



QUALIFICAÇÃO E RENOVAÇÃO: A FUNDIÇÃO PORTUGUESA NA UE

ESTUDO DE BENCHMARKING NO SETOR DA FUNDIÇÃO

Cofinanciado por:



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional



Associação
Portuguesa de
Fundição

Índice

1. Enquadramento do Estudo	4
2. Desenvolvimento Tecnológico	6
2.1 Indústria 4.0	6
Casos Práticos.....	10
Projeto FLEXICAST	10
Projeto FAR-EDGE.....	11
Projeto SMARTER-SI	12
Projeto REFERENCE	13
2.2 Manufatura aditiva.....	14
Casos Práticos.....	20
Projeto AMAZE	20
Projeto INNOPOWDER	21
Projeto CAXMan	21
Projeto MAC'PME.....	22
Voxeljet Foundry Sand 3D Printing	23
A new turbine wheel with 3D printing	23
Koenigsegg One:1.....	24
Instituto de Engenharia e Gestão Industrial	24
Projeto PROTOSIMUL.....	25
3. Qualificação dos recursos humanos	26
Projeto InnoResolve	27
3.1 Referências na formação de recursos humanos para a indústria da fundição	28
Portugal	28
Polónia.....	31
França	33
Suécia	37
Alemanha	39
4. Custos e eficiência energética.....	45
4.1 Análise comparativa dos quadros de tarifas de energia	49
Mercado de eletricidade – Consumidores domésticos.....	51
Mercado de eletricidade – Indústria	52
Mercado de gás – Consumidores domésticos.....	53
Mercado do gás – Indústria.....	54
Mercado da eletricidade (1º semestre 2017):	57

Mercado de eletricidade – Consumidores Domésticos (1º semestre 2017)	58
Mercado de eletricidade – Indústria (1º semestre 2017)	59
Mercado de gás (1º semestre 2017)	62
Mercado de gás – Consumidores domésticos (1º semestre 2017).....	63
Mercado de gás – Indústria (1º semestre 2017)	64
Casos Práticos.....	68
Foundry Energy Efficiency Benchmarking (FOUNDRYBENCH)	68
Projeto NIWE.....	68
Projeto ENSUREAL.....	69
Breves Conclusões.....	71
Figura 1 - Evolução do preço da eletricidade por componentes (consumidor doméstico)	51
Figura 2 - Preços retalhistas da eletricidade para consumidores domésticos (2015)	52
Figura 3- Evolução do preço da eletricidade por componentes (consumidor industrial).....	52
Figura 4 - Preços retalhistas da eletricidade para consumidores industriais (2015)	53
Figura 5 - Evolução do preço do gás por componentes (consumidor doméstico).....	53
Figura 6 - Preços retalhistas do gás para consumidores domésticos (2015)	54
Figura 7- Evolução do preço do gás por componentes (consumidor industrial)	54
Figura 8 - Preços retalhistas do gás para consumidores industriais (2015).....	55
Figura 9 - Evolução preço eletricidade por país (2015-2017)	57
Figura 10 - Preços da eletricidade para consumidores domésticos (1ºS 2017).....	58
Figura 11 - Peso dos Impostos e taxas no preço da eletricidade por país (1ºS 2017)	59
Figura 12 - Preços da eletricidade para consumidores industriais (1ºS 2017).....	60
Figura 13 - Evolução preço do gás por país (2015-2017)	61
Figura 14 - Alteração do preço da eletricidade por país (2016-2017)	61
Figura 15 - Evolução preço do gás por país (2015-2017)	62
Figura 16 - Preços do gás para consumidores domésticos (1ºS 2017)	63
Figura 17 - Peso dos Impostos e taxas no preço do gás por país (1ºS 2017)	64
Figura 18 - Peso dos Impostos e taxas nos preços do gás para consumidores industriais (1ºS 2017)	65
Figura 19 - Preços do gás para consumidores industriais (1ºS 2017)	65
Figura 20 - Alteração do preço do gás por país (2016-2017)	66

Ask a Foundryman what he does, and he might humbly say that he "melts metal and pours it into a mould to make a casting". He might not admit that: "I am feeding and clothing the people of the world". I am purifying and transporting the water Man drinks. I am digging the world's coal and drilling its oil. I am building thousands of miles of highway and railroad and the trains, trucks and cars that travel them. I make the aeroplanes that fly through the air and the ships that ply the seven seas. I sadly admit that I make the implements of war with which he attempts to destroy his kind. Products of my foundry are in the hospital delivery room, where Man is born, in his home and at his work bench while he lives, in the mortuary when he dies. Throughout his life I have bettered his standard of living to a point that Man now lives in a splendour undreamt of in times past. I have put men in orbit around the Earth and sent Man safely to the moon and back. In the process I have made a positive impact on the world's environment by recycling Man's waste and transforming it into useful products.

It is no wonder that I love to be a foundryman!

I am proud to be a foundryman.

(Taken from the prologue to the 62nd Indian Foundry Congress 2014.)

1. Enquadramento do Estudo

"O benchmarking é um processo sistemático e contínuo de medida e comparação das práticas de uma organização com as das líderes mundiais, visando obter informações que ajudem a melhorar o seu nível de desempenho"¹.

Pretende-se, assim, obter uma fotografia ao estado da arte acerca das temáticas relacionadas com algumas das questões atuais mais importantes para a Indústria da Fundição: na Indústria 4.0, Formação e questões Energéticas. Este benchmarking setorial irá identificar as tendências globais mais relevantes nestas áreas, permitindo que possam ser retiradas conclusões e argumentos justificativos importantes para a definição de estratégias para o setor nacional da fundição.

A APF – Associação Portuguesa de Fundição, enquanto ator empenhado em capacitar as empresas associadas e pertencentes ao setor para um maior conhecimento dos temas essenciais para o desenvolvimento da competitividade e capacidade de inovação, mantém um interesse reforçado na perceção do estado da arte sobre estas questões, que demonstram ser de enorme interesse para o setor.

Assim, constitui objetivo deste estudo recolher informação pertinente e comparativa das melhores práticas no setor, suficientemente esclarecedoras para a definição de uma estratégia concertada para o setor da Fundição, permitindo a consolidação e a potencialização das tendências industriais, económicas e políticas, comunitárias e nacionais.

Enquadramento prévio/ referências:

- Referências de trabalhos realizados/em vias de concretização no domínio da definição de estratégias e de benchmarking na área da fundição.
- Realização do Estudo Estratégico: “Contributos para um Plano Estratégico para a Indústria da Fundição”, Relatório final (*draft* incompleto), Universidade Católica/Porto Business School, julho 2017.

¹ Definição da International Benchmarking Clearinghouse.

- Realização em 2004 do trabalho de doutoramento, subordinado ao título “Aplicação do benchmarking na indústria de manufatura – desenvolvimento de uma metodologia para empresas de Fundição”;
- Protocolo de cooperação celebrado entre a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) com a APF.

2. Desenvolvimento Tecnológico

Um dos principais temas em análise neste estudo é a importância do desenvolvimento tecnológico no atual contexto e no futuro da indústria, analisado a partir do prisma da chamada 4ª Revolução Industrial e, mais especificamente, a manufatura aditiva.

Procurando enquadrar este tema de forma global: “Esta nova era industrial caracteriza-se pelo ritmo acelerado das transformações económicas, sociais e ambientais, bem como por descobertas tecnológicas em domínios como a robótica, a Internet das Coisas, a inteligência artificial, os sistemas energéticos e a bioeconomia. A automação, que se tornou possível graças às tecnologias da informação, está a transformar os processos de fabrico tradicionais e a natureza do trabalho. A indústria está cada vez mais integrada em cadeias de valor à escala mundial com fortes componentes de serviços. Os modelos de negócio emergentes perturbam os mercados tradicionais”.²

Refira-se que estes progressos tecnológicos têm fortes repercussões na própria natureza do trabalho e na sociedade em geral.

2.1 Indústria 4.0

À rápida evolução a que se tem assistido, quando mencionada em termos do seu impacto no meio industrial, foi atribuído o nome de Indústria 4.0. “Industrie 4.0” (I4.0), constituindo uma estratégia nacional, adotada pelo Governo Alemão através do Ministério da Educação e Investigação e do Ministério da Economia e da Energia³. O objetivo desta iniciativa foi impulsionar o mercado de inovação digital e TIC visando uma transformação de modelos de negócios e fornecimento/distribuição de produtos/serviços⁴. O termo foi cunhado por investigadores/analistas e políticos alemães que assim procuram referir-se expressamente à dimensão digital e ao futuro da indústria apostando numa ótica de evolução dos processos, sublinhando que as alterações atuais provocam um efeito tão marcante e significativo como a

²Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões e ao Banco Europeu de Investimento.

³ Germany Industry 4.0, janeiro 2017 – Comissão Europeia, publicação Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Industrie%204.0.pdf

⁴A intensificação da digitalização coloca fortes interrogações sobre a distinção/fronteira entre produto e serviço.

primeira Revolução Industrial (era 1.0), o desenvolvimento da produção em série (era 2.0) e a automação trazida pelas tecnologias da informação (era 3.0).

Procurando, então, identificar as características da Indústria 4.0:

- Interoperabilidade: significa a capacidade dos objetos para se conectarem e se comunicarem através da Internet das coisas e da Internet dos serviços;
- Virtualização: uma cópia virtual da Fábrica Inteligente que é criada ligando dados de sensores (de processos físicos de monitorização) com modelos de plantas virtuais e modelos de simulação;
- Descentralização: a capacidade dos sistemas adotarem decisões por conta própria;
- Capacidade em tempo real: a capacidade de recolher, analisar e fornecer as informações imediatamente;
- Orientação do serviço: oferta de serviços através da Internet de Serviços

Sublinhe-se que o debate sobre os efeitos da digitalização alemã não se limita às questões operacionais e técnicas relacionadas com a questão do desenvolvimento da produtividade e da competitividade, discutindo também questões e os potenciais efeitos relacionados com o emprego, com as exigências na qualificação dos recursos humanos e sobre a questão da segurança de informação e dados.

Refira-se ainda que o impacto da I4.0 é analisado não só relativamente ao emprego, numa perspetiva quantitativa, analisando, assim, quantos locais de trabalho serão dispensados ou substituídos, mas abrange, ainda, a questão da qualificação dos recursos humanos, visando a questão qualitativa das competências exigidas.

Segundo Mark Lewis, no artigo “Industry 4.0 and what it means to the FOUNDRY INDUSTRY”⁵, a Indústria 4.0 não é uma tecnologia por si só, constituindo antes a amálgama de todas as mais modernas ferramentas tecnológicas e digitais para criar uma *Smart Factory*, tendo por objetivo criar uma manufatura mais inteligente e eficiente. A pergunta será “como podemos utilizar estas tecnologias na indústria da fundição e quais são os seus benefícios?”.

⁵<http://www.foundrytradejournal.com/features/industry-40-and-what-it-means-to-the-foundry-industry->

O autor apresenta um simples exemplo que envolve a leitura automática por parte de um sistema do *stock* de uma matéria-prima disponível numa fábrica, permitindo que a encomenda seja iniciada automaticamente caso o *stock* baixe de um determinado nível. Levando a ideia mais longe, e passando de uma estratégia reativa para uma proativa, o sistema, usando dados armazenados acerca da utilização dessa matéria, pode prever as necessidades e planear com semanas ou meses de antecedência as compras de matéria-prima de uma fábrica.

Do lado Francês, surge uma resposta algo similar à iniciativa Alemã. A 20 de julho de 2015 foi oficialmente criada uma associação, denominada Alliance Industrie du Futur (AIF)⁶, tendo por objetivo apoiar as empresas francesas e em particular as PME na modernização das suas ferramentas industriais e na transformação do modelo de negócio por novas tecnologias, digitais e não digitais. O seu ponto de partida baseia-se na integração do *know-how* dos empregados do setor, integrando novos conhecimentos tecnológicos, rumo à modernização do setor industrial⁷.

A iniciativa visa acompanhar as empresas industriais Francesas no impacto das transformações tecnológicas nos mais diversos domínios, incluindo, a robótica, novos materiais, manufatura aditiva, a evolução dos modelos de negócios, a importância da participação do cliente no acompanhamento do processo de produção bem como nas alterações à formação dos recursos humanos.

Considerando que o futuro da indústria implica a participação de todos, a AIF lançou a plataforma Agora Industrie, procurando partilhar informação com a sociedade civil. Para a sua primeira edição, a Agora Industrie escolheu o tema do Homem no centro da Indústria do futuro. A iniciativa, que teve lugar em 27-30 de março de 2018, levou à publicação da Magna Carta da 1ª edição da AgoraIndustrie (Grande Salão da Indústria do Futuro, Villepinte).

Um exemplo de envolvimento da indústria da fundição nesta evolução é o caso do diretor de I&D da StrikoWestofen's, que discute os desafios e oportunidades da transformação digital no

⁶Esta iniciativa identificou um conjunto de áreas industriais com forte potencial de crescimento nos próximos anos em França, tais como a aeronáutica, indústria automóvel, vias ferroviárias, construção naval e agroalimentar. <http://www.industrie-dufutur.org/aif/>

⁷ Segundo informação disponibilizada neste site, França, Alemanha e Itália criaram um movimento algo similar, procurando a união de forças para promover a digitalização das empresas industriais, bem como promover a cooperação dos esforços Europeus congéneres – French Alliance Industrie du Futur, Alemão Plattform Industrie 4.0 e a iniciativa Italiana Piano Industria 4.0.

setor⁸. Segundo este industrial, a transformação poderá ser gradual, total ou parcial, mas a competitividade da indústria requer alguma dose de adaptação, pois a transformação deve abranger a totalidade do modelo de negócio. A dose de adaptação necessária dependerá do fator interno (competências das pessoas) e de fatores e pressões externas, como a organização do respetivo segmento de mercado.

Algum foco deve ser dado também à necessidade de estabelecer parcerias e estratégias cooperativas. Sublinhe-se que as tecnologias de informação estão normalmente fora das áreas tradicionais deste ramo de indústria, pelo que a incorporação útil desta tecnologia requer uma aprendizagem rápida e sobretudo, procurar colaborações úteis para acelerar o seu progresso. O risco irá aumentar; a utilização intensiva da internet provoca riscos acrescidos, pelo que os critérios de segurança deverão ser valorizados e reforçados.

Da mesma forma, Stephen Dyson, Diretor de Indústria 4.0 na Proto Labs⁹, empresa de serviços de produção digitais, concorda que a questão já não é a importância da revolução 4.0, mas sim qual o grau de adaptação que cada empresa industrial deverá sofrer. A questão recolocada será: “Se o fabrico e a automação digital são o futuro, como podem essas tecnologias ser introduzidas nas nossas empresas?”. Assim, a questão não incide sobre o objetivo, mas sim sobre o processo, o caminho que terá necessariamente de ser percorrido, e sobretudo o ritmo que irá ser exigido à empresa, no processo de adaptação e ajustamento tecnológico e industrial.

