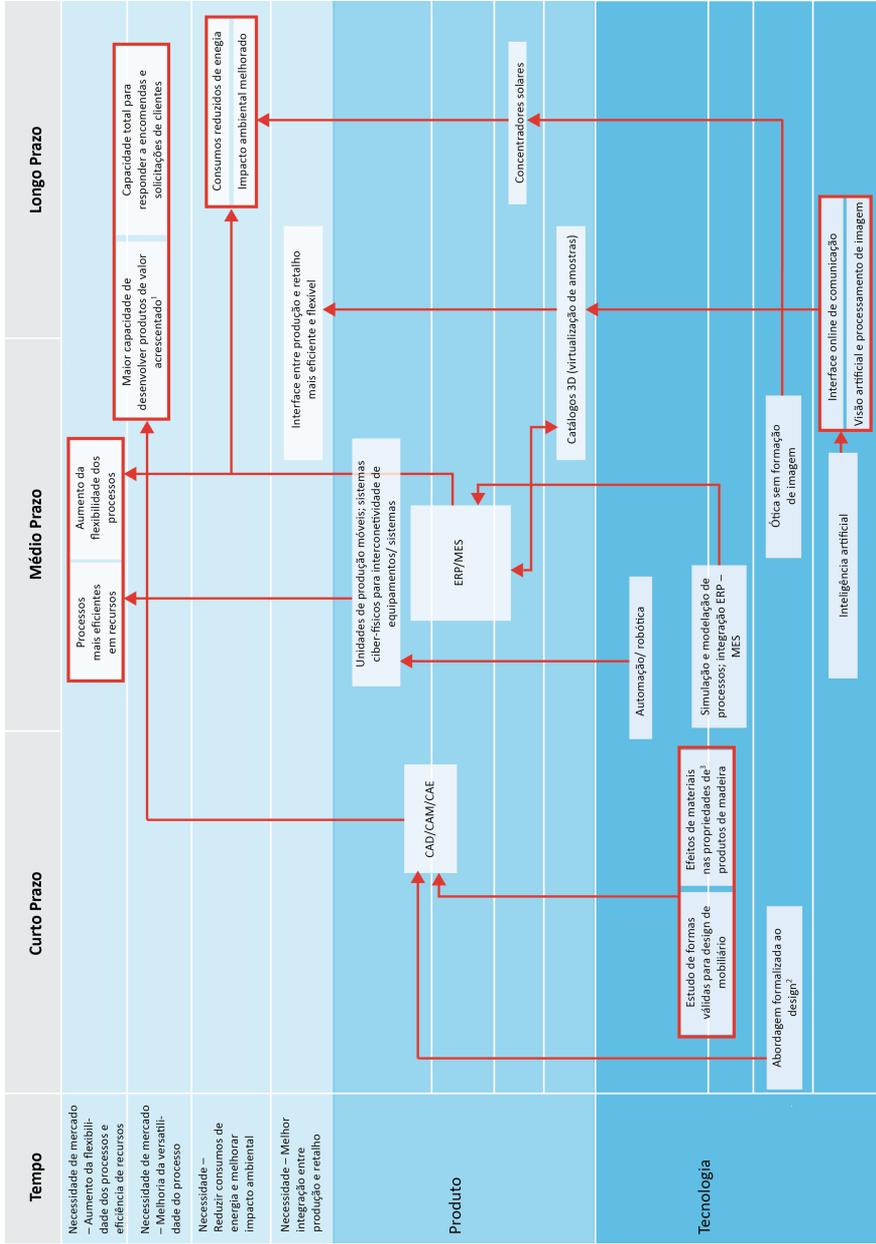
Finalmente, o setor manifesta também a necessidade de reduzir gastos energéticos, o que poderia ser alcançado à custa da exploração de energias renováveis, continuando a energia solar a ser uma solução bem posicionada.

Referências

- Blackman, "Resources for the Future, Adoption of Clean Leather-Tanning Technologies in Mexico", 2005
- *Cotance/Euroleather, Science and Technology in the Leather Industry, Contributions towards sustainable development by European tanners*
- CTIC, Definição das Principais Áreas de Inovação no Sector dos Curtumes, 2010
- EC Ad-hoc Industrial Advisory Group, *FACTORIES OF THE FUTURE PPP STRATEGIC MULTI-ANNUAL ROADMAP*, 2010
- EFFRA, *EFFRA Research Priorities*, 2010
- INETI, Guia Técnico – Sector dos Curtumes, Lisboa, Novembro 2000
- *Leather International, Digital printing of custom images on leather*, 2008
- *Leather International, Leather industry needs an eco-technology (r)evolution*, 2010
- *Leather International, Tannery process control software*, 2008
- *Leather International, Tanning Tech to highlight latest green technology*, 2012
- Projeto FP7 - *Ceramic And Polymeric Membrane For Water Purification Of Heavy Metal And Hazardous Organic Compound (CERAMOPOL)*, http://cordis.europa.eu/projects/rcn/102137_en.html
- University of Northampton, "The UK Leather Industry - an Overview and Future Strategy", 2011

Atualização de um Roadmap Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção

A5. Madeira e Mobiliário



¹ I.e. Mobiliário inteligente, novos designs e eco-design, combinação de diferentes materiais, produtos mais leves, produtos com resistência mecânica aumentada, propriedades melhoradas de absorção de UV; ² i.e. Software CAM / modelação CAD; ³ i.e. Compressão diagonal e força de tensão; ⁴ Substituição de materiais baseados em fósseis – i.e. compósitos madeira-plástico, adesivos de madeira termoplásticos baseados em água.

Figura 20... Roadmap para o setor da Madeira e do Mobiliário.

No setor das Madeiras e Mobiliário, foram identificadas necessidades em termos: de aumento da flexibilização e eficiência de recursos do processo produtivo; da melhoria da versatilidade do mesmo processo, que deverá caminhar no sentido de desenvolver produtos de maior qualidade e valor acrescentado (mobiliário inteligente, incorporação de *design* e *eco-design*, etc.); da melhor integração entre produção e retalho; e da redução dos gastos energéticos.