O desafio é global e reside na fase de implementação, que se caracteriza pelo fabrico digital e para um elevado grau de automação; o mundo da Indústria 4.0 será ainda caracterizado por tempos de entrega extremamente curtos, por uma produção orientada para a procura e para a produção específica para o cliente, permitindo que os fabricantes possam ser competitivos num nível global, independentemente do seu tamanho ou localização.

Neste sentido, a cadeia tradicional de valor - da fábrica aos grossistas, grossistas a retalhistas e retalhistas a consumidores - será ultrapassada pelas conexões digitais; será assim expectável que os consumidores possam solicitar produtos diretamente ao produtor, ultrapassando os sistemas de distribuição habituais e, assim, interagir com ferramentas on-line para

⁸<https://www.foundry-planet.com/news/corporate-news/detail-view/talking-about-industry-40/?cHash=4364279f6a28c713d13fe18059a6d713>

⁹<http://foundrygate.com/en/noticias/ver/4381/industry-40-automated-connectivity>

configurações de produtos e sistemas. O fabrico e o processamento poderão ocorrer automaticamente após o recebimento e validação da encomenda.

Em Portugal, o setor da fundição tem acompanhado e participado ativamente nesta evolução industrial, e nomeadamente a APF tem vindo a definir linhas estratégicas e de enquadramento para a I40, referindo no seu Congresso Nacional em 2016¹⁰ que a fundição está apostada na inovação como uma das formas de potenciar a sua capacidade instalada e de responder aos desafios da reindustrialização.

Em suma, e citando o *Foundry Trade Journal International*, Indústria 4.0 também já não é apenas terminologia. Agora, cada vez mais as fundições estão a conectar equipamentos de forma interativa, usando os dados de forma significativa para serem mais eficientes e mais pró-ativas. O desejo de desenvolver isso ainda mais, para que todos na cadeia de valor, inclusivamente clientes, também estejam envolvidos, resultará num processo produtivo mais eficiente e na capacidade de prever os requisitos de procura e antecipar os requisitos do processo.

A rastreabilidade e a conectividade são características ou requisitos que têm cada vez maior importância em todas as indústrias; a necessidade de englobar verdadeiramente a Indústria 4.0 e de vincular todos os fluxos de dados continuará a ser importante para o setor de fundição, de modo que as atitudes e a forma como os negócios são geridos serão tão importantes quanto a qualidade e confiabilidade dos componentes e produtos fabricados¹¹.

Casos Práticos

Alguns projetos a nível Europeu têm vindo a acelerar a adoção das mais modernas tecnologias no seio da indústria. Apresentam-se exemplos que podem ajudar a perceber o quadro atual dessa adoção.

Projeto FLEXICAST

Robust, and FLEXible CAST iron manufacturing¹²

¹⁰http://www.traterme.com/wp-content/uploads/2016/05/Programa_Provisorio_APF.pdf

¹¹<http://www.foundrytradejournal.com/features/casting-the-present-and-the-future>

¹²https://cordis.europa.eu/project/rcn/104690_en.html;

O projeto FLEXICAST juntou instituições de investigação a empresas da área da fundição para apresentar tecnologias aplicáveis a novas linhas de fundição de ferro fundido, e ajustadas a linhas pré-existentes. Os objetivos específicos foram¹³:

- a) Desenvolvimento de uma célula de produção de ferro fundido.
- b) Integração do sistema de controle baseado em Inteligência Artificial, tendo por objetivo desenvolver uma plataforma de software.
- c) Desenvolvimento de uma célula robótica para processos automatizados de acabamento de metal.
- d) Implementar a linha-piloto em ambientes industriais, por forma a demonstrar o avanço claro em comparação com as outras soluções tecnológicas. Alguns resultados são esperados:
 - i. Redução de 30% de energia em comparação com os sistemas convencionais de fusão
 - ii. Redução de temperatura de fusão
 - iii. Redução do transporte de metal
 - iv. Redução de sobreaquecimento
 - v. Redução da rejeição de peças fundidas

Projeto FAR-EDGE

Factory Automation Edge Computing Operating System Reference Implementation¹⁴.

¹³ “The specific objectives are: a) A cast iron production cell. Together with melting, treatment and pouring sub processes in a cast iron production cell is essential and imperative. We propose to install the melting shop closer to the pouring system kept closed on the mould carrousel, while the transfer and treatment ladle is removed. The widespread adoption of new melting shop as an operating process is in itself fostering the creation of even more powerful induction-plasma power supplies, versatile melt control technology, high-power density furnaces, temperature control systems, nodularization systems (magnesium vapour), inoculation systems, and automated pouring systems. b) Integration of Artificial Intelligence-based Control System. The objective is to develop a software platform. This can help us to the prediction of local structures, phases and ultimately the local mechanical properties, to asses casting quality in the foundry. In this point, also, three specific methodologies will be studied and improved: DTA analysis and on-line microstructural analysis and X-ray for on-line inspection. c) A robot cell for automated metal finishing processes. d) Demo pilot plant in real industrial settings in order to demonstrate a clear breakthrough using project development in comparison with the state-of-art solutions. Some results are: a) Cast iron manufacturing cell represents, at least, 30% energy reduction in comparison with conventional melting systems. b) Drastic reduction melt temperature scattering during molding process. Reduce metal transport (No transfer and treatment ladles). c) Overheating reduction. d) Reduce rejection of casting pieces.”

¹⁴<http://www.far-edge.eu>. O projeto FAR-EDGE (Implementação de Referência do Sistema Operacional Edge Automation da Factory Automation) recebeu financiamento do programa de investigação e inovação Horizonte 2020 da União Europeia ao abrigo do contrato de subvenção N. 723094 para um montante de € 3.992.631,25. O projeto começou em outubro de 2016 e tem uma duração de 36 meses

No ambiente global competitivo de hoje, os fabricantes esforçam-se para construir fábricas híper-eficientes e altamente flexíveis para atender à procura variável do mercado – incluindo personalização em massa – com apenas um aumento mínimo nos custos de produção. Tal requer sistemas de fabrico avançados recorrendo a técnicas de automação que implementem e reconfigurem sistemas e recursos de produção (por exemplo, estações de trabalho, robôs) ao menor custo possível¹⁵.

O projeto constitui o resultado de um esforço conjunto de líderes em automação industrial, sistemas ciber-físicos (CPS) para fabricação e Internet Industrial das Coisas (IIoT) no sentido de fornecer uma nova solução de computação para a automação da indústria.

Após a criação da Plataforma FAR-EDGE, o projeto criará um sistema visando a automatização da interligação de comunidades industriais mais amplas. Para esse fim, o projeto estabelecerá um conjunto de serviços para os fabricantes e integradores de soluções de automação para aproveitar as vantagens das arquiteturas de computação de ponta no desenvolvimento de soluções escaláveis, seguras e económicas. Esse ecossistema tem fortes aspirações no mundo das soluções de automação industrial descentralizadas com base nas tecnologias do futuro.

Projeto SMARTER-SI

Smart Access to Manufacturing for Systems Integration¹⁶

Ao longo da última década, o desenvolvimento da Integração de Sistemas Inteligentes (SSI) demonstrou enormes benefícios em termos de novas funcionalidades de diversos produtos que contribuem para um enorme potencial económico, com financiamentos anuais na Europa estimados em aproximadamente 10 mil milhões de euros. Existe uma oportunidade significativa para que as PME inovadoras explorem mais o SSI, pois estão idealmente posicionadas para comercializar e impulsionar todo o ciclo de desenvolvimento de produtos.

A Europa está numa posição forte para defender a competitividade das suas organizações de investigação, desenvolvimento e produção estabelecidas e ser líder mundial na transição do desenvolvimento de produtos através de SSI, desde a prototipagem até ao fabrico.

O projeto SMARTER-SI, financiado pelo Horizonte 2020, foi criado para testar um novo conceito para a distribuição de lotes pequenos de produção – o Modelo Cooperativo de Fundição (CFM).¹⁷

¹⁵http://www.far-edge.eu/image/journal/article?img_id=15952&t=1499693634850

¹⁶https://cordis.europa.eu/project/rcn/194220_en.html

¹⁷ Cooperative Foundry Model (CFM).

A ideia deste modelo foi desencadeada pela constatação de alguns projetos de pesquisa que, apesar de serem interessantes, não resultaram em produtos comercializáveis: “O problema é que a maioria das PME não precisa de grandes quantidades de sistemas de hardware para os seus produtos e as grandes fundições não podem justificar a produção de pequenas quantidades”¹⁸. O projeto Smart Systems Integration (SSI) refere-se à gama de sistemas funcionais, como a deteção e comunicação de dados, com base na tecnologia de microssistemas (p.e. sensores). Estes são considerados "inteligentes", pois dependem de ciclos de feedback, conjuntos de dados e algoritmos para permitir a operação autónoma.

O Projeto envolve a participação de seis Institutos Europeus de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para atuarem como:

- Building Blocks – componentes validados ou unidades funcionais com TRL elevado (High Technology Readiness Level);
- Tecnologias para Integração de Sistemas Inteligentes (SSI);
- Uma ampla gama de conhecimentos e experiência.

As pequenas e médias empresas terão acesso mais fácil às capacidades de fabrico dos Sistemas Inteligentes, dirigindo-se a um dos institutos participantes. Cada instituto atua como ponto de acesso e coordena as contribuições dos outros no projeto, fabrico e testes dos Smart Systems.

Projeto REFERENCE

Rf Engineered substrates to FostER fEm performance¹⁹

O projeto REFERENCE visa alavancar um ecossistema de radiofrequência (RF) de ponta a nível Europeu com base na tecnologia disruptiva RF Silicon On Insulator (SOI), conhecido como o mais promissor para atender às necessidades de desempenho, custo e integração para os Módulos RF Front End (FEM). Partindo da constatação de que o mundo de hoje é esmagadoramente digitalizado, a integração de tecnologias de informação e comunicação bem como o volume de dados sendo constantemente trocado cresce drasticamente. Tal exige um acesso instantâneo à internet, às informações e às comunicações rápidas. Com o crescente número de dispositivos conectados existe a necessidade de melhorar o desempenho dos semicondutores, e respetivos componentes o que ajudará a maximizar os benefícios e reduzir os custos.

¹⁸ - Coordenador do projeto, Dr Rainer Guenzler.

¹⁹<https://reference.ecsel.soitec.eu/>

Entre esses componentes, os Módulos Front-End de Frequência de Rádio (RFFS), que permitem a recepção e a transmissão do sinal, são os elementos-chave para passar aos padrões 4G + e 5G, que serão a principal tecnologia de comunicação da próxima década.

O projeto pretende desenvolver soluções inovadoras de materiais, processo, design, metrologia para integração de sistemas capazes de atender aos requisitos 4G+ não resolvidos para RF FEM (taxa de dados > 1Gb / s) e abrir caminho para 5G. O projeto pretende desenvolver sistemas que confirmam maior segurança e interatividade em todos os sistemas de transportes.

Neste projeto participa a empresa portuguesa Nanium, SA, teve o seu início em 2015 e tem a duração de 42 meses. O projeto teve o orçamento de 33 milhões de euros e foi financiado pela Electronic Components and Systems for European Leadership (ECSEL) iniciativa Europeia apoiada pela Comissão e associada ao Programa Horizonte 2020, no montante de 142.30 milhões de euros.

2.2 Manufatura aditiva

Atendendo ao vasto âmbito de aplicação da Indústria 4.0, foi necessário estreitar a análise do estudo centrando numa componente que com interesse elevado para a área da fundição, e cujo conhecimento ainda não esteja suficientemente divulgado pelas empresas do setor.

Um dos temas inseridos na I4.0 que assume uma particular pertinência para o futuro do setor da fundição é a manufatura aditiva, ou impressão 3D. Utilizada ainda como ferramenta de prototipagem rápida ou, no limite, para séries muito reduzidas, esta tecnologia pode interferir no futuro de forma significativa na forma como os moldes, as peças e os produtos são feitos:

“Outra tendência significativa na indústria de Fundição Europeia é o crescimento da manufatura aditiva e os desenvolvimentos em curso na impressão em 3D, em que há um número crescente de peças a ser direcionadas para essa tecnologia. Novas aplicações vão sendo desenvolvidas regularmente e as fundições avançadas estão a adaptar-se para se adequar ao rumo que a indústria de engenharia em geral está a tomar.”²⁰

²⁰<http://www.foundrytradejournal.com/features/casting-the-present-and-the-future>

Classificada como uma tecnologia emergente, com um potencial de grande impacto nomeadamente na indústria da fundição, “as previsões indicam que este mercado terá um forte crescimento nos próximos anos” (Wohlens, 2013). A Eurometaux²¹ refere que a impressão 3D é uma pequena parte, mas com tendência crescente, da indústria de metais, que deverá valer cerca de 10 mil milhões de dólares até 2035.

A tecnologia de impressão 3D encontra-se, na verdade, disponível desde os anos 80, mas as empresas das mais variadas áreas tecnológicas têm vindo a utilizar este tipo de tecnologias de forma mais intensa na última década.²²

A Comissão Europeia pretende que esta tecnologia faça parte da liderança mundial da Europa a nível industrial, e a Direção-Geral Investigação e Inovação organizou, em 2016, um workshop²³ em que foi apresentado um panorama do estado do setor, que tem vindo a ser sujeito a apoios por parte da Comissão desde o seu Primeiro Programa-Quadro (1984-87).

A normalização deste setor tecnológico é outra das preocupações a nível Europeu, e a Plataforma Tecnológica Europeia para a Manufatura Aditiva (AM-Platform) lançou em 2014 um *roadmap*²⁴ em que apresenta um plano para que, a nível Europeu, sejam definidos standards rigorosos para esta ferramenta emergente.

Há ainda, naturalmente, algumas desvantagens na sua utilização, que estão associadas a um conjunto de parâmetros, sendo de destacar a fraca capacidade e consistência das impressoras disponíveis, os elevados custos dos equipamentos e consumíveis, e a dificuldade na formação de membros da equipa.

Antes de mais, a aplicação potencialmente horizontal desta tecnologia deve merecer uma referência. Na indústria aeroespacial a impressão 3D é usada na modelação de conceitos e na impressão de protótipos (Kroll & Artzi, 2011), impressão de peças (Freeman, 2012) e na impressão de ferramentas (Hiemenz, 2013). Num cenário futuro, a impressão 3D poderá vir a

²¹<https://www.eurometaux.eu>

²² EY's Global 3D printing Report 2016, disponível em: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-global-3d-printing-report-2016-full-report/\\$FILE/ey-global-3d-printing-report-2016-full-report.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-global-3d-printing-report-2016-full-report/$FILE/ey-global-3d-printing-report-2016-full-report.pdf)

²³http://www.cnrs.fr/insis/recherche/docs-evenements/workshop-INSIS_11.01.16_GEsteban.pdf

²⁴<http://www.rm-platform.com/downloads2/send/2-articles-publications/607-sasam-standardisation-roadmap-2014>

permitir o desenvolvimento e impressão de asas (Campbell, Thomas Williams, Christopher Ivanova, Olga Garrett, 2012) e motores de aviões (Keller, 2015).

Na vertente da arquitetura, a impressão 3D é aplicada na criação de modelos arquiteturais. Um exemplo é a empresa Rietveld Architects que anteriormente à adoção da impressão 3D enfrentava desafios como elevados tempos e custos na produção de modelos arquiteturais. A adoção desta tecnologia permitiu reduzir o tempo de produção de um modelo arquitetural de dois meses usando dois colaboradores, para algumas horas usando apenas um colaborador, conseguindo obter simultaneamente modelos visuais mais detalhados (Judson, Dapprich, & America, 2009). Num cenário futurista, poderemos vir a assistir à construção de pontes em metal, que do ponto de vista arquitetónico terão um design mais orgânico e fluído (Zimmermann, 2016).

Na indústria automóvel, a impressão 3D atualmente é usada na prototipagem rápida de peças (Grunewald Scott, 2015), desenvolvimento de ferramentas personalizadas (Moore, 2015) e impressão de peças funcionais em pequenas quantidades. Num cenário futuro poderemos vir a assistir à introdução da impressão 3D no mercado de peças automóveis sobresselentes (Reeves & Mendis, 2015).

Na vertente militar a impressão 3D é aplicada na prototipagem e na produção de partes funcionais de artigos como máscaras de gás, armas de fogo e drones (Javelin, 2015). No futuro, a impressão 3D poderá possibilitar a produção de sensores biométricos, novos uniformes e exosqueletos para militares (Anusci, 2015).

Na indústria da eletrónica de consumo, a impressão 3D é usada em processos de prototipagem, como por exemplo headphones de ouvido (Halterman, 2015), na impressão de partes funcionais de produtos como ratos para computadores (Scott, 2015) e painéis traseiros para telemóveis (Benedict, 2015). Futuramente poderemos vir a assistir à impressão de objetos com circuitos eletrónicos embebidos (Borghino, 2015).

A impressão 3D também está presente na indústria dos moldes, onde permite a impressão de moldes de injeção para protótipos. Este processo de impressão permite obter reduções significativas nos custos e nos tempos de produção (Stratasys, 2015). Num cenário futuro poderemos vir a assistir à massificação do que sucede atualmente na empresa HASCO – empresa

que atua no setor dos moldes – que aplica a impressão 3D no desenvolvimento de moldes de injeção para a produção de pequenos lotes de peças (Grunewald, 2015).

Na indústria do calçado, a impressão 3D começa a ser aplicada no desenvolvimento de calçado desportivo (Koslow, 2015). No caso da Adidas, a sola desenvolvida e aplicada no seu recente modelo de ténis, usou como matéria-prima plástico recolhido dos oceanos (Howarth, 2015). No caso da indústria da alta-costura, a impressão 3D tem sido aplicada, por exemplo, no desenvolvimento de vestidos (Stone, 2014) e fatos de banho (Luimstra, 2015). Perspetiva-se que no futuro, com o evoluir da tecnologia de impressão 3D e a redução no custo de aquisição destes equipamentos, qualquer pessoa possa imprimir peças de vestuário ou calçado a partir de sua casa (Mau, 2013).

Na área da saúde, a impressão 3D é aplicada na impressão de próteses (Imbert, 2015), implantes personalizados (Hobson, 2015), implantes dentários (Ester, 2015), aparelhos auditivos (Maxey, 2015), instrumentos médicos (Pfahnl, 2015) no desenvolvimento de órgãos humanos (Ledford, 2015), tecido humano (Velasquillo, 2013) e produção de medicamentos (Jonathan & Karim, 2016). Num cenário futuro os principais desenvolvimentos na área da saúde poderão estar associados ao desenvolvimento de órgãos funcionais a partir das células dos pacientes, reduzindo o risco de bio incompatibilidade e proporcionando o desenvolvimento de órgãos com anatomia ajustada ao recebedor do órgão (Radenkovic, Solouk, & Seifalian, 2016). A nível farmacêutico, os principais avanços serão no sentido de desenvolver medicamentos personalizados, em que a dose do medicamento a aplicar poderá ser ajustada ao porte físico do paciente.

As vantagens globais na utilização desta tecnologia devem ser mencionadas: “Esta tecnologia demonstra vantagens, como encurtar o ciclo de produção, permitindo a manufatura de produtos com poucas ou nenhuma ferramentas usando menos material e peças, reduzindo tempo durante as fases de design e desenvolvimento do produto, tornando economicamente viável a manufatura de pequenas quantidades, permite aumentar a complexidade e o detalhe do design que através dos processos de manufatura tradicional são difíceis ou impossíveis de atingir”.²⁵

²⁵ Sérgio Luís Branquinho dos Santos; “Impressão 3D – Perspetivas de adoção na Indústria Portuguesa”, <https://run.unl.pt/bitstream/10362/19255/1/TGI0063.pdf>

No que diz respeito à fundição, foi referido no International Foundry Forum de 2016 que as técnicas de manufatura aditiva e a digitalização serão mudanças que a indústria de fundição deve necessariamente implementar para continuar a ser uma indústria bem-sucedida. A recolha maciça de dados e a análise automatizada em combinação com a utilização de, por exemplo, manufatura aditiva, em situações bem definidas são fatores-chave para o sucesso. Hoje, essas tecnologias devem ser uma parte integrante do negócio de fundição, alicerçando o seu relacionamento ativo no mercado, e, citando o Presidente do Comité Executivo da CAEF, Filipe Villas-Boas, “as fundições vendem soluções para os produtos dos seus clientes”²⁶.

O relatório da Agência Europeia para as PME (EASME), de 2016, acerca do futuro da tecnologia de impressão 3D²⁷, refere várias aplicações futuras para a manufatura aditiva no setor da fundição, indústria que aparece inclusivamente na matriz de aplicação apresentada no relatório.

O estudo “Futuro e a Manufatura Aditiva”²⁸, lançado por várias instituições e organismos públicos franceses (nomeadamente a *Direction Générale des Entreprises* (DGE) o *Commissariat général à l’Egalité des Territoires* (CGET), com a colaboração do *l’Observatoire de la Plasturgie*, do *Syndicat Français de l’Industrie Cimentière, Aluminium France, l’Alliance des Minerais, Minéraux et Métaux*, e a *Fédération Forge Fonderie*, procurou identificar o impacto desta tecnologia nomeadamente no setor da fundição para a indústria francesa.

A manufatura aditiva de peças metálicas representa o futuro para um grande número de fabricantes, constituindo uma tecnologia atrativa para industriais de diferentes setores e produção. No entanto, o estudo regista que o nível de adoção e a maturidade apresentam registos muito variáveis, dependendo dos domínios de utilização.

O estudo indica que, no ramo da aeronáutica e espacial, a manufatura aditiva representa cerca de 14,8% em 2014; na indústria automóvel, a impressão em 3D deverá representar um mercado de \$1,1 mil milhões com crescimento anual de cerca de 20% nos próximos cinco anos.

²⁶<https://www.foundry-planet.com/news/corporate-news/detail-view/digitalisation-additive-manufacturing-and-new-mobility-castings-shaping-future/?cHash=de996c1ce9015be5005c842ddd9ea60d>

²⁷https://ec.europa.eu/growth/content/report-3d-printing-current-and-future-application-areas-existing-industrial-value-chains-0_en

²⁸*Futur de la fabrication additive: Focus sur les matériaux métalliques hors aluminium* (2016), https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/etudes-et-statistiques/prospective/Industrie/2017-Fabrication-additive-alliages-metalliques.pdf.

Na área da medicina (dispositivos médicos implantados, setor dentário, instrumentos cirúrgicos) prevê-se igualmente uma incorporação importante desta tecnologia nos próximos anos; para o segmento de construção e arquitetura a introdução é atualmente residual (cerca de 3,2% do mercado mundial da manufatura aditiva), evidenciando, porém, um forte potencial.

A manufatura aditiva é particularmente adequada para plásticos e para a fundição, sendo o segmento de ferramentas rápidas, referenciado como promissor a curto prazo.

As motivações à integração do fabrico aditivo derivam, assim, em:

- fabrico de produtos complexos e personalizados (a um custo menor);
- redução de prazos ou protótipos;
- redução do número de etapas de montagem;
- economias de energia induzidas, particularmente nos setores associado ao transporte (automóvel, ferroviário e aeronáutico).

Apesar de tudo, no estado atual da tecnologia, a manufatura aditiva encontra ainda alguns constrangimentos relacionados, nomeadamente, com:

- a qualificação, normalização e repetibilidade dos procedimentos;
- os custos de produção para a produção em série (mais elevados);
- a relação custo/qualidade das peças fabricadas;
- a necessidade de tratamentos/controlo pós-fabrico (considera-se que a redução dos custos de pós-processamento é uma das áreas importantes para o desenvolvimento futuro desta tecnologia).

A impressão em 3D tem o potencial de complementar ou substituir parcialmente o método de fundição; hoje, algumas peças fundidas podem ser impressas diretamente por pós metálicos, por exemplo, ligas de titânio, ligas de níquel e peças de aço. Enquanto isso, a impressão 3D encontrou uma posição única noutros aspetos de fundição, como imprimir o modelo de cera, a carapaça de cerâmica, macho de areia, moldação de areia, etc.

A impressão 3D pode também provocar o aparecimento de novos produtos. Mais importante ainda, a impressão em 3D não é apenas um método de fabrico, podendo ainda revolucionar o design de produtos, montagens e peças. A importância da impressão 3D é assegurada em

termos absolutos, sendo referida como uma tecnologia, uma outra via para a indústria da fundição criar peças metálicas²⁹.

Uma nota para o facto de existirem, como é natural, algumas interrogações relativamente aos efeitos da tecnologia 3D. Assim, economistas interrogam-se sobre o seu real impacto e nas repercussões que alguns setores mais específicos poderão vir a sofrer. Especificamente, importa saber, se no futuro tudo for impresso em 3D localmente, o que vai ser do comércio entre os países, “com que é que se vai encher os navios-contentores”, ou, dito de outra forma, qual o impacto da introdução da tecnologia 3D no comércio global?³⁰

Casos Práticos

A melhor forma de se perceber o estado da arte desta tecnologia, é apresentando exemplos levados a cabo na prática, a nível Europeu. Estes exemplos podem ajudar a decidir o caminho a percorrer no sentido de uma eficiente adoção destas ferramentas em prol da competitividade da empresa.

Projeto AMAZE

Additive Manufacturing Aiming Towards Zero Waste & Efficient Production of High-Tech Metal Products³¹

O objetivo geral do AMAZE é produzir rapidamente componentes metálicos de até 2 metros de tamanho fabricados aditivamente com zero-defeitos, idealmente com resíduos próximos de zero, para uso nos seguintes setores de alta tecnologia: aeronáutico, espacial, automóvel, fusão nuclear e ferramentas.

A melhoria significativa da produtividade e da consistência do processamento de AM de metal, juntamente com os benefícios da indústria claramente demonstrados, acelerará a adoção em toda a Europa dessa nova abordagem de fabrico. Como o Prof. Wimpenny resume: "Tal levará a todos os tipos de benefícios para as pessoas. Por exemplo, uma melhor provisão de cuidados de saúde através da disponibilidade de implantes médicos mais duráveis e personalizados,

²⁹ Neste sentido: Industry Week, <http://www.industryweek.com/technology/3-d-printing-and-foundry-perfect-match>

³⁰ Raoul Leering, economista do Banco Holandês ING, entrevista ao jornal Observador, 29.01.2018

³¹ <http://amazeproject.eu/about-us/>

comunicação global mais robusta através de satélites leves que custam menos a lançar ou a geração de energia elétrica ilimitada, permitindo que sejam adotadas tecnologias de fusão nuclear".

Projeto INNOPOWDER

High quality and cost-effective metal powder for manufacturing lower weight components with improved properties for transport vehicles³²

Este projeto abordou o problema das matérias-primas utilizadas nas impressoras 3D serem materiais convencionais que foram adaptados para a impressão em 3D e que não possuem as propriedades técnicas específicas necessárias para componentes de aeronaves e automóveis, sendo muito dispendiosos. Apesar dos benefícios da impressão em 3D, muitas vezes os custos de produção deste tipo de impressão são elevados, em comparação com os métodos convencionais

O INNOPOWDER é um pó de metal de alta qualidade e custo-benefício para o fabrico de componentes do setor dos transportes através de impressoras 3D. Foi projetado e otimizado para ter características superiores em relação aos pós de metal comercialmente disponíveis.

A INNOMAQ21, PME espanhola, pretende ampliar a produção do INNOPOWDER e trazê-lo para o mercado de transportes, atingindo um lucro total de aproximadamente 15 milhões de euros até 2023 e fornecendo 28 novos empregos, com ROI nos custos do projeto de 423% após 5 anos.

Projeto CAxMan

Computer Aided Technologies for Additive Manufacturing³³

Os objetivos das tecnologias assistidas por computador para a manufatura aditiva (CAxMan) pretendem estabelecer caixas de ferramentas baseadas em serviços na nuvem, fluxos de trabalho e *One Stop-Shop* para tecnologias CAx que suportem o planeamento de projeto, simulação e processo para manufatura aditiva. Mais especificamente, os objetivos deste projeto pretendem:

³²https://cordis.europa.eu/project/rcn/207926_en.html

³³<https://www.caxman.eu/en/project/>

- reduzir o uso de material em 12% através da introdução de cavidades internas e vazios, mantendo as propriedades dos componentes;
- otimizar a distribuição e classificação de material para processos de manufatura aditiva multimateriais;
- facilitar o fabrico de componentes que são atualmente impossíveis ou muito difíceis de produzir por processos subtrativos (por exemplo, operações de corte e abrasivas);
- aumentar o planeamento de processos baseados em análise para a manufatura aditiva, incluindo aspetos térmicos e de stress, e sua interoperabilidade com a fase de projeto;
- permitir a compatibilidade de processos aditivos e subtrativos na produção, a fim de combinar a flexibilidade da forma na manufatura aditiva com o acabamento superficial dos processos subtrativos.

Projeto MAC'PME

Manufatura Aditiva com PME³⁴

O projeto MAC'PME, no âmbito do Portugal 2020, tem como objetivo aumentar a consciência e a incorporação de métodos e técnicas de manufatura aditiva de forma sustentável nos processos e serviços das PME do setor da metalurgia e da metalomecânica por forma a promover a sua competitividade e qualificação. Pretende desta forma, aproximar as PME do setor metalúrgico e metalomecânico das tecnologias facilitadoras (*Key Enabling Technologies*) na área da manufatura aditiva, fomentando abordagens diferenciadoras e inovadoras, a internalização da tecnologia e desconstruindo ideias pré-concebidas e enraizadas no tecido industrial, que em muitos casos funcionam como barreiras à inovação e desenvolvimento de novos produtos, processos e/ou serviços.