A resolução da questão da flexibilização e aumento da eficiência de recursos do processo produtivo pode passar pela melhoria e desenvolvimento dos sistemas CAD/CAM utilizados no setor e na sua integração em *layouts* fabris mais eficientes, possivelmente caracterizados por unidades de produção móvel. Este aspeto é especialmente importante na indústria do Mobiliário, onde quase todas as peças são feitas à medida, o que coloca grande pressão sobre os *layouts* das fábricas. Do mesmo modo, a criação de sistemas ERP mais customizados e integrados com sistemas MES irá também contribuir para o fim desejado. Finalmente, de forma a tornar a interface entre a produção e retalho (cliente) mais eficiente e mais flexível, é prospetivado o desenvolvimento de sistemas de virtualização de amostras que permitam a criação de catálogos 3D virtuais.

Assim, os desenvolvimentos tecnológicos ao nível dos *softwares* de design, controlo e planeamento de produção, bem como o aumento do grau de avanço da automação e robótica através de SCFs serão fulcrais para a melhoria da oferta das tecnologias de produção para esta indústria no futuro.

Ao nível da redução dos custos energéticos, aposta-se novamente no uso de energia solar e no desenvolvimento progressivo da eficiência energética dos vários equipamentos empregues no processo produtivo.

Referências

- Alema, D.J., Morabito, R., *Production planning in furniture settings via robust optimization*, Computers & Operations Research, Vol. 39, 2012
- Andreu, L., Sánchez, I., Mele, C., *Value co-creation among retailers and consumers: New insights into the furniture market*, Journal of Retailing and Consumer Services, Vol. 17, 2010
- Frihart, C.R., Hunt, C.G., *Adhesives with wood materials : bond formation and performance*, Wood handbook : wood as an engineering material, U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010
- Lau, M., Ohgawara, A., Mitani, J., Igarashi, T., *Converting 3D furniture models to fabricatable parts and connectors*, ACM Transactions on Graphics (TOG) - Proceedings of ACM SIGGRAPH 2011, Vol. 30, 2011
- Projeto FP7 - *A Web-based Collaboration System for Mass Customization* (E-CUSTOM), http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ_RCN=11351552
- Projeto FP7 - *Advanced wood plastic composite material for the production of bath furniture resistant to moisture and free of coatings* (LIMOWOOD), http://cordis.europa.eu/projects/rcn/106816_en.html
- Projeto FP7 - *AUTonomous co-operative machines for highly RECONfigurable assembly operations of the future* (AUTORECON), http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ_RCN=12443406
- Projeto FP7 - *Building with environmentally sustainable structural timber* (BEST), http://cordis.europa.eu/projects/rcn/90137_en.html
- Projeto FP7 - *Complex structural and multifunctional parts from enhanced wood-based composites – eWPC* (BIOSTRUCT), <http://www.biostructproject.eu/>
- Projeto FP7 - *Development of sustainable composite materials* (SUSTAINCOMP), <http://www.sustaincomp.eu/>
- Projeto FP7 - *Extended service-life and improved properties of wood products through the use of functional nanoparticles in clear coating and adhesive systems* (WOODLIFE), <http://www.woodlifeproject.com/en/Sidor/default.aspx>
- Projeto FP7 - *Extruded window profiles based on an environmentally friendly wood-polymer composite material* (EXTRUWIN), http://cordis.europa.eu/projects/rcn/107642_en.html
- Projeto FP7 - *Innovative advanced wood-based composite materials and components* (WOODY), <http://www.woody-project.eu/>
- Projeto FP7 - *Local flexible manufacturing of green personalized furniture Close To the Customer in time, space and cost* (CTC), http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ_LANG=EN&PJ_RCN=13885636&pid=0&q=D67BEC82A602A23FF8B013B7DA527238&type=pro

- Projeto H2020 - *Smart Augmented and Virtual Reality Marketplace for Furniture Customisation*, <http://furnit-saver.eu/>
- Projeto H2020 - *Integrated business model for customer driven custom product supply chains (iBUS)*, <http://h2020ibus.eu>
- Projeto H2020 - *Sustainable Urban Furniture: Tool design to perform environmental assessments in the green procurement framework*, <http://www.life-future-project.eu>
- Shalbafan, A., Luedtke, J., Welling, J., Thoemen, H., *Comparison of foam core materials in innovative lightweight wood-based panels*, *European Journal of Wood and Wood Products*, Vol. 70, 2012
- Tankut, A.N., Tankut, N., *Evaluation the effects of edge banding type and thickness on the strength of corner joints in case-type furniture*, *Materials & Design*, Vol. 31, 2010
- Umetani, N., Igarashi, T., Mitra, N.J., *Guided Exploration of Physically Valid Shapes for Furniture Design*, SIGGRAPH 2012