O projeto tem três grandes vetores de desenvolvimento relativos às tipologias de intervenção:

- 1) Desenvolvimento e engenharia de produtos, serviços e processos;
- 2) Transferência de conhecimento;
- 3) Eco-inovação.

Estas tipologias estarão integradas em quatro clusters de atividades:

- 1) Avaliação de tecnologia para a incorporação nos sistemas de produção industrial;

³⁴<http://www.macpme.org/index.htm>

- 2) Posicionamento estratégico das *Key Enabling Technologies* (KET) para a manufatura aditiva no setor da metalurgia e metalomecânica e aquisição de novas competências na manufatura aditiva;
- 3) Ferramentas de modelação e design de novos produtos a 3D;
- 4) Disseminação, demonstração e coordenação.

Voxeljet Foundry Sand 3D Printing

Voxeljet é uma empresa alemã especializada em impressoras 3D industriais para moldações de areia³⁵. A empresa refere que, no que diz respeito aos moldes de areia, “em termos de custos gerais, a impressão em 3D é sempre a alternativa mais económica aos processos convencionais até certo tamanho do lote, já que os custos das ferramentas são eliminados. Quanto menor o tamanho do lote, maior a vantagem de custo oferecida pela tecnologia da Voxeljet. Com geometrias complexas em particular, a impressão 3D é a escolha mais económica, mesmo em lotes de várias centenas de unidades, embora não possa substituir a construção clássica de moldes em séries grandes”³⁶.

ExOne – esta empresa utiliza a mesma tecnologia que a Voxeljet, *binder jetting*, e os materiais são similares.

Moldes SLA e DLP – a Estereolitografia é uma tecnologia pela qual um laser endurece uma camada de resina numa cuba, também chamado SLA (*Stereolithography Apparatus*). O DLP (*Digital Light Processing*) é outra tecnologia similar, pelo qual um chip DMD (como os presentes nos projetores de escritório) endurece uma superfície de uma resina numa cuba.

A new turbine wheel with 3D printing

Participantes: Turbal AG e Wolfensberger AG, empresas suíças³⁷

O objetivo do projeto é a criação de uma nova hélice para uma clínica na Etiópia *Rapid prototype and small series production*: a fundição Bosch Rexroth produz moldes através de impressão 3D³⁸.

³⁵<http://nectar.exoape.eu/2017/03/22/using-3d-printing-for-molding-and-casting-in-manufacturing/>

³⁶<https://www.voxeljet.com/company/news/what-foundries-have-to-know-about-3d-printing/>

³⁷<http://www.foundrymag.com/moldscores/complex-core-no-problem>

³⁸Press Release “Rapid prototype and small series production: the Bosch Rexroth foundry manufactures molds using 3-D printing – <https://www.boschrexroth.com/en/xc/company/press/index2-16064>

Através da utilização de duas impressoras 3D, Bosch Rexroth simplificou de forma decisiva o processo de moldação e fundição. O processo é iniciado com a encomenda do cliente que envia os dados CAD para o componente desejado e as impressoras 3D fabricam o respetivo macho ou moldação de areia, eliminando a necessidade de desenvolver e fabricar ferramentas individuais para produzir moldes.

Assim, a empresa de fundição Bosch Rexroth acelera a produção de componentes de fundição usando impressoras 3D. Eles "imprimem" machos e moldações de fundição personalizados, minimizando os tempos de entrega da fundição e o custo das peças fundidas individuais, marcando assim um importante passo em direção à Indústria 4.0³⁹.

Os moldes de areia da impressora 3D são referenciados como oferecendo inúmeras vantagens para a fundição e respetivos clientes, requerendo tempos de execução mais curtos, com impacto ambiental mais reduzido.

Koenigsegg One:1

O fabricante de automóveis sueco Koenigsegg revelou o One 1: o carro mais rápido do mundo. A tecnologia 3D imprimiu muitas das partes metálicas do turbo-alimentador e sistemas de escape. Ao construir o carro quase completamente de fibra de carbono e impressão em 3D, o peso foi substancialmente reduzido⁴⁰.

Instituto de Engenharia e Gestão Industrial

O INEGI, através da Unidade de Fundição e Novas Tecnologias, dispõe de equipamentos de Prototipagem Rápida (PR) que permitem construir modelos tridimensionais, por adição de camadas a partir de ficheiros CAD 3D⁴¹.

O INEGI está também inserido no projeto ADIRA SLM-XL, que “pretende ser capaz um bem de equipamento para fabrico aditivo de peças, particularmente componentes metálicos de grandes dimensões, recorrendo à tecnologia laser para o processo de união dos pós metálicos”⁴².

³⁹http://www.kug.bdguss.de/fileadmin/content/themen/Innovativer_3-D-Druck_in_Giessereien/G-10-14-S74-77-PDF.pdf

⁴⁰<https://3dprintingindustry.com/news/koenigsegg-striving-make-worlds-fastest-car-3d-printing-24773/>

⁴¹http://www.inegi.up.pt/instituicao/competencias_detalhe.asp?idm=1&idsubm=6&id=17&LN=

⁴²<http://www.poci-compete2020.pt/noticias/detalhe/Proj3346-SLMXL-ADIRA>

Projeto PROTOSIMUL

Desenvolvido pela empresa FERESPE em parceria com a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto⁴³, o projeto teve também cofinanciamento da Agência Nacional de Inovação.

Pretendeu-se endogeneizar uma tecnologia de desenvolvimento de produto fundido que permita sustentar a competitividade de pequenas empresas de Fundição, com séries muito pequenas, em que a prática tradicional se torna economicamente impraticável.

Para atingir este objetivo, que permite "entrar" nos negócios desde a fase de conceção das peças fundidas pelos projetistas, recorreu-se a duas técnicas complementares: técnicas de prototipagem SLS, SandForm e DuraForm, que possibilitem obter cavidades de moldação em areia análogas às existentes em produção e, desse modo e rapidamente, produzir protótipos funcionais de fundidos que possibilitem a avaliação da forma, volume e propriedades. O segundo processo possibilita o fabrico de modelos destinados ao fabrico de moldes, utilizando técnicas de reprodução por cópia.

Algumas conclusões:

- Sobre a construção de modelos/moldações por SLS SANDFORM conclui-se que a geometria a executar devem ser formas simples, não apresentar grande variação entre elas, uma vez que existe uma grande suscetibilidade para o aparecimento de empenos. Relativamente à qualidade superficial, conclui-se que os fundidos apresentaram uma boa qualidade.

Para as geometrias estudadas, verificou-se que, com bastante facilidade e sem necessidade de recorrer a ajustes profundos, é possível obter uma grande correspondência entre os resultados da simulação e a realidade. A utilização do software de simulação de enchimento parece ser uma mais-valia importante na obtenção de um resultado válido e preciso.

⁴³https://sigarra.up.pt/feup/pt/projectos_geral.mostra_projecto?P_ID=63355

3. Qualificação dos recursos humanos

O segundo grande tema em observação é a questão da formação e qualificação dos recursos humanos. Uma das maiores preocupações do setor industrial nacional é a falta de mão-de-obra. Não sendo o setor da Fundação exceção, este setor carece de pessoal qualificado para realizar um trabalho que muitas vezes requer um elevado grau de especialização.

Este tema relaciona-se com o anterior na medida em que é cada vez mais necessária uma transformação do perfil e aptidões dos recursos humanos, provocada pela inevitável adaptação às alterações tecnológicas – sejam elas graduais (evolutivas) ou abruptas. A evolução tecnológica irá provocar alterações significativas no perfil e na utilização dos recursos humanos, no sentido de estes poderem ser substituídos pela automação, reservando a utilização dos recursos humanos para outro tipo de operações.

Importa, por isso, tentar analisar o panorama da qualificação direcionada para áreas de interesse para a fundição.

Alguns estudos realizados nos EUA indicam que cerca de 47% dos trabalhadores atuais trabalham em profissões que tenderão a desaparecer nos próximos 20 anos, devido à intensidade da utilização da digitalização. Por outro lado, o risco de alteração na estrutura das profissões/empregos não será uniforme: os trabalhadores com baixas qualificações manifestam um risco superior a trabalhadores com qualificações de nível superior.

A procura de recursos humanos será alterada, prevendo-se que a utilização intensiva da digitalização requeira profissionais altamente qualificados, e a diminuição de procura de quadros médios⁴⁴.

Neste contexto, é ainda referido que serão reforçadas as necessidades de pensamento abstrato, capacidade de gestão de informação, responsabilidade na gestão de processos, capacidade de manuseamento de documentação e de leitura de documentos; por outro lado, surgem exigências decorrentes de capacidades na área do trabalho em equipa, da partilha de trabalho, sendo visível que as competências sociais serão valorizadas no contexto laboral.

⁴⁴ Germany Industry 4.0- janeiro 2017- Comissão Europeia, publicação Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. O artigo cita Frey and Osborne, 2013, https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Industrie%204.0.pdf

As dificuldades mais específicas relativas a recursos humanos e formação para a Fundação sentidas ao nível europeu, levou a Comissão da UE a apoiar algumas iniciativas, entre as quais se destaca o projeto CLLEFE (Concept for Lifelong Learning for European Foundry Employees)⁴⁵, um projeto europeu destinado a desenvolver *e-learning* para funcionários da fundição. Para atender a esta necessidade específica de formação, o projeto visa desenvolver a plataforma de *e-learning* e uma rede de competências na Europa ao nível da formação e educação à distância. Isso tornará possível a aprendizagem ao longo da vida para funcionários de fundição de forma eficiente e integrada diretamente nas instalações da empresa. O projeto foi apoiado pela EIT Raw Materials e teve a participação de empresas como a Volvo e do próprio CAEF. A qualidade dos programas de formação dentro do CLLEFE será controlada por um painel de especialistas e os parceiros do projeto incluem um grande número de institutos de pesquisa, universidades e associações de fundição europeias. O Instituto de investigação Swerea SWECAST (Suécia) é líder do projeto.

As rápidas alterações tecnológicas, algumas das quais já mencionadas, levam a que o perfil de recursos humanos necessários para as indústrias seja diferente, nomeadamente que sejam mais procuradas capacidades de pensamento abstrato, de gestão de informação, responsabilidade na gestão de processos, manuseamento de documentação, trabalho em equipa/competências sociais, etc. A utilização intensiva da digitalização requer cada vez mais profissionais com maiores níveis de qualificação. A formação na empresa constitui uma forma de completar a formação recebida antes da entrada na empresa⁴⁶. A existência de centros como o CINFU (o único *player* nacional para formação neste setor), com ligações não só às empresas como também às universidades é, por isso, da maior importância.

A título de exemplo, apresentam-se dois projetos voltados para a formação especificamente para o setor da fundição, o primeiro dos quais levado a cabo pela própria Associação e pelo CINFU em parceria com outras entidades.

Projeto InnoResolve

O projeto InnoResolve é um projeto Erasmus+, que decorrerá até agosto de 2019. Conforme referido, a APF e CINFU são parceiros, juntamente com Associação de Fundidores do País Basco e Navarra, Fondo Formación Euskadi, Università Telematica Internazionale e Camara de Comert

⁴⁵<https://www.swerea.se/en/cllefe>

⁴⁶O nível de formação implementado pela empresa foi galardoado com o prémio "Training Company of the Year in Mülheim an der Ruhr 2007".

si Industrie Cluj. Tem como destinatárias finais as fundições, e o seu envolvimento é fundamental para que os objetivos sejam cumpridos.

O projeto tem como objetivos principais:

- Identificar os benefícios de investir em processos de digitalização
- Incrementar a cultura e as competências digitais
- Promover processos de digitalização na indústria de fundição
- Criar uma rede europeia para a inovação no setor de fundição
- Melhorar o uso do e-learning e PBL - Problem Based Learning

No âmbito do projeto serão desenvolvidos os seguintes instrumentos:

- Programa de formação e-learning baseado na metodologia de resolução de problemas
- Guia de suporte sobre os novos desafios da indústria de fundição
- Seleção de casos de estudos de aplicação da indústria 4.0 na fundição

3.1 Referências na formação de recursos humanos para a indústria da fundição

No âmbito do presente estudo de benchmarking foram estabelecidos pontos de interesse relativamente ao panorama da formação e qualificação, focando a análise em áreas de interesse para o setor, procurando identificar a atual oferta mais significativa na área da qualificação para a indústria da fundição, sobretudo na vertente de colaboração/participação do ensino superior, através da identificação de cursos profissionais ou universitários. Foram selecionados alguns países europeus com maior tradição neste domínio: Alemanha, França, Polónia e Suécia.

Portugal

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais⁴⁷ – na sequência do processo de Bolonha, a licenciatura em Engenharia Metalúrgica foi reestruturada, e a partir de 2007/2008, passou a ser integrado no 2º

⁴⁷https://sigarra.up.pt/feup/pt/cur_geral.cur_view?pv_curso_id=744

ciclo do Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e Materiais. O 4º ano do Mestrado contém a Unidade Curricular Fundição⁴⁸.

Enquanto unidade de investigação e de desenvolvimento, refira-se o **INEGI (Instituto Nacional de Engenharia Industrial)**⁴⁹ – este Instituto de Investigação desenvolve competências na área da investigação e desenvolvimento no setor da fundição (Novas Tecnologias de Fundição), com capacidade para o fabrico de protótipos e pré-séries em metal, por processos de fundição⁵⁰.

Instituto Politécnico do Porto, Laboratório de Fundição do Departamento de Engenharia Mecânica – laboratório no qual os estudantes podem realizar diversos trabalhos relacionados com os processos de fundição em areia. Este laboratório está preparado para executar pequenas séries de peças em alumínio, desde a preparação das areias ao vazamento de ligas de alumínio.

Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Mecânica, Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica contém Unidade Curricular: Tecnologias de Fundição e Soldadura⁵¹ – esta Unidade Curricular também faz parte do plano de estudos do Mestrado Integrado de Engenharia de Materiais. O Laboratório de Fundição, está integrado no departamento de Engenharia Mecânica e a sua atividade está direcionada para três vertentes principais: Pedagógica, Investigação e Prestação de serviços à comunidade.

⁴⁸ De acordo com o Programa da Unidade Curricular, esta visa a apresentar as capacidades de conformação de ligas metálicas, a partir do estado líquido, nos meios comuns de moldação em areia verde, areia com ligantes químicos, fundição em molde metálico permanente (por gravidade, baixa pressão e alta pressão), fundição em modelo de cera perdido, em carapaça cerâmica e bloco cerâmico e fundição centrifugada, bem como a relação entre as variáveis de processamento mais relevantes dos ferros fundidos, aços e ligas de alumínio, sobre a microestrutura e defeitos comuns, e o respetivo desempenho em serviço. b. Objetivos Apresentar e estudar os aspetos fundamentais relacionados com o processo de fundição em areia verde. Fundição em areia de presa química, no fabrico de moldações e macho, Estudo das principais tecnologias de fundição: Em areia verde, em areia de macho, fundição injetada, fundição em coquilha e fundição cerâmica, em bloco e em carapaça. Análise dos equipamentos fundamentais típicos da fundição em areia. Elaboração de ferros fundidos, aços vazados e ligas de alumínio.