A6. Metalomecânica

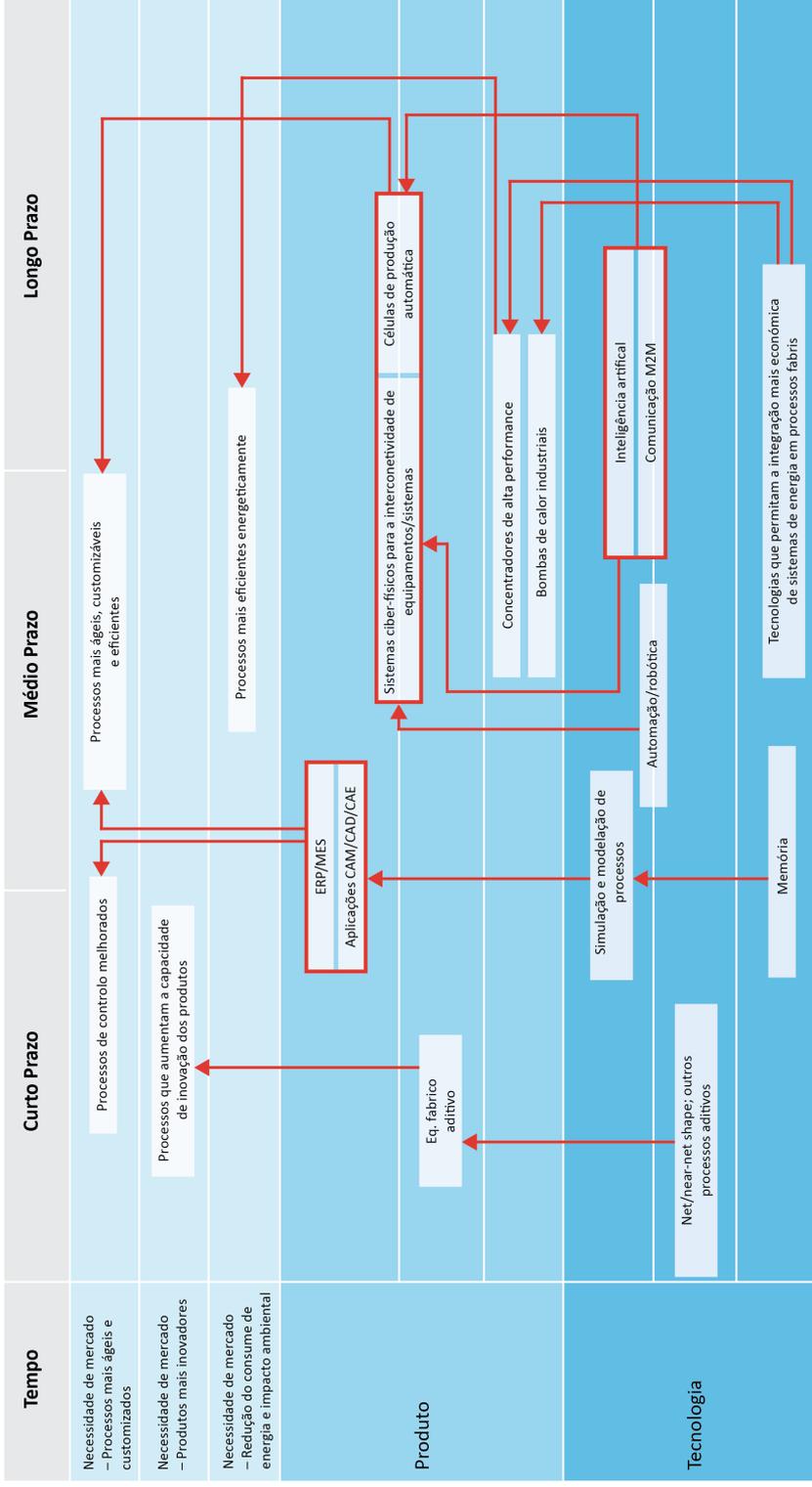


Figura 21 - Roadmap para o setor da Metalomecânica

No setor Metalomecânico foram detetadas três necessidades às quais as tecnologias de produção podem dar resposta: a necessidade de desenvolver processos produtivos mais ágeis e customizáveis, tendo em vista uma produção mais eficiente e melhor controlada; o fabrico de produtos mais inovadores; e a redução dos custos com energia.

Em relação à agilidade dos processos, as respostas das tecnologias de produção em termos de produto deverão ser idênticas às dadas noutros setores com as mesmas necessidades. O desenvolvimento contínuo de ferramentas informáticas de *design* e planeamento e controlo, como os sistemas CAD/CAM e ERP/MES e a sua articulação e integração com equipamentos novos ou ainda pouco disseminados na indústria como alguns sistemas de fabrico aditivo.

A indústria Metalomecânica apresenta também necessidades importantes ao nível da automação dos processos de acabamento, em particular os processos de pintura, que, idealmente, deveriam ser supridas através da oferta de novas tecnologias de produção. Mais uma vez, os níveis de automação das fábricas teriam de incorrer em melhorias significativas para que tal pudesse acontecer.

Num contexto ideal, a indústria passaria a ser servida por células flexíveis de produção automática, sistemas compactos onde diferentes equipamentos produtivos funcionariam de forma perfeitamente integrada e controlada através de SCFs, sem intervenção do operador humano. Estas células teriam uma contribuição fundamental para a segurança dos ambientes de trabalho das fábricas, uma vez que implicariam a migração de operários do chão de fábrica para a sala de controlo, evitando a exposição destes aos riscos normais do trabalho em indústrias pesadas.

No que toca aos gastos energéticos, a indústria

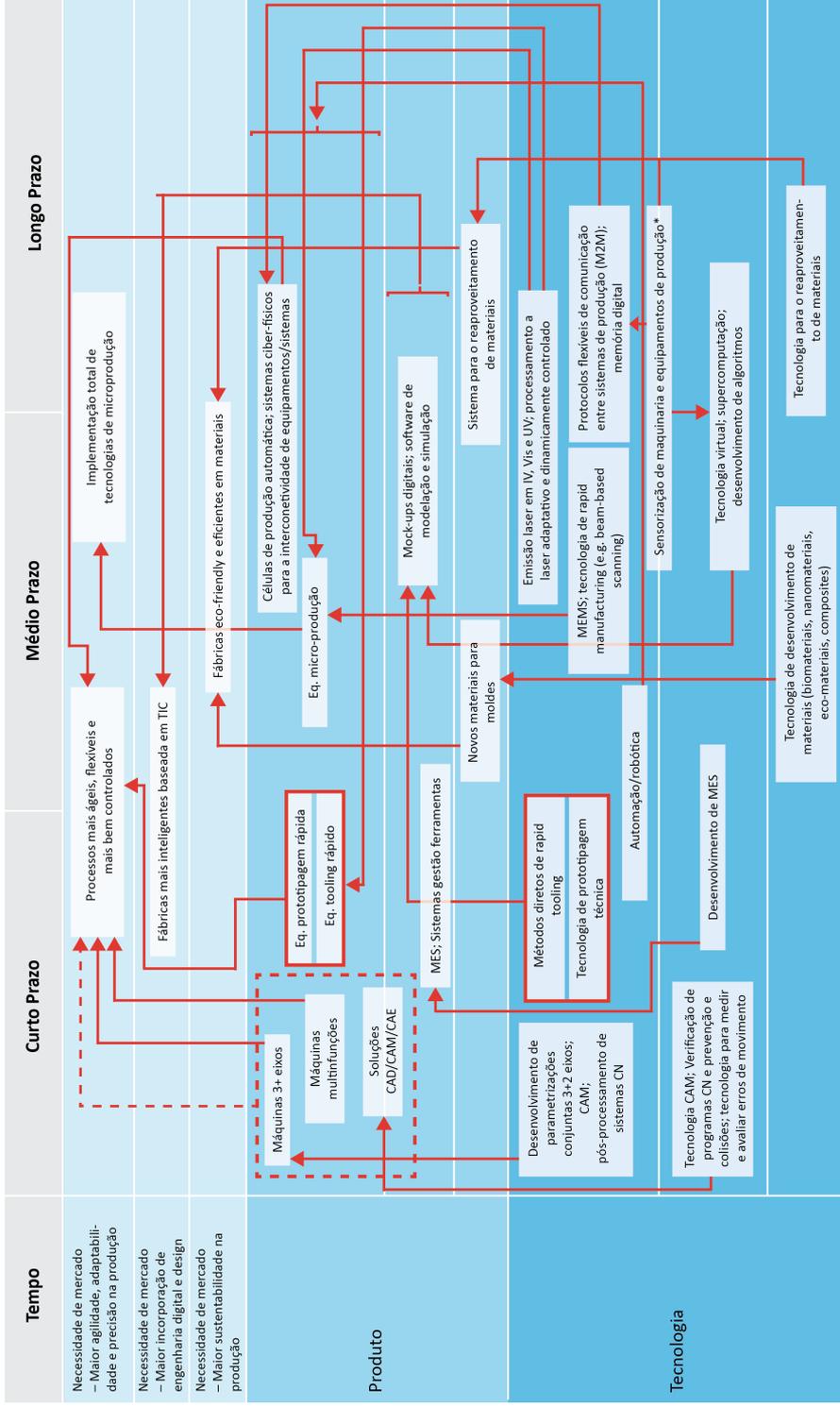
Metalomecânica teria também a ganhar com a introdução de energia solar e sistemas de recuperação de calor nos seus processos produtivos mas, neste caso, será necessário o desenvolvimento de tecnologias que permitam a integração de bombas de calor e concentradores solares nos processos industriais de forma mais económica. Embora este procedimento possa, porventura, ser aplicável noutros setores, foi especialmente sublinhado pelos representantes da indústria Metalomecânica.

Referências

- Atlantic Hydrogen Inc., *Hydrogen-enriched Natural Gas – bridge to an Ultra-low Carbon World*, 2009
- CATIM, *Sector Metalúrgico e Metalomecânico – Breve Caracterização e Principais Áreas de Inovação Sectorial*, 2010
- CECIMO, *Drivers of growth in the European machine tool industry*, 2013
- CECIMO, *Study On Competitiveness Of The European Machine Tool Industry*, 2011
- *Clean Energy Wonk*, <http://cleanenergywonk.com/2006/12/07/they-do-it-with-mirrors-concentrating-solar-power/>, 2006
- *Development of Procedures and Instrumentation for Demonstration of Worker's EM Safety (WEMS) Project*, <http://workeremsafety.org/>, 2010
- EC Ad-hoc Industrial Advisory Group, *Factories of the future PPP Strategic Multi-annual Roadmap*, 2010
- ECORYS Consortium, *FWC Sector Competitiveness Studies - Competitiveness of the EU Metalworking and Metal Articles Industries*, 2009
- *Heat Pump Centre*, (consultado a 7 de Maio, 2013) <http://www.heatpumpcentre.org/en/aboutheatpumps/heatpump-sinindustry/Sidor/default.aspx>
- *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Vol 55, Issue 2, *Machining of near-net shape forged pinions*, 2012 http://journalamme.polsl.pl/papers_vol55_2/58277.pdf
- Projeto FP7 - *Flexible and Near-net-shape Generative Manufacturing Chains and Repair Techniques for Complex-shaped Aero-engine Parts Project*, http://ec.europa.eu/research/transport/projects/items/fantasia_en.htm
- Projeto H2020 - *Metal Recovery from Low Grade Ores and Wastes Plus (METGROW PLUS)*, <http://metgrowplus.eu/>
- US Department of Energy, Office of Scientific & Technical Information, *Near-Net Shape Fabrication Using Low-Cost Titanium Alloy Powders*, 2012, http://www.osti.gov/bridge/product.biblio.jsp?osti_id=1040632

Atualização de um Roadmap Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção

A7. Moldes, Ferramentas e Plásticos



*A sensorização de maquinaria e equipamentos de produção têm dois objetivos: aumentar a precisão do processo de produção através do melhoramento da eficiência de comunicação entre sistemas de produção (M2M) e de antecipar/evitar problemas no processo de informação através de recolha de informação relativamente às diferentes etapas de produção.