⁴⁹ <https://servicos.inegi.up.pt/pt/formacao-avancada/>

⁵⁰ No Relatório de Atividades e Contas do INEGI (2016) encontra-se previsto na área de competências de R&D a desenvolver em 2018 Fundição apoiada por Manufatura Aditiva.

⁵¹ De acordo com o Programa da Unidade Curricular, constitui objetivo geral: Especificar os processos de fabrico com metais envolvendo adição de material. Conceber moldes e placas-molde simples para obtenção de uma peça por fundição; especificar e selecionar equipamentos de fundição e soldadura. Avaliar a influência das variáveis dos processos no produto final. Identificar e estabelecer metodologias de correção de defeitos de fundição. Selecionar processos de fundição e soldadura. Selecionar parâmetros de soldadura.

Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia de Materiais e Cerâmica, Mestrado Integrado em Engenharia de Materiais– refere nas saídas profissionais empresas na área da fundição de ligas metálicas, contendo no Plano de Curso unidades curriculares específicas para a área da metalurgia e fundição. Nomeadamente Tecnologia Metalúrgica⁵². O Departamento mantém fortes ligações com a indústria da fundição, apoiando estágios de alunos e participando em atividades de I&D neste domínio.

Instituto Superior Técnico (Lisboa), Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica contém a Unidade Curricular Transformação de Polímeros e Fundição⁵³. O Mestrado Integrado de Engenharia de Materiais contém a unidade curricular Técnicas de Fabrico Aditivo⁵⁴

Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica contém a Unidade Curricular Tecnologias de Fundição e Soldadura.

Ao nível do ciclo de formação 5 – Cursos Técnicos Superiores Profissionais⁵⁵:

⁵² Esta Unidade Curricular tem por objetivo fornecer conhecimentos técnico-científicos sólidos sobre a obtenção de produtos acabados de metais e suas ligas pelos processos de enformação mecânica, fundição e metalurgia do pó; Promover a integração dos conhecimentos anteriormente adquiridos ligando-os a estas técnicas de processamento dos materiais metálicos; Sensibilizar os futuros engenheiros para a relação indústria metalúrgica/meio ambiente através do conhecimento in loco de processos representativos da Tecnologia Metalúrgica proporcionado por visitas de estudo a fábricas. Especificamente na área da Fundição o programa prevê: Fundição: Vantagens e aplicações; Fundição em areia; Fundição com moldações metálicas (ex.: fundição injetada, fundição em coquilha); / Processos especiais (ex.: fundição de precisão, *shell molding*);/ Alimentação e gitagem; Defeitos de fundição;/Ferros fundidos.

⁵³De acordo com o Programa da Unidade Curricular, os objetivos desta disciplina consistem em transmitir conhecimentos sobre as diferentes tecnologias de processamento de materiais poliméricos, bem como sobre as tecnologias de fundição e de prototipagem rápida. A disciplina encontra-se essencialmente dividida em duas partes. Na primeira, abordam-se os aspetos relacionados com o processamento de materiais poliméricos, enquanto a segunda parte se centra nas tecnologias de fundição e de prototipagem rápida

⁵⁴ No Programa desta Unidade Curricular refere que a estrutura, da disciplina é de forma a permitir a sua adaptação à rápida evolução destas tecnologias; são analisados Fundamentos das técnicas aditivas de fabrico e prototipagem: do modelo em computador ao objeto manufaturado. Prototipagem vs. fabrico. Modelação geométrica e fabrico digital.; Digitalização 3D e engenharia inversa. Métodos de consolidação de materiais: foto polimerização e sinterização por feixes de alta energia. Processos de foto polimerização: estereolitografia. Métodos de consolidação de leitos de pó: SLS e SLM. Deposição assistida por laser. Métodos de impressão e extrusão. Métodos de consolidação de laminados. Seleção de materiais e processos. Aplicações. Aplicações biomédicas e em aeronáutica. Fabrico rápido de moldes. Modelos de negócios centrados na modelação e fabrico digital usando a manufatura aditiva

⁵⁵ A listagem de Cursos de Especialização Tecnológica pode ser encontrada no seguinte endereço: <https://www.dges.gov.pt/pt/content/lista-de-cet-no-ensino-nao-superior>

- Universidade de Aveiro – Curso Técnico Projeto de moldes⁵⁶
- Instituto Politécnico de Leiria – Curso Técnico-Profissional de Moldes⁵⁷
- Instituto Politécnico do Cavado e do Ave – Curso Técnico Profissional de Soldadura⁵⁸
- CINFU – Técnico Especialista em Tecnologia de Materiais – Metalurgia e Metalomecânica

Polónia

A Polónia detém um conjunto significativo de Universidades e de estabelecimentos de ensino Politécnico, também denominados por Universidades de Tecnologia.

Seguidamente são identificados um conjunto de escolas e de estabelecimentos de ensino superior, ou Institutos de Investigação com particular relevância no domínio da fundição.

AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland⁵⁹

O início da Universidade remonta a 1920, com estudos na área da engenharia de minas.

A Universidade contém uma Faculdade de Engenharia de Fundição. O ciclo de estudos encontra-se dividido em áreas: Engenharia de Processos de Fundição e Engenharia de Processo assistido por computador. A Faculdade concede grau de licenciado (1 ciclo) e mestre (2 ciclo).

A Faculdade de Engenharia da Fundição foi criada no ano letivo 1951/1952, a partir da Faculdade de Metalurgia. A faculdade forma especialistas no campo da tecnologia de fundição e é a única faculdade desse tipo que opera dentro das estruturas do sistema de ensino superior na Polónia e na Europa.

O mestrado Virtotechnology – Virtualization of Foundry Engineering⁶⁰, é o programa de estudo de especialização analisando as tendências de desenvolvimento e aplicação de engenharia

⁵⁶ O técnico Especialista em Projeto de Moldes é o profissional que desenvolve o seu trabalho nas áreas de projeto, desenho e fabrico de produto e ferramentas de produção para a indústria metalomecânica

⁵⁷<https://www.ipleiria.pt/cursos/course/ctesp-em-projeto-de-moldes-2/>

⁵⁸ O curso de Técnico Superior Profissional em Soldadura aguarda autorização da Direção Geral do Ensino Superior. Pretende-se que o profissional fique apto a conceber, elaborar, coordenar e executar projetos de fabrico soldado. Atividades Principais: Conceber, elaborar, coordenar e executar projetos de fabrico soldado; selecionar processos, equipamentos e materiais de adição; propor soluções técnicas e economicamente competitivas; inspecionar e controlar a Qualidade de construções soldadas; desenvolver trabalhos de investigação científica no domínio da soldadura

⁵⁹<http://www.agh.edu.pl/en>

⁶⁰<http://www.study-krakow.com/programmes,563.html>

assistida por computador, sistemas modernos de gestão de empresas, informática e matemática aplicada, particularmente adaptado à metalurgia e fundição.

Foundry Research Institute, localizado em Cracóvia⁶¹. Um dos mais importantes institutos públicos Polacos, na área da fundição, foi criado em 1946, em Cracóvia. É uma entidade estatal de liderança que realiza atividades científicas e de investigação para a indústria de fundição na Polónia sob a supervisão do Ministério do Empreendedorismo e da Tecnologia. Em reconhecimento às realizações no campo da ciência e da inovação, o Instituto foi classificado pelo Ministério da Ciência e do Ensino Superior como um grupo de instituições de I&D com a classificação mais elevada.

O Instituto, bem como a University of Science and Technology são entidades Polacas que participam na organização do World Foundry Congress, que decorrerá em 2018 a 23/27 de setembro, em Cracóvia O Congresso será realizado sob o tema "Fundição Criativa"⁶².

Instituto Politécnico de Varsóvia (Warsaw University of Technology) – Faculty of Production Engineering⁶³.A Faculdade tem alguns institutos dedicados às tecnologias de produção (nomeadamente moldes e fundição) e também de impressão.

Silesian University of Technology – Faculdade de Engenharia de Materiais e Metalurgia⁶⁴, em **Gliwice**: com particular incidência nos estudos na área da fundição. Integrado nesta Faculdade, o Instituto Tecnologia de Metais mantém forte tradição de investigação na área da fundição.

University in Rzeszów, Poland – Faculdade de Máquinas e Aviação: foi instituído o Departamento de Fundição em 1998, mantendo atividades de investigação e desenvolvimento no Laboratório de Fundição⁶⁵.

Institut of Electronic Materials Technology, localizado em Varsóvia⁶⁶: o instituto desenvolve as suas atividades multidisciplinares de pesquisa e desenvolvimento de materiais e dispositivos e

⁶¹<http://iod.krakow.pl/>

⁶²<http://www.73wfc.com/tour-7/>

⁶³<https://www.pw.edu.pl/engpw/Academics/Faculties/Faculty-of-Production-Engineering>

⁶⁴<https://www.polsl.pl/en/Pages/Welcome.aspx>

⁶⁵<https://koi.s.w.prz.edu.pl/laboratoria/laboratorium-odlewnictwa>

⁶⁶<http://www.actmost.eu/About-us/Partners/Institute-of-Electronic-Materials-Technology-ITME-Glass-Laboratory>

componentes inovadores baseados nesses materiais para uso em eletrônica, microssistemas, optoeletrônica, micromecânica, etc. Concede formação de nível 3 (PhD) em Engenharia Mecânica. O Departamento de Materiais Compósitos desenvolve atividade de investigação e desenvolvimento na área da Fundição, sendo titular de diversas patentes neste domínio.

Częstochowa University of Technology – Faculdade de Engenharia de Produção e Tecnologia de Materiais⁶⁷ Metalurgia: contém um Departamento específico na área da fundição com fortes tradições neste domínio (especificamente criado em 1952). A título de curiosidade, nesta Universidade é celebrado o Dia da Fundição, especificamente destinado à integração dos alunos que escolheram seguir esta via de estudo e de profissão.

Ao nível da Investigação e Desenvolvimento, deverá ser referido o **Instytut Spawalnictwa, localizado em Gliwice, na Polónia⁶⁸**. O Instituto foi criado em 1945, é uma organização líder em investigação e desenvolvimento de soldadura na Polónia. Na sua longa atividade, o Instytut Spawalnictwa desenvolve atividades na área da tecnologia de soldadura, coordenou inúmeros projetos de I&D, e fortaleceu vínculos estreitos com a indústria e centros de investigação. O Instituto mantém ações de formação continua na área de referência e participa em diversos projetos Europeus de investigação⁶⁹.

Lodz University of Technology – Faculdade de Engenharia Mecânica: o Departamento de Materiais e de Produção de Sistemas, desenvolve atividade intensa na área da fundição ao nível da investigação, e na organização de conferências e de seminários⁷⁰.

França⁷¹

⁶⁷<http://www.pcz.pl/en/faculites-and-other-units/materials-processing-technology-and-applied-physics>

⁶⁸<http://is.gliwice.pl/en/strona-cms/about>

⁶⁹ Listagem de projetos Europeus: FUTUREWELD - Implementation of the guidelines for mechanized, orbital and robotized welding personnel(01.09.2014 - 30.08.2016) www.futureweld.eu/en/ / SignaSTIR (7PR): "Development of an in-process quality assurance system for friction stir welding"(1.02.2011-31.01.2013) www.signastir.eu / WELDTRAIN-HSE "Health, Safety and Environmental Training for Welding Personnel" (1.11.2012 - 31.10.2014) www.hseweldtrain.org/ / WELDIMP - Multimedia Dictionary for Welding Imperfections (01.11.2011 - 31.12.2013) www.weldimp.com

⁷⁰ - Nomeadamente, XVIII INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "Optimization of Production Systems in Foundries, junho 11-13, 2018, Łódź, pretendendo abranger a temática relacionada com à operação da fundição como um sistema de produção para produção de peças de alta qualidade

⁷¹ Informação obtida a partir de:

ESFF – École supérieure de Fonderie et de Forge⁷²

A Escola é um estabelecimento privado de ensino técnico superior, localizada em Sévres, e foi reconhecida pelo Estado em 1925. É uma das poucas especializadas em metalurgia na área específica da fundição. O objetivo é formar engenheiros e quadros técnicos superiores para a indústria de transformação do metal (fabrico, métodos, estudos, projetos, pesquisa aplicada, qualidade, gestão e direção de empresa, etc.), para as empresas clientes ou fornecedores de indústrias, bem como para os centros de investigação.

Concede Diploma de Engenheiro da École Supérieure de Fonderie et de Forge – licenciatura (duração 3 anos) em convénio com a Escola Nacional Superior de Artes e Ofícios, e o diploma de especialização em conceção e produção de produtos de fundição e de forja. Os ciclos de formação incluem períodos alternados de escola/estágio e formação em empresas.

Referencia a Estabelecimentos de Ensino Superior com forte especialização reconhecida na área da metalurgia/fundição:

- **Université de Technologie de Troyes**⁷³ – Concede o título de Ingénieur UTT en Matériaux et Mécanique, uma especialidade aprovada pela Comissão de Títulos de Engenheiros, fornecendo competências específicas na área da fundição.
- **EEIGM: École Européenne d’Ingénieurs en Génie des Matériaux**⁷⁴ – Esta Escola é integrada na Universidade de Lorraine, especializada em Engenharia de Materiais, mantendo uma forte componente no estudo e investigação na área da fundição. A Escola detém o Centro de Transferência e Expertise; um centro de investigação e de prestação de serviços à indústria, o qual mantém forte relacionamento da atividade de investigação/prestação de serviços à indústria, especialmente na área da fundição.
- **ENSAM: École Nationale Supérieur des Arts et Métiers (ParisTech)** – Diploma de Engenheiro com especialização em Conceção e Exploração de Equipamentos Industriais,

[http://www.onisep.fr/content/search/\(offset\)/10?&SubTreeArray=243418&etabRecherche=1&SearchT ext=fonderie&idFormation=&limit=10&class_id=E da FEDERATION FORGE FONDERIE](http://www.onisep.fr/content/search/(offset)/10?&SubTreeArray=243418&etabRecherche=1&SearchT ext=fonderie&idFormation=&limit=10&class_id=E da FEDERATION FORGE FONDERIE)
<https://www.forgefonderie.org/fr/emploi-formation/formations>

Relatório de Metalurgia 2017.

<http://www.observatoire-metallurgie.fr/analyses-previsions/impact-du-cice-et-du-pacte-sur-les-entreprises-de-la-metallurgie-et>

⁷²<http://www.esff.fr/>

⁷³<http://www.utt.fr/fr/formation/formations-d-ingenieur/materiaux-et-mecanique.html>

⁷⁴<http://www.eeigm.univ-lorraine.fr/fr/eeigm/presentation>

a formação é realizada em colaboração com o **Instituto Techniques d'Ingénieur de l'Industrie de Lorraine**, com fortes ligações à indústria da metalurgia.