Figura 22 – Roadmap para o setor dos Moldes, Ferramentas e Plásticos

A indústria dos Moldes, Ferramentas e Plásticos, como já referido, é uma das indústrias em Portugal que se encontra mais próxima da fronteira tecnológica atual. Partilhando algumas das necessidades com a indústria Metalomecânica, a indústria dos Moldes apresenta outras que correntemente são partilhadas pelos principais *players* a nível internacional e representam desafios tecnológicos importantes. As principais necessidades identificadas foram: a agilidade, adaptabilidade e precisão do processo produtivo, que se traduzirá, a curto/médio prazo, por processos mais bem controlados e ágeis e, a médio/longo prazo, pelo estabelecimento em pleno de tecnologias de microfabricação; a incorporação de elementos de engenharia digital e de *design* nesses mesmos processos que levem ao aparecimento de fábricas mais inteligentes e capazes ao nível das TIC; e o aumento da sustentabilidade em termos do uso de materiais, caminhando no sentido de materiais mais “verdes” e do reaproveitamento de materiais.

Assim, são prevalentes as necessidades ao nível dos sistemas CAD/CAM e da sua integração com as máquinas CNC, particularmente as máquinas com mais de 3 eixos, que são, neste momento, subaproveitadas devido à necessidade de melhoria destes sistemas. A integração dos sistemas CAD com os processos de prototipagem rápida e a incorporação de equipamentos de produção por métodos aditivos e microprodução serão também prioritárias na indústria dos Moldes. A integração dos sistemas CAD/CAM com processos de produção tem como principal objetivo um aumento da precisão do processo de produção já que os retalhistas têm sido cada vez mais exigentes relativamente aos produtos fabricados pelo setor. Também os MES e os sistemas de gestão de ferramentas, no geral, deverão vir a sofrer melhorias futuras, em particular os *softwares* de simulação de processos de fabrico já que

a antevisão de problemas que possam causar uma paragem da produção continua a ser uma prioridade para o setor. Neste contexto, também as células de produção automática terão lugar nesta indústria no futuro.

No sentido de colmatar as necessidades supracitadas, é prospetivada a otimização de diversos produtos, nomeadamente de sistemas de integração CAM-CNC e de métodos de tooling direto e de prototipagem técnica. É também prospetivada a sensorização dos equipamentos e o desenvolvimento de SCFs de forma a tornar a comunicação entre equipamentos mais eficiente e flexível, bem como permitir a recolha de informação que depois de tratada e sistematizada poderá antever e evitar problemas nas diferentes etapas da produção.

Finalmente, ao nível da sustentabilidade da produção, a indústria deverá começar a apostar em compósitos, biomateriais e ecomateriais, cabendo às tecnologias e produção desenvolver o equipamento produtivo que permita a sua utilização em *tooling*, assim como a sua integração com materiais mais tradicionais. Será também necessário o desenvolvimento ou otimização de tecnologias que permitam a reintrodução no processo de produção de materiais já utilizados noutra/s processo/s de produção.

Referências

- CENTIMFE, *Principais Áreas de Inovação no Sector de Moldes e Ferramentas Especiais*, 2010
- Clarke, Modet & C^o, Relatório de Vigilância Tecnológica – Moldes, *Ferramentas Especiais e Processos de Injecção*, 2011
- EC Ad-hoc Industrial Advisory Group, *Factories Of The Future PPP Strategic Multi-annual Roadmap*, 2010
- NTN Technical Review n^o 74, *Trends in Recent Machine Tool Technologies*, 2006
- Projeto FP7 - *Flexible Compression Injection Moulding Platform for Multi-Scale Surface Structures (IMPRESS)*, http://cordis.europa.eu/projects/rcn/94904_en.html
- Projeto FP7 - *Hierarchical and Adaptive smaRt COmponents*

for precision production systems application (HARCO), http://cordis.europa.eu/projects/rcn/94813_en.html

- Projeto FP7 - *High Precision Micro Production Technologies* (HI-MICRO), http://cordis.europa.eu/projects/rcn/104686_en.html

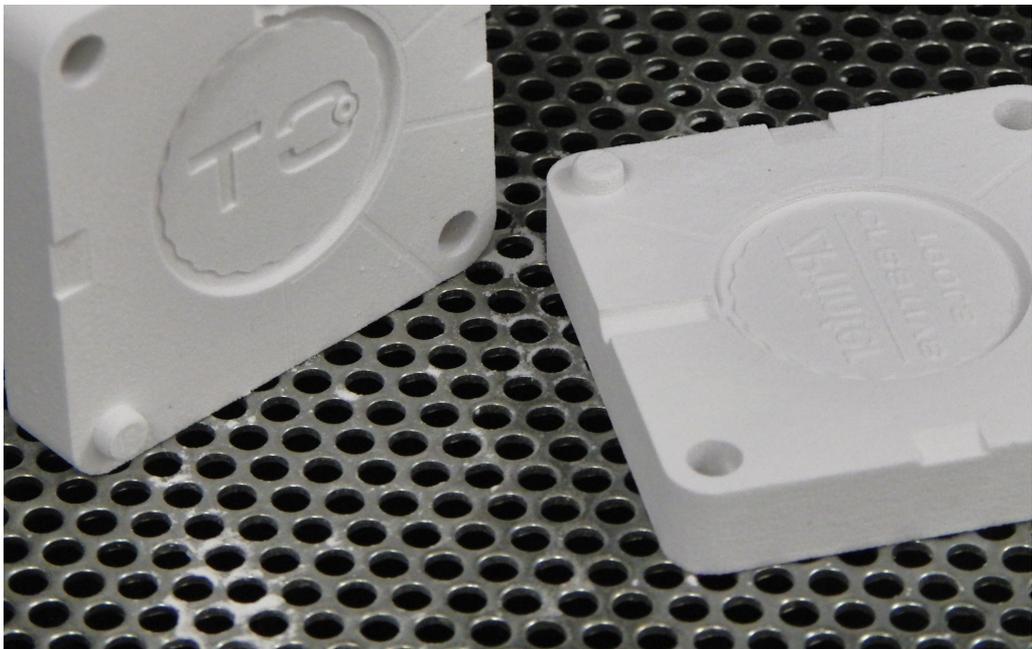
- Projeto FP7 – *Plug-and-produce COmponents and METHods for adaptive control of industrial robots enabling cost effective, high precision manufacturing in factories of the future* (COMET), http://cordis.europa.eu/projects/rcn/95706_en.html