Institutos de Investigação e prestação de serviços especializados na área da fundição:

- **Institut de Recherche M2P** – Materiais/ Metalurgia e Procedimentos: integrado na rede de Institut de Recherche de variadas temáticas⁷⁵.
- **Institut Jean Lamour (IJL)**⁷⁶: trata-se de uma unidade mista do Centre National de Recherche Scientifique e da Universidade de Lorraine, com fortes ligações à indústria metalúrgica e fundição. Trata-se de um laboratório de investigação fundamental e aplicada em ciências e engenharia de materiais que agrega competências em diferentes áreas científicas. O laboratório contém um Departamento de Ciências e Engenharia de Materiais e Metalurgia.
- **CEMEF – Centre de mise en forme des Matériaux (ParisTech)**: Trata-se de uma unidade de formação (master e doutoramento) e de investigação na área das ciências de materiais. Uma das equipas de investigação encontra-se especificamente ligada às tecnologias de fundição (Estruturas e propriedade nos procedimentos de solidificação).
- **CIRIMAT Toulouse – Centre Inter-universitaire de Recherche et d'Ingénierie des Matériaux**⁷⁷ : O centro está integrado na Universidade de Toulouse.
- **ICMCB – Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux**⁷⁸: o Instituto está integrado na Universidade de Bordéus, essencialmente focado na investigação nas áreas de química dos sólidos, ciências de materiais e moleculares.
- **SIMAP – Science et Ingénierie des Matériaux et Procédés (Grenoble)**⁷⁹: o laboratório encontra-se localizado no Campus de Grenoble, e organiza a sua investigação estruturando-se em cinco equipas, focadas essencialmente no estudo da termodinâmico, mecânica dos sólidos e fluidos.

⁷⁵ Os Instituts de Recherche Technologique tem por missão desenvolver fileiras tecnológicas e economias competitivas. Têm uma orientação temática e interdisciplinar, reunindo competências académicas e industriais visando a inovação em domínios estratégicos franceses. Cada Instituto reagrupa competências de alto nível, equipamentos e plataformas tecnológicas de excelência. <http://www.irt-m2p.eu/fr/qu-est-ce-qu-un-irt.html>

⁷⁶<https://ijl.univ-lorraine.fr/le-laboratoire/presentation/>

⁷⁷<http://www.cirimat.cnrs.fr/spip.php?article1&lang=fr>

⁷⁸<http://www.icmcb-bordeaux.cnrs.fr/spip.php?article1&lang=fr>

⁷⁹http://simap.grenoble-inp.fr/equipes/?RH=SIMAP_GROUPS

Estabelecimentos de Ensino Superior que concedem diplomas de Engenheiro com a especialidade em Materiais, particularmente vocacionados para a indústria de Fundição⁸⁰:

- **Universidade de Sorbonne** – Faculdade de Ciência e Tecnologia concede o grau de Engenheiro Especialista em Materiais.
- **Universidade de Toulon** – École d'Ingénieurs concede o grau de Especialista em Materiais.
- **Universidade de Rennes** – École Supérieure d'Ingénieurs de Rennes concede o grau de Especialista Materiais.
- **Universidade Paris VII** – École d'Ingénieurs Denis Diderot concede o Diploma Engenheiro Especialista Materiais e Nanotecnologia.
- **Universidade de Nantes** – École Polytechnique concede o Diploma Engenheiro Especialista Materiais (Polytech)
- **Universidade de Montpellier** – École Polytechnique concede o grau de Engenheiro especialista materiais (Polytech)
- **Universidade Lyon** – École Polytechnique concede o Diploma Engenheiro especialista Materiais (Polytech).
- **Universidade de Limoges** – ENSIL-ENSCI de l'Université de Limoges concede o Diploma Engenheiro com a especialidade materiais (ENSIL-ENSC).
- **Universidade de Paris XI** – École Polytechnique concede Diploma de Engenheiro com a especialidade Materiais.
- **Universidade d'Orléans** – École Polytechnique concede Diploma de Engenheiro com a especialidade Materiais e Mecatrónica.
- **Universidade d'Aix-Marseille** – École Polytechnique concede Diploma de Engenheiro com a especialidade Materiais.
- **Universidade Paris VI** – École Polytechnique Pierre et Marie Curie concede Diploma de Engenheiro com a especialidade Materiais.
- **Instituto Politécnico de Bordéus** – École de Chimie, Biologie et Physique concede Diploma de Engenheiro com a especialidade Materiais.
- **Instituto Nacional de Ciências Aplicadas de Rennes** concede Diploma de Engenheiro com especialidade de Ciências e engenharia dos Materiais.

⁸⁰<https://www.les-industries-technologiques.fr/metiers/ingenieur-fonderie--forge/>
[http://www.onisep.fr/content/search/\(offset\)/100?&SearchTextTransverse=ing%C3%A9nieurs+sp%C3%A9cialit%C3%A9+mat%C3%A9riaux](http://www.onisep.fr/content/search/(offset)/100?&SearchTextTransverse=ing%C3%A9nieurs+sp%C3%A9cialit%C3%A9+mat%C3%A9riaux)

- **Universidade de Cambery** – Escola Politécnica Universitária de Savoie, concede Diploma de Engenheiro com a especialidade Mecânica-Materiais (MM).

Estabelecimentos de ensino superior que concedem o grau de Licença profissional na área específica da Fundação (cursos técnicos com duração de 2 semestres).⁸¹

- **Universidade Claude Bernard Lyon 1**⁸² – a Universidade de Lyon 1 tem cerca de 40.000 estudantes, com faculdades nas áreas de Ciência e Tecnologia, Medicina, Odontologia, Ciência e Técnica de Atividade Física e Desporto, Economia e Gestão. Na área específica da fundição, concede o grau de Licença profissional de “Métiers de l'industrie métallurgie, mise en forme des matériaux et soudage”.
- **Université de Lorraine, Nancy**⁸³ – o Colégio de Ciência e Tecnologia concede o grau de Licença profissional de Transformação de metais, com a especialidade metalurgia.
- **Université Toulouse III** – o Departamento de Engenharia Mecânica concede o grau de Licença profissional Inovação, Materiais e Estruturas compósitas, com a menção de Métiers de l'industrie.
- **Université de Reims- Champagne Ardenne** – licença profissional Métiers de l'industrie Métallurgie, Mise en forme des matériaux et soudage.

Suécia

A Suécia dispõe de vários estabelecimentos de ensino superior com fortes conexões à área da fundição.

Jönköping University: é uma instituição privada sem fins lucrativos, que atribui os graus académicos de acordo com as regras determinadas pelo Governo Sueco. Na Faculdade de Engenharia foram recentemente iniciados dois novos programas de mestrado na área da construção e da fundição: *Sustainable Building Information Management and Materials and Manufacturing*⁸⁴.

⁸¹ Fonte de informação Federation Forge Fonderie, <https://www.forgefonderie.org/fr/emploi-formation/formations>

⁸²<https://www.univ-lyon1.fr/universite/>

⁸³<http://fst-mastersv.univ-lorraine.fr/sites/default/files/licence-professionnelle-specialite-metallurgie-traitement-des-alliages.pdf>

⁸⁴<http://ju.se/en/about-us/press/news/news-archive/2017-03-30-new-masters-programmes-strengthen-swedish-construction-and-foundry-industry.html>

O mestrado de Materiais e Fabrico é um programa para engenheiros mecânicos ou similares, que dá aos alunos conhecimento avançado e atualizado em tecnologia de fundição. O programa é projetado para se adequar a profissionais, bem como recém-formados, e, portanto, é implementado principalmente como ensino à distância e oferecido em tempo integral e meio tempo. São várias as organizações a apoiar o programa, tais como: Volvo, Scania, a Swedish Foundry Association e a Swerea Swecast.

A Universidade mantém fortes ligações ao nível da formação/investigação e desenvolvimento de testes de produtos com a fundição; os alunos podem testar novos produtos/processos numa pequena fundição experimental chamada JUcast, onde são realizados testes neste domínio.

A universidade participa em numerosos projetos, como por exemplo “Nova Geração de Areias para a Fundição”, um projeto financiado pelas autoridades regionais Suecas⁸⁵; “Cutting-edge research within cast materials and components” um novo projeto em colaboração com várias empresas localizadas na região de Jönköping. As empresas participantes são Volvo, Husqvarna Group, Fagerhult, Kongsberg, Comptech, Fueltech, Stena Aluminium e Ahlins i Habo.

Swerea SWECAST: entidade já referida na menção ao projeto CLLEFE, é um instituto de investigação Sueco com fortes tradições na área da fundição, participa em vários outros projetos de investigação neste domínio, nomeadamente, o *Foundry of the Future*, que propicia a realização de testes e demonstração para produtos de fundição com dois propósitos: permitir o fabrico e demonstração da próxima geração de novos produtos, e servir como *showroom* onde a nova tecnologia de fundição e eficiência energética pode ser exibida e demonstrada. A Swerea também investiu em equipamentos de impressão 3D para fabrico de moldes e machos de areia.

Refira-se que a Jönköping University, Swerea SWECAST e a Swedish Foundry Association no Casting Innovation Centre (CIC) colaboram na implementação do mestrado *Foundry Master 3.0*, um programa de formação com a duração de 1 ano em fundição de metais e processos, em estreita colaboração com a indústria.

⁸⁵O programa regional sueco financiou alguns projetos de investigação na área da fundição, nomeadamente projeto, PROACT, New Generation of Foundry Sands e DATAMINE (projeto de colaboração entre os grupos de pesquisa Ciência da Computação e Informática na Escola de Engenharia e Gestão e Centro de Transformação da Jönköping International Business School. Refere-se, por exemplo, a forma como as empresas podem personalizar suas ofertas através da análise de grandes quantidades de dados. O programa regional sueco foi criado em 2014 com a participação da Jönköping University e a Região Jönköpings

Royal Institute of Technology Estocolmo⁸⁶: o Mestrado de Engenharia de Materiais detém 3 áreas específicas: o de Materiais Industriais⁸⁷, destinado preferencialmente ao estudo dos principais tópicos de fundição, fabrico de metais, metalurgia do pó, métodos experimentais, metalurgia quântica, combustão em processos industriais e sustentabilidade de energia e materiais, corrosão e proteção de superfície.

Alemanha

RWTH Aachen University

A Universidade contém 9 Faculdades, 260 Institutos e conta com cerca de 45 000 alunos.

Faculdade de Geografia e Engenharia de Materiais encontra-se dividida por diversas Direções, como a Divisão de Ciência e Engenharia de Materiais, o Departamento de Metalurgia Ferrosa, e o Instituto de Fundição, o qual desempenha um papel fundamental no estudo e na investigação nas áreas da Fundição. Trata-se de um instituto integrado no Departamento Universitário Metalurgia Ferrosa, vocacionado para o apoio na lecionação bem como na investigação fundamental e aplicada.

As tarefas centrais de investigação no Instituto de Fundição incluem projetos voltados para os fundamentos das áreas de metalurgia, solidificação, tecnologia de produção, materiais de fundição e processos de fundição e problemas orientados para a aplicação da fundição. O Instituto mantém a seu cargo duas cadeiras específicas para esta área, como a cadeira de Ciências da Fundição e a cadeira da Fundamentos da Corrosão e Proteção da Corrosão. Estas cadeiras podem ser ministradas nos dois níveis de formação (Bacharel ou Mestre) integradas nos cursos de Engenharia de Materiais e no Mestrado de Engenharia de Materiais, este último contendo uma especialização em Fundição de Ferro.

Refira-se que as atividades desenvolvidas no Instituto de Fundição não se esgotam nas questões exclusivamente relacionadas com as áreas técnicas, envolvendo-se em temáticas mais vastas e globalizantes. Assim, o Instituto de Fundição é membro do Cluster de Excelência “Integrative Production Technology for High-Wage Countries”. Este cluster, apoiado pelo Governo Alemão tem por função investigar formas, métodos, organização e governança para as indústrias de produção procurando encontrar respostas adequadas à desvantagem competitiva dos países com elevados salários. 25 professores conduzem pesquisas na área de Tecnologia de Materiais

⁸⁶<https://www.kth.se/en>

⁸⁷<https://www.kth.se/en/studies/master/engmaterials/description-1.48238>

e Produção, bem como vários Institutos Afiliados e os Institutos Fraunhofer colaboram neste cluster, visando contribuir para a manutenção da produção em países que praticam altos salários.

Aalen University of Applied Sciences⁸⁸, localiza-se no Estado de Baden-Württemberg

A Universidade de Aalen é uma Universidade de Ciências Aplicadas, sendo que este tipo de estabelecimento de ensino é muito popular entre os alunos, permitindo-lhes compatibilizar o ciclo de estudo com uma forte componente prática, e com relacionamento direto com o mundo empresarial. A transição do mundo acadêmico para o mundo do trabalho é, assim, realizada de forma gradual. Refira-se que atualmente na Alemanha, mais de 60% de todos os engenheiros e cerca de 50% de todos os graduados de negócios e de gestão vêm de universidades de ciências aplicadas.

A universidade detém um importante Laboratório de Fundição, o GTA - Foundry Technology Aalen é o maior laboratório da Universidade. Os alunos de bacharelato e de mestrado na área da Engenharia Mecânica e dos Materiais participam ativamente nas suas atividades, integrados na vertente de lecionação e investigação. O principal objetivo do GTA é a educação de jovens estudantes na área de processos de transformação de metais. Tal inclui todos os processos de fundição e materiais moldados, desde ferro fundido em moldes de areia até fundição de em moldes permanentes. Na pesquisa, o GTA é especializado na fundição de ligas de zinco, alumínio e magnésio. O equipamento disponível inclui 4 máquinas de fundição, um laboratório de areia, instalações para moldação permanente e uma máquina de sinterização a laser para a fabrico de protótipos.

O Laboratório mantém funções na área de formação e de investigação e, tradicionalmente, mantém fortes relações com a indústria, realizando regularmente cursos de formação específicos para a indústria da fundição. O laboratório é frequentemente visitado por grupos internacionais, com interesses na área tecnológica da Fundição, e participa ainda em projetos Europeus.

Universidade de Minas e Tecnologia de Freiberg (TU Mining Academy⁸⁹)

⁸⁸<https://www.hs-aalen.de/en/facilities/131>

⁸⁹<http://tu-freiberg.de/en>

A Universidade foi estabelecida em 1765, e é atualmente considerada como a mais velha universidade mineira do mundo. A Universidade conta atualmente com cerca de 5000 estudantes.

É uma Universidade tecnológica, composta por seis faculdades: Matemática e informática; Química, biologia e física; Geociências, geo-engenharia e mineração; Engenharia Mecânica; Ciências materiais; e Economia.

As disciplinas nas áreas metalúrgicas e tecnologias de fundição são incluídas nos respectivos cursos, nomeadamente no curso de Ciências de Engenharia (bacharelato e mestrado) com a disciplina Tecnologias de Fundição.

Em 1942 foi criado o Instituto de Fundição Freiberg da Academia Mineira TU Freiberg, que atualmente ocupa um lugar importante na investigação e estudos em tecnologias de fundição na Alemanha.

Tradicionalmente, as áreas de materiais de fundição de ferro e aço, juntamente com os moldes e o processo de moldação constituíram a principal área de atividade do Instituto. O equipamento existente permite todo o processo de operação de fundição e possibilita a formação prática dos alunos, juntamente com o desenvolvimento orientado para a indústria de materiais e produtos. O laboratório repara, testa e pesquisa os sistemas de moldagem relacionados com a fundição, incluindo a moldação de metais leves em areia e por injeção, bem como o novo campo de processos de moldação fina, que também é uma área de desenvolvimento intensivo no Instituto. Através de uma série de contactos da indústria, é assegurada a relevância prática das atividades do Instituto.

Atualmente, o sistema de aprendizagem dos estudantes no Instituto está dividido em dois campos, Bacharel em Tecnologia de Fundição ou Mestre em Engenharia. Os alunos podem formar-se com um mestrado em engenharia após dez semestres de estudo.

Uma parte importante do programa de estudo é um semestre prático em que os alunos devem trabalhar numa fundição por um período de seis meses. Os alunos também devem resolver problemas tecnológicos de forma independente, resumir os resultados e defendê-los em público. Isso ressalta novamente a abordagem prática seguida pelo Instituto. Existe a possibilidade, após a conclusão bem-sucedida do programa de bacharelato, de continuar com estudos adicionais para a conclusão do mestrado em engenharia.

Cursos especificamente vocacionados para a área da Fundição são lecionados na Faculdade de Ciências e Tecnologia de Materiais:

- Bacharel – Tecnologia de Fundição. Opções de carreira:
 - Indústria de fundição – desenvolvimento de materiais, desenvolvimento de produtos desenvolvimento de processos, simulação de processos específicos de fundição, gestão da qualidade
- Mestre – Tecnologia Mestre de Fundição.
 - Integrado na Faculdade de Ciências e Tecnologia de Materiais, o Instituto de Fundição prossegue uma pesquisa qualificada no campo da tecnologia de fundição e fornece serviços abrangentes na área.

Kassel University/Institute for Foundry Technology⁹⁰ na Universidade de Kassel

A Universidade de Kassel é uma instituição jovem, foi fundada em 1971, considerada como uma escola que integra conceitos inovadores para a aprendizagem e investigação, fortemente orientada para a prática.

As áreas de formação e de investigação em Tecnologias de Fundição estão organicamente integradas no Departamento de Engenharia Mecânica. Refira-se que o Instituto de Fundição mantém uma forte ligação com a indústria, criando um grupo de apoio específico, denominado “Innovative casting lightweight”, que tem como objetivo fomentar a cooperação entre a Universidade e a indústria no campo da formação e investigação.

As conferências e o ensino referente à tecnologia de fundição decorrem no campus da Universidade de Kassel; o instituto mantém atividade de investigação neste domínio. As disciplinas relacionadas com a Tecnologia de Fundição foram implementadas tendo por objetivo assegurar a crescente procura por parte de engenheiros com conhecimentos específicos na área da fundição. Refira-se aliás que por este motivo, a Volkswagen concedeu o seu apoio à implementação desta unidade curricular⁹¹.

Institute of Metal Forming and Casting – Technische Universität München⁹².

⁹⁰<https://www.uni-kassel.de/maschinenbau/institute/ipl/giessereitechnik/startseite.html>

⁹¹<http://www.globalcastingmagazine.com/index.php/2013/10/30/installation-of-a-new-institute-for-foundry-technology-at-kassel-university/>

⁹²<https://www.utg.mw.tum.de/en/institute/>

O Instituto Metal e Casting da Technische Universität München (TUM) situa-se em Garching, cerca de 20 km ao norte de Munique, e integra-se no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Técnica de Munique. O Departamento de Engenharia Mecânica tradicionalmente detém fortes ligações com a indústria.

O Instituto, fundado em 1968, tem por principal atividade a Investigação no domínio de áreas técnicas importantes para a indústria de fundição. A sua atividade é desenvolvida na área da formação e de apoio aos graus de Bacharel e de Mestre, ou ainda de doutoramento; assim, sobretudo as teses realizadas são fruto de um envolvimento com os projetos de investigação a decorrerem no Instituto, tendo o aluno a oportunidade de combinar a realização de um trabalho com métodos de pesquisa universitária.

O Instituto oferece aos estudantes de engenharia mecânica uma grande variedade de palestras e cursos práticos no campo da fundição. Refira-se a listagem de alguns cursos especificamente organizados pelo Instituto⁹³:

- Princípios de Engenharia de Design e Sistemas de produção
- Fundamentos de fundição e transformação de metais
- Máquinas de conformação de metais
- Casting e Prototipagem Rápida
- Tecnologias de fabrico
- Engenharia de Marketing e Compras
- Gestão de Produção de Veículos
- Desenvolvimento de Peças de Veículos.

Avançando com algumas conclusões:

- A Polónia é o único país com uma Faculdade de Engenharia de Fundição.
- Em França existe um estabelecimento de ensino superior que concede o grau de Engenheiro de Fundição.
- A formação superior na área da fundição é essencialmente concedida nas Escolas de Engenharia, nas áreas científicas de Materiais/Metalurgia e por vezes Mecânica, sendo de evidenciar algumas mais especializadas nas tecnologias relacionadas com a Fundição;

⁹³ Relatório de Atividades do Departamento de Engenharia Mecânica 2016, <https://www.mw.tum.de/fileadmin/w00btx/www/Annual-Report-2016/Mechanical-Engineering-Annual-Report-2016.pdf>

A formação superior na área da fundição cruza diferentes áreas do conhecimento científico (materiais/metalurgia); a formação em Portugal segue esta orientação.

- Numerosos cursos de Engenharia concedem a especialização em Engenharia de Materiais, com particular vocação para a indústria da Fundição.
- Refira-se a existência de cursos técnicos especializados na área da fundição, nos países analisados, fornecidos por estabelecimentos de ensino superior
- A formação é fortemente apoiada em Institutos de Investigação na área da Fundição.
- Os Institutos de Fundição desenvolvem a sua atividade na área da formação, investigação e prestação de serviços, fortemente empenhados no relacionamento com a indústria.

4. Custos e eficiência energética

O terceiro tema abordado no presente estudo consiste na análise dos custos de energia e das práticas de eficiência energética, adotando a perspectiva de um industrial, com especial atenção para o setor de fundição.

A fundição é uma consumidora intensiva de energia e, por conseguinte, é afetada de forma mais relevante pelas condicionantes energéticas do que outros ramos de atividade industrial. Os custos da energia continuam a ser um tema central, representando em 2012 cerca de 5% dos custos totais de produção⁹⁴.

Em Portugal, os custos da energia constituem uma questão crucial para a competitividade da indústria nacional, que nas suas várias áreas tem vindo a levantar preocupações relativamente à comparação dos preços da energia nacionais quando em relação aos restantes Estados-Membros. No XVII Congresso Nacional da Fundição, o Presidente da APF, Filipe Villas-Boas, referiu, e cita-se, que “cabe a Portugal acompanhar aquilo que é a evolução da legislação que poderá vir a afetar ou a influenciar o setor e estar apta a dar o seu contributo no sentido de se saber qual o impacto desta indústria e até que ponto a tecnologia empregue permite cumprir aquilo que é a legislação atual e futura. Além disso, a atenção à caracterização, dos produtos que o setor utiliza, produtos em fim de vida, a montante, e, a jusante, os resíduos que produz e que se pretende que possam, por sua vez, ser reutilizados no próprio setor ou noutros processos industriais”.

Também a nível Europeu, neste caso através da CAEF, a eficiência energética é um dos principais focos de atenção. Na sua reunião geral da secção de engenharia⁹⁵, esse foi um dos principais temas em destaque, nomeadamente no que diz respeito ao estado e desenvolvimento dos preços da energia.

A eficiência energética é, aliás, uma das prioridades políticas da UE⁹⁶. A evolução para uma economia mais eficiente do ponto de vista energético deverá implicar a difusão de soluções

⁹⁴ “The energy cost rose 5% in 2012. Energy prices continue to be a cause of concern”. The European Foundry Association – European Foundry 2012 http://www.globalcastingmagazine.com/wp-content/uploads/2013/08/CAEF_2012.pdf

⁹⁵ <http://bbcmb.org/content/news/files/Konjunktur-03-2017-CAEF1.pdf>

⁹⁶ Neste sentido: Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de outubro de 2012 relativa à eficiência energética.

tecnologicamente inovadoras e melhorar a competitividade da indústria da União. Os esforços realizados pelos países Europeus visando a proteção do ambiente produzem resultados contraditórios: por um lado, o objetivo de redução de emissões de gases com efeito de estufa tem vindo a ser fomentado progressivamente, bem como o aumento da participação de energias renováveis; porém, o objetivo de redução do uso de energia não tem sido alcançado, verificando-se inclusivamente um aumento do consumo de energia.

De acordo com o relatório *Energy Efficiency 2017* da Agência Internacional de Energia⁹⁷, o investimento em eficiência energética na União Europeia cresceu 10% em 2016 face a 2015, superando por exemplo o crescimento norte-americano neste tipo de investimento (2%). No que toca aos setores industriais, o crescimento do investimento nesta área nesse ano foi de 16%. O aumento de consumo de energia reforça o papel importante da eficiência energética, particularmente visível nas indústrias de utilização intensiva de energia. Neste contexto, deverão ser referidas as empresas de fundição Europeias, que são responsáveis pelo consumo de 14% do consumo industrial total e onde a maioria é constituída por pequenas e médias empresas.

De acordo com estudos analisados, foi identificado um conjunto de critérios que identificam as maiores barreiras ou obstáculos que as empresas do setor encaram⁹⁸ perante a adoção de uma decisão sobre a eficiência energética:

A identificação dos obstáculos é a seguinte:

- Processos de decisão complexos;
- Custos relacionados com os impactos de adaptação;
- Falta de recursos de direção na área da energia;
- Insegurança relativamente ao futuro da empresa;
- Alterações/perturbações custos de produção;
- Baixa prioridade atribuída à gestão de energia;
- Falta de consciência/ de objetivos energéticos;
- Falta de tempo análise das prioridades;
- Riscos relacionados com a alteração tecnológica;

⁹⁷http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Energy_Efficiency_2017.pdf

⁹⁸ Barriers to industrial energy efficiency in foundries: a European comparison. Andrea Trianni Enrico Cagno, Patrik Thollander, Sandra Backlund; Journal of cleaner production, Volume 40 Volume 40, February 2013, Pages 161-176

- Falta de informação;
- Dificuldades em identificar as oportunidades e eficácia técnica das soluções apresentadas/propostas;
- Falta de competência técnica;
- Problemas financeiros;
- Dificuldades de obtenção de informação acerca do consumo de energia relativamente ao equipamento adquirido
- Outras prioridades de investimento
- Dificuldades de acesso ao capital

Obviamente que o tamanho das empresas é um critério importante: as PME revelam ter uma percepção mais clara das dificuldades e dos obstáculos à adoção de medidas que visem a eficiência energética.

Assim, e de acordo com o estudo analisado (que envolveu a participação de empresas de fundição localizadas em Finlândia, França, Alemanha, Itália, Polónia e Espanha entre 2010 e 2011), as dificuldades na adoção das medidas necessárias à eficiência energética devem-se, sobretudo, a:

- dificuldades de financiamento (75%);
- outras prioridades de investimentos;
- falta de tempo para analisar as diversas alternativas tecnológicas e contratuais.

De acordo com os autores do estudo, tal parece ser um resultado razoável, considerando que a energia é uma das questões que a empresa deverá atender, exigindo um compromisso com os esforços necessários para atender a outras prioridades.

Outras barreiras identificadas: a importância exigida em termos de investimento, aliada ao risco de garantir a continuidade do negócio, bem como os riscos técnicos. A competitividade acrescida das empresas neste setor, exige um elevado grau de concentração na continuidade dos negócios, tornando difícil a adoção de uma decisão implicando elevados custos e adaptação a novos sistemas e eficiência energética.

Conforme foi referido, o estudo sublinha que o tipo de empresa (tamanho) influencia a tomada de decisões e a perspectiva de identificar as principais barreiras à adoção de decisões sobre a implementação de investir em eficiência energética.

Assim, as empresas de maiores dimensões têm maior possibilidade de destacar quadros para a análise das oportunidades de investimento neste domínio, permitindo a avaliação de problemas e a adoção de decisões. Por outro lado, as PME têm manifestas dificuldades de destacar investimento em sistemas de eficiência energética, sobretudo por falta de acesso ao capital. Acresce que em situações de crise ou pós-crise, o acesso ao capital é dificultado pela análise da situação financeira, em detrimento da análise a projetos futuros.

Para além da questão tecnológica, os estudos sublinham a importância de métodos de gestão na questão da eficiência energética⁹⁹, implicando a adoção de novas rotinas e comportamentos industriais que poderão ter um resultado de verdadeira poupança energética.

Como exemplo de boa prática, as auditorias energéticas são um instrumento fortemente recomendado pela UE. A Diretiva relativa à eficiência da energia (2012) prevê que, se bem que as auditorias energéticas não são geralmente utilizadas nas PME, os Estados-Membros devem desenvolver programas que incentivem as PME a submeterem-se a auditorias energéticas. As auditorias energéticas devem ser obrigatórias e periódicas para as grandes empresas, atendendo a que as economias de energia podem ser significativas. Os serviços de energia, visando a contratualização de serviços de fornecimento de energia que promovem a poupança, são um instrumento que deveria ser potencializado.

A utilização de auditorias energéticas revela que são normalmente empresas com alguma dimensão que as utilizam, revelando alguma predisposição em atingir os objetivos pretendidos. De resto, os estudos realizados neste domínio revelam que as empresas que realizam auditorias, normalmente adotam algumas das medidas propostas, evidenciando a já mencionada predisposição para a adoção destas medidas.

⁹⁹Refira-se, nomeadamente, “Beyond barriers – A case study on driving forces for improved energy efficiency in the foundry industries in Finland, France, Germany, Italy, Poland, Spain, and Sweden” Patrik Thollander, Sandra Backlund, Andrea Trianni, Enrico Cagno, publicado no Applied Energy Journal e disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261913004376>

Por outro lado, mesmo sendo as auditorias energéticas modelos utilizados, as empresas normalmente não possuem estratégia de eficiência energética a médio/longo prazo; este ponto é importante pois segundo o estudo, sem a definição de uma estratégia, a empresa não adotará medidas de eficiência coerentes e dificilmente realiza investimentos ajustáveis às suas necessidades.

O estudo considera que as políticas futuras neste domínio devem sublinhar a importância de definição de uma estratégia de energia a longo prazo. Além disso, apesar dos custos da adaptação à eficiência energética serem os mais frequentes obstáculos à sua implementação, as empresas revelam outro tipo de barreiras, tais como a insegurança na identificação da melhor decisão. Assim, o estudo revela que a participação de atores institucionais (associações empresariais do setor ou autoridades regionais, por exemplo) no estímulo e facilitação de informação podem aumentar o nível de segurança desejado.