- Projeto FP7 - *Validation of Numerical Engineering Simulations: Standardisation Actions* (VANESSA), http://cordis.europa.eu/projects/rcn/104746_en.html

- Projeto FP7 - *Feature-Based Design and Modelling for Injection-molding Optimization* (DES-MOLD), <http://www.desmold.eu/>

- Projeto H2020 - *Predictive System to Recommend Injection Mould Setup with Process Optimisation in Wireless Sensor Networks* (PREVIEW), <http://www.preview-project.eu/>

- Gaub H., *Customization of mass-produced parts by combining injection molding and additive manufacturing with Industry 4.0 technologies*, Reinforced Plastics, volume 60, 2016



Atualização de um Roadmap Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção

A8. Rochas Ornamentais e Industriais

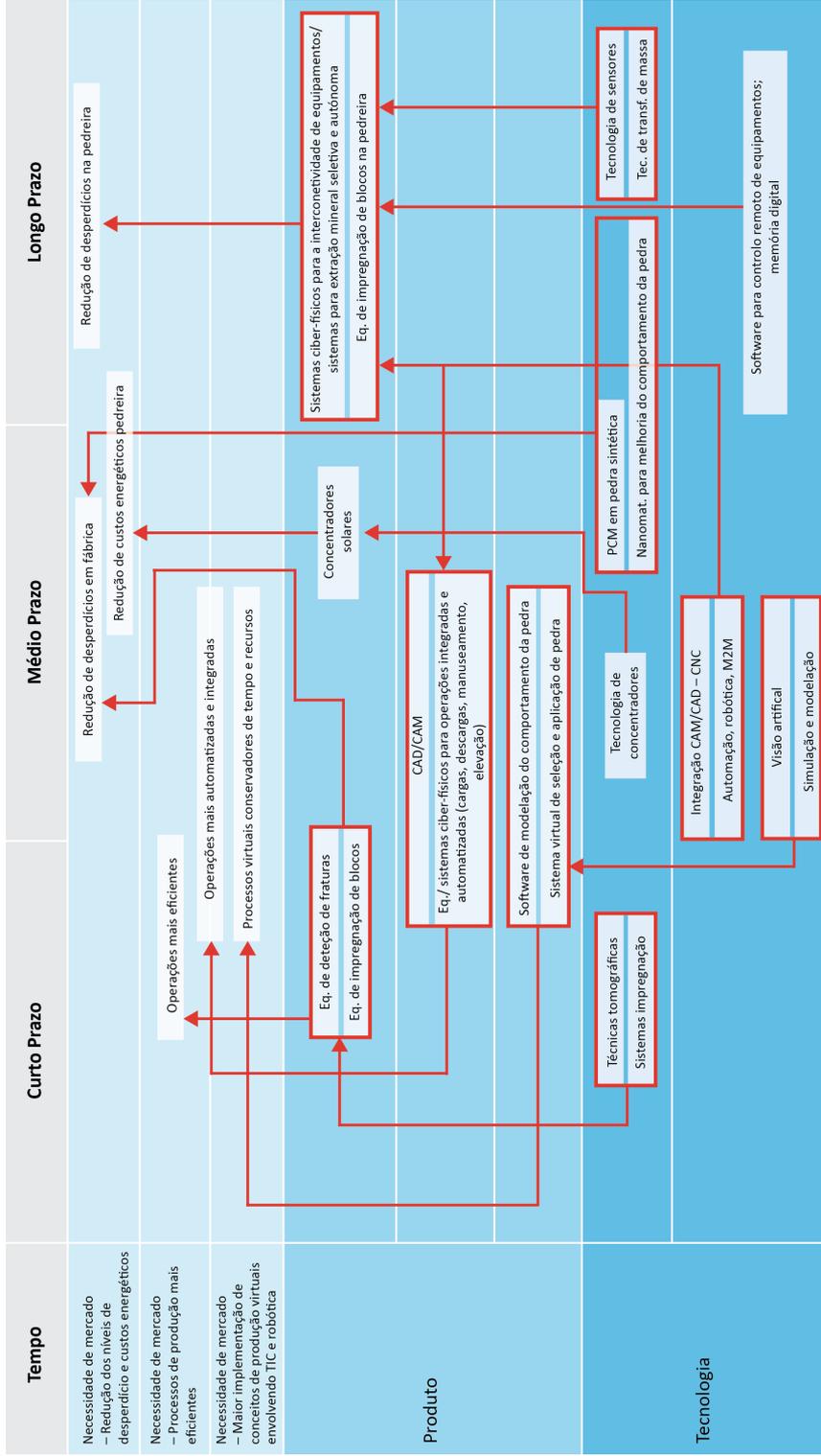


Figura 23 - Roadmap para o setor das Rochas Ornamentais e Industriais

No setor das Rochas Ornamentais e Industriais foram identificadas como grandes necessidades a abordar pela indústria das Tecnologias de Produção: a redução dos níveis de desperdício e uso de energia; a rapidez dos processos de produção; e a incorporação de processos virtuais em fábrica envolvendo TIC e robótica.

Os desperdícios de matéria-prima são, sem dúvida, o maior desafio colocado atualmente à indústria das Rochas Ornamentais e Industriais. Cerca de 80% do material minado em pedreira não incorporará o produto final vendido ao cliente. Apesar de já existirem soluções para a produção de aglomerados com esses desperdícios, estas nem sempre são atrativas comercialmente. Assim, é importante identificar novas soluções para a prevenção e eliminação das causas dos desperdícios. Estas deverão vir da deteção e eliminação de defeitos nos blocos de pedra. A curto prazo, este processo ocorrerá na fábrica, mas a médio prazo pretende-se que se inicie logo na fase da extração.

Assim, equipamentos para deteção de fraturas na pedra e máquinas para impregnação dos blocos com compostos corretivos serão fundamentais para a indústria. Perspetiva-se o emprego de técnicas avançadas de tomografia para detetar estes defeitos e o desenvolvimento de técnicas de impregnação e blocos para os remediar. A longo prazo, as próprias propriedades da pedra podem ser alteradas e melhoradas através da aplicação de PCM (*Phase Changing Materials*) e nanomateriais nos blocos de pedra, aumentando os seus campos de aplicação e potencial comercial.

A mais longo prazo, estas técnicas poderão vir a ser aplicadas nas próprias pedreiras (durante o processo de extração), onde máquinas de extração mineral seletiva e autónoma apoiada por sensores avançados minerarão a pedra. Para esta maquinaria, será necessário o desenvol-

vimento de SCFs ou otimização de sistemas de *software* que permitam o controlo remoto do processo da extração mineira a partir da fábrica de forma a reduzir os desperdícios de matéria-prima durante este processo.

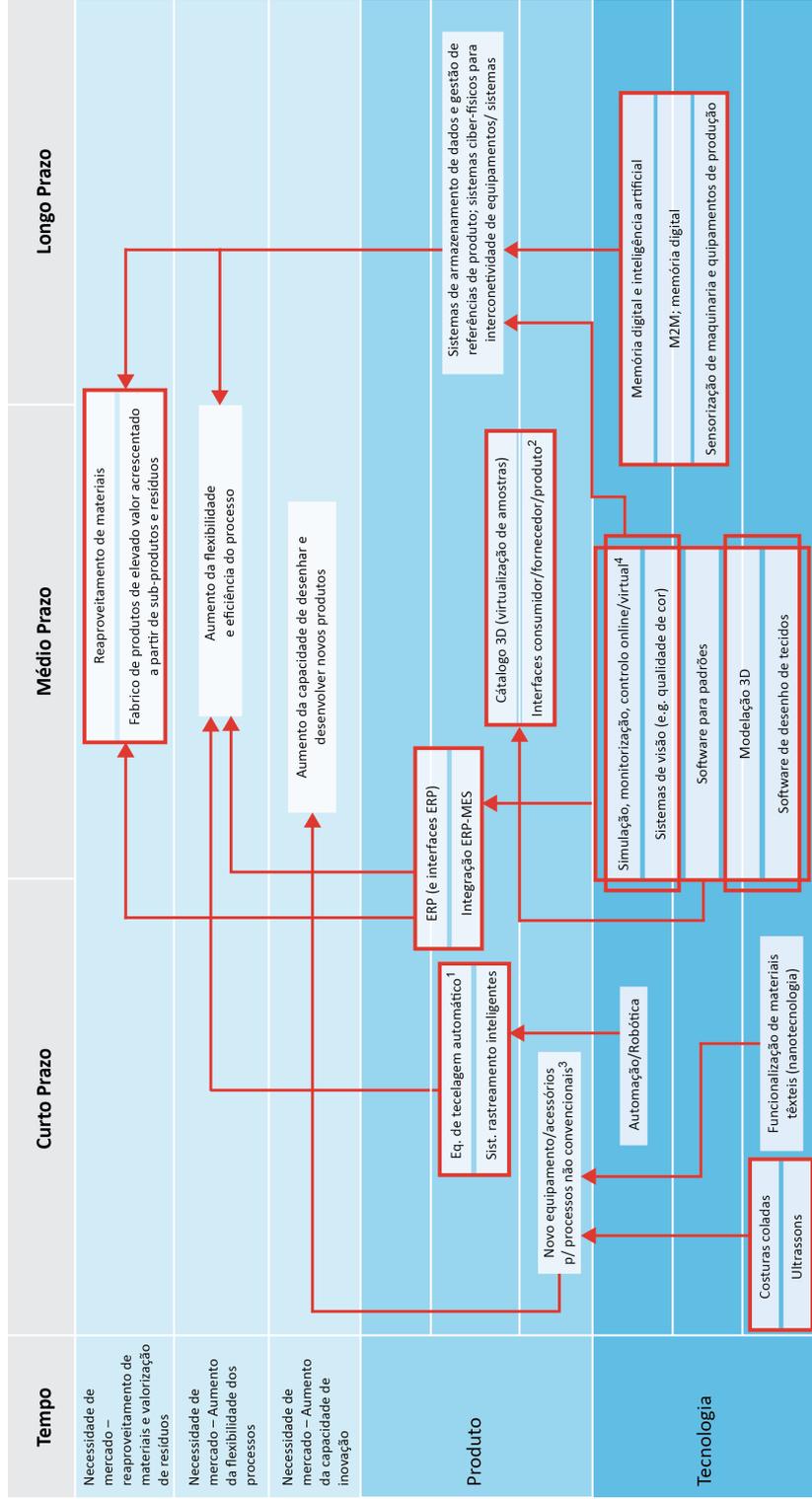
Finalmente, os processos de virtualização da fábrica e simulação de processos terão também um papel decisivo no futuro do setor.

Referências

- Apresentação do projeto I-STONE por G. Gandolfi, *Re-engineering of natural stone production chain through knowledge based processes and new organizational paradigms, eco-innovation*, 2006
- CEVALOR, Projeto I-STONE, *Wastes Recycling - Application to the Natural Stone Sector*, <http://www.stonecourses.net/environment/wastes6a.html>
- CEVALOR, *Diagnóstico Tecnológico do Sector da Pedra Natural e Áreas de Intervenção*, 2010
- OSNET, Publicações 1-13, http://www.osnet.ntua.gr/Root_Pages/Publications.htm
- Projeto FP7 - *Validation of Numerical Engineering Simulations: Standardisation Actions* (VANESSA), http://cordis.europa.eu/projects/rcn/104746_en.html
- Projeto FP7 - *Innovative Technologies and Concepts for the Intelligent Deep Mine of the Future* (I2MINE), http://cordis.europa.eu/projects/rcn/102170_en.html
- Projeto FP7 - *Innovation for Digital Fabrication* (DIGINOVA), http://cordis.europa.eu/projects/rcn/102426_en.html
- Projeto H2020 - *Real-Time Mining*, <https://www.realtime-mining.eu/>
- Projeto H2020 - *Sustainable Intelligent Mining Systems* (SIMS), <http://www.simsmining.eu/>
- Projeto H2020 - *Prospecting Secondary raw materials in the Urban mine and Mining wastes* (ProSUM), <http://www.prosumproject.eu/>
- VALORPEDRA, *Projeto INOVSTONE*, <http://www.valorpedra.pt/index.php/cluster-da-pedra-natural/plano-de-accao/inovstone-novas-tecnologias-para-a-competitividade/>

Atualização de um Roadmap Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção

A9. Têxtil e Vestuário



¹ i.e. Automação e otimização do processo de preparação para a tecelagem; ² Scanners corporais, ferramentas para simulação e visualização de partes em avatares customizados, etc.; ³ i.e. Processos de costura – máquinas de costura colada, ultrassons, etc.; ⁴ i.e. Para o processo de tingimento; Medida e controlo de efeitos finais; Sistemas de inspeção online em teares; Viabilidade dos custos de produção e tecelagem; Métodos e ferramentas para avaliar a eco-eficiência e sustentabilidade dos processos de produção

Figura 24 - Roadmap para o setor do Têxtil e Vestuário

O setor do Têxtil e Vestuário apresenta também três tipos de necessidades principais ao nível de tecnologias de produção: a flexibilidade dos processos; a capacidade para produzir produtos inovadores, especialmente ao nível da intervenção do cliente no processo de fabrico; e a necessidade de tornar o processo de produção mais sustentável.

Neste setor, novamente, a introdução de ERP/ MES integrados e especialmente adequados às necessidades do setor desempenhará um papel fundamental. Adicionalmente, a flexibilidade do processo será amplificada pela introdução de equipamentos com maiores componentes de automação, bem como de SCFs para a interconetividade de equipamentos/ sistemas. Os sistemas de rastreamento automático voltam a assumir um lugar de destaque nas necessidades tecnológicas do setor, acompanhados pela introdução de equipamentos de interface entre produtor e cliente que incluem, entre outros, scanners corporais e ferramentas para simulação e visualização em avatars customizados. De forma a melhorar a interface entre produtor e cliente, também será necessário o desenvolvimento ou otimização de catálogos 3D que permitam a virtualização em *real-time* de amostras.

Será também dada prioridade a equipamentos que permitam aumentar a sustentabilidade dos processos de produção através do desenvolvimento ou otimização de sistemas que permitam o reaproveitamento de materiais, bem como o fabrico de produtos de elevado valor acrescentado a partir de resíduos e subprodutos resultantes do processo de produção.

As tecnologias necessárias para levar a cabo a execução das soluções referidas passam nomeadamente pela nanotecnologia, M2M, inteligência artificial, memória digital, modelação

3D, e sensorização de maquinaria e equipamentos de produção.

Referências

- CITEVE, *Roadmap Tecnológico e de Inovação para a ITV*, 2013
- Dastjerdi, R., Montazer, M., Shahsavan, S., *A novel technique for producing durable multifunctional textiles using nanocomposite coating*, *Colloids Surf B Biointerfaces*, Vol. 81, 2010
- Gowri, S., Almeida, L., Amorim, T., Carneiro, N., Souto, A.P., Esteves, M.F., *Polymer Nanocomposites for Multifunctional Finishing of Textiles - a Review*, *extile Research Journal*, Vol. 80, 2010
- Kaplan, A., Kedar, E., Dushy, U., Mozel, J., *Digital printing device with improved pre-printing textile surface treatment*, US 0032319 A1, 2011
- Lapierre, F. et al., *Technology Roadmap for the Canadian Textile Industry – Innovation through partnership*, CTT Group, 2008
- Panta, H.R., Bajgaic, M.P., Namd, K.T., Seod, Y.A., Pandeyae, D.R., Honge, S.T., Kimd, H.Y., *Electrospun nylon-6 spider-net like nanofiber mat containing TiO₂nanoparticles: A multifunctional nanocomposite textile material*, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 185, 2011
- Projeto H2020 - *A New Circular Economy Concept For Textiles And Chemicals (RESYNTEX)*, <http://www.resyntex.eu>
- Projeto H2020 - *Textile and Clothing Business Labs (TCBL)*, <http://tcbl.eu>
- Papahristou E., Bilalis N., *Can 3D Virtual Prototype Conquer the Apparel Industry?*, *Journal of Fashion Technology & Textile Engineering*, volume 4, 2016
- Radetić, M., *Functionalization of textile materials with TiO₂ nanoparticles*, *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 2013
- Shahidi, S., Wiener, J., Ghoranneviss, M., *Surface Modification Methods for Improving the Dyeability of Textile Fabrics*, *Eco-Friendly Textile Dyeing and Finishing*, 2013
- Sójka-Ledakowicz, J., Lewartowska, J., Kudzin, M., Leonowicz, M., Jesionowski, T., Siwińska-Stefańska, K., Krysztalkiewicz, A., *Functionalization of textile materials by alkoxysilane-grafted titanium dioxide*, *Journal of Materials Science*, Vol. 44, 2009
- Taylor, A., Lewis, L., Ward, G., *Research into 3D Printed Materials & Methods: An exploratory practice based approach into the application of 3D technologies for textile & surface design*, *Materials Coloration - past, present and future of textile printing*, University of Huddersfield, 2013
- Väänänen, R., Heikkilä1, P., Tuominen, M., Kuusipalo, J., Harlin, A., *Fast and efficient surface treatment for nonwoven materials by atmospheric pressure plasma*, *AUTEX Research Journal*, Vol. 10, 2010