4.1 Análise comparativa dos quadros de tarifas de energia

O exercício de comparação com os preços da energia praticados na União Europeia, a partir de dados da Eurostat, da DG Energia (Energy Prices and Cost Study, de 2014), da DG Grow (Cumulative Cost Assessment, alumínio, 2015), e da DG Clima (Clean Energy Package 2020, de 2016), permite posicionar Portugal face à Europa, e ajudar a perceber a relação que os preços da energia têm na competitividade da indústria nacional. Só assim é possível a organizações como a APF perceber o melhor rumo a tomar para fazer valer os melhores interesses das empresas da sua fileira.

O Relatório da Comissão relativo aos preços e custos e energia na Europa (2016)¹⁰⁰, sublinhou a relação existente entre a evolução dos preços e dos custos da energia e o resultado de opções políticas adotadas. Assim, nas décadas de 1970 e 1980, as opções definidas pelos fornecedores de petróleo tiveram a consequência de aumento do preço. Mais recentemente, os novos abastecimentos energéticos e a crescente utilização de fontes de energia alternativas provocaram fortes alterações na estrutura dos custos de energia.

¹⁰⁰ Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité Das Regiões – COM(2016) 769 final

Neste sentido, as opções políticas adotadas pelos Estados-Membros, manifestam a adoção de um conjunto de valores, apoiados por uma corrente de opinião pública transversal e comum aos cidadãos europeus, fortemente empenhados na defesa de valores relacionados com a sustentabilidade do meio ambiente, provocando como efeito o aumento geral do custo de energia.

Porém, o aumento do custo de energia está longe de ser uniforme nos diversos Estados-Membros. Num outro Relatório anteriormente elaborado pela Comissão relativo aos preços e custos de energia (2014)¹⁰¹, foi constatada a enorme disparidade de preços praticados ao nível dos Estados-Membros, facto que colocaria as empresas em condições concorrenciais diferenciadas. O Relatório reforça, ainda, que os preços praticados na Europa são substancialmente mais elevados do que os praticados noutros países, nomeadamente nos Estados Unidos, reforçando a perda de competitividade internacional das empresas europeias sobretudo as localizadas nos Estados-Membros que praticam preços de energia mais elevados.

É sublinhada uma outra dominante que caracteriza este setor de atividade: os preços de retalho tinham subido mais do que os preços grossistas devido às componentes dos preços que incluem a rede, os impostos e as taxas.

O Relatório atendeu de forma particular ao custo da energia para o setor doméstico, analisando, sobretudo as famílias com baixo rendimento, e o setor industrial, com utilização intensiva de energia. As conclusões apresentadas fornecem um enquadramento que se mantém atual, merecendo, por isso, uma referência.

Assim, e fazendo o reporte às conclusões referentes ao mercado da eletricidade ao nível global da UE, foi possível constatar:

- Uma queda do preço de eletricidade na Europa ao nível grossista: “Os preços grossistas da eletricidade na Europa atingiram o seu valor mais elevado no terceiro trimestre de 2008 e, com exceção de uma ligeira recuperação em 2011, têm vindo a diminuir desde então. Os preços diminuíram para quase 70% desde 2008 e para 55% desde 2015 e, em 2016, atingiram níveis sem precedentes ao longo de 12 anos”;

¹⁰¹COM

(2014)

21/2:

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20140122_communication_energy_prices.pdf

- A diminuição dos custos no mercado grossista não se repercutiu no mercado retalhista: “Em mercados de concorrência perfeita, as variações nos mercados grossistas deveriam repercutir-se rápida e integralmente nos mercados retalhistas. No entanto, na Europa, vários fatores restringem esta repercussão (como por exemplo, o poder de mercado dos operadores estabelecidos, os obstáculos à entrada, os preços fixados administrativamente). Além disso, uma grande parte dos preços retalhistas é o resultado de uma regulação sob forma de impostos e taxas ou tarifas de acesso à rede reguladas. Em contraste com os preços grossistas, o preço médio aumentou para os consumidores domésticos a uma taxa média anual de 3,2 % entre 2008 e 2015”.

No Relatório de 2016, realizado pela Comissão relativo ao preço da energia na Europa, é revelada informação mais atualizada sobre a evolução do custo.

Mercado de eletricidade – Consumidores domésticos.

O quadro seguinte revela a evolução global na UE dos diversos componentes do preço de eletricidade relativo aos consumidores domésticos, entre 2008/2015.

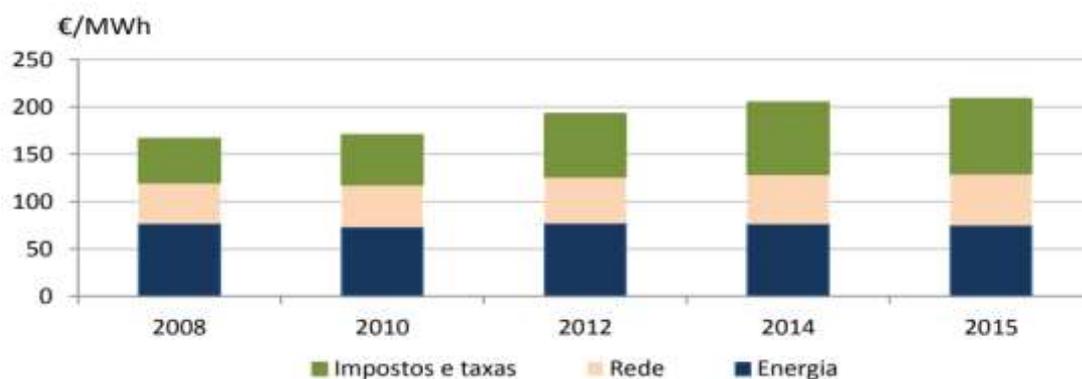


Figura 1 - Evolução do preço da eletricidade por componentes (consumidor doméstico)

Conforme é visível neste quadro, a componente «energia» (a parte do preço paga ao retalhista da eletricidade) diminuiu para 15 % entre 2008 e 2015. Em média, a componente «rede» aumentou anualmente para 3,3 %. A componente «impostos e taxas» também aumentou significativamente, com a sua percentagem da média de preço a aumentar de 28 % para 38%.

O quadro seguinte analisa os preços de eletricidade num quadro comparativo com os preços praticados ente diversos Estados-Membros, para os consumidores domésticos.

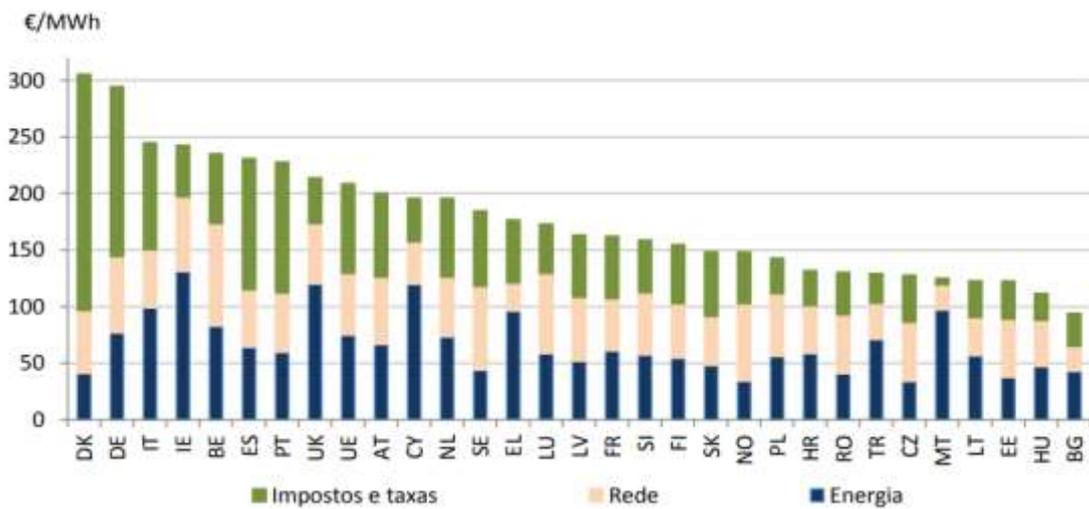


Figura 2 - Preços retalhistas da eletricidade para consumidores domésticos (2015)

O quadro revela:

- A disparidade do preço da eletricidade para os diversos Estados-Membros.
- As diferenças das diversas componentes do preço nos Estados-Membros.
- Que o custo de energia em Portugal é dos mais elevados comparativamente com outros Estados-Membros.
- Que o custo de energia em Portugal para os consumidores domésticos demonstra uma componente Rede/ Impostos e Taxas manifestamente superior ao custo da energia.

Mercado de eletricidade – Indústria

O quadro seguinte revela que o preço da eletricidade para a indústria sofreu pequenos aumentos, tendo a média da UE aumentado entre 0,8 % e 3,1% por ano entre 2008 e 2015.

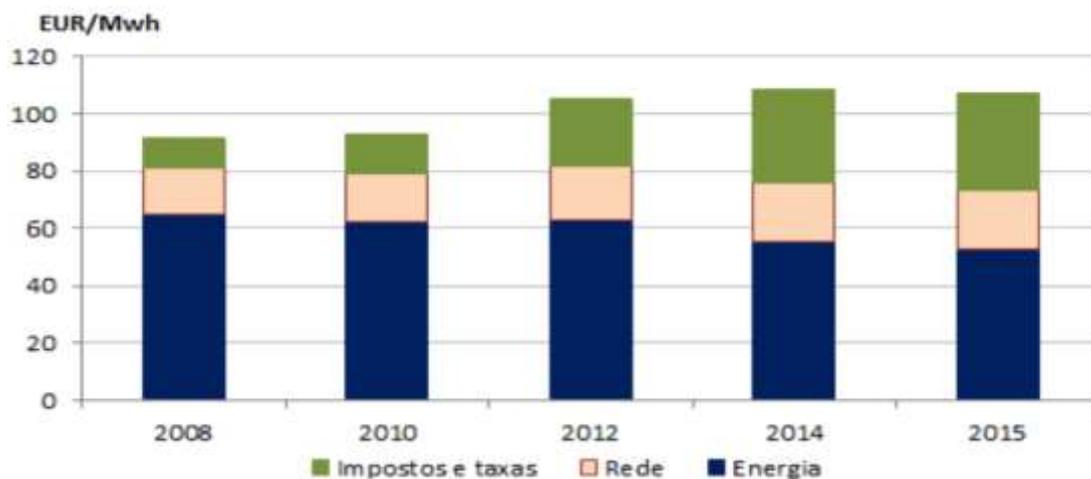


Figura 3- Evolução do preço da eletricidade por componentes (consumidor industrial)

No entanto, verifica-se que o peso relativo da componente “Impostos e taxas” tem vindo a aumentar.

O quadro seguinte reflete uma análise comparativa entre o preço praticado nos diferentes Estados-Membros, confirmando uma divergência significativa não só relativamente ao custo final, mas ainda nas diversas componentes.

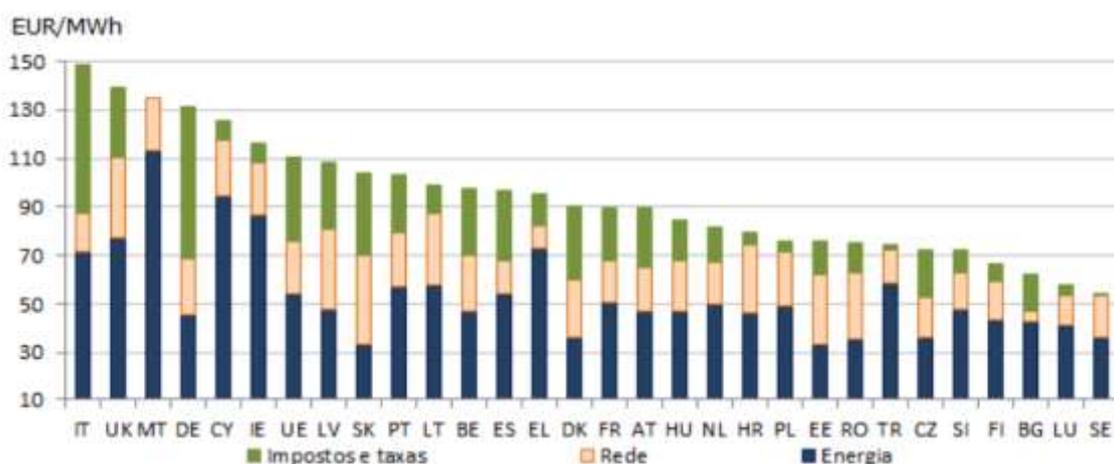


Figura 4 - Preços retalhistas da eletricidade para consumidores industriais (2015)

Conforme pode ser constatado, para os consumidores industriais em Portugal, a componente “Energia” é substancialmente superior às componentes “Rede” e “Impostos e taxas”, não sendo, no entanto, a mais positiva da lista. Aliás, torna-se evidente uma falta de harmonização das componentes a nível Comunitário.

Mercado de gás – Consumidores domésticos

O quadro seguinte refere as diversas componentes do preço do gás para os consumidores domésticos da UE, demonstrando a diminuição global do seu custo verificada de 2012 para 2015. O peso relativo das diversas componentes tem-se mantido, apesar de tudo, constante.

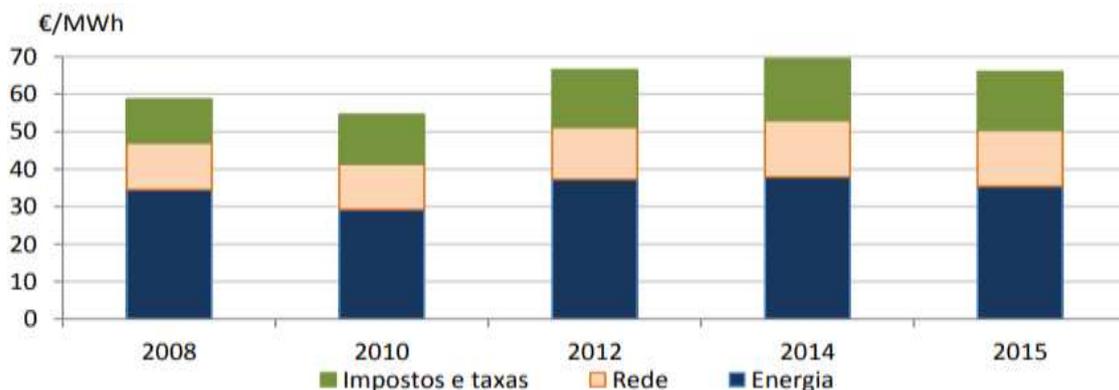


Figura 5 - Evolução do preço do gás por componentes (consumidor doméstico)

O quadro seguinte revela os preços praticados nos Estados-Membros, bem como as componentes do custo final.

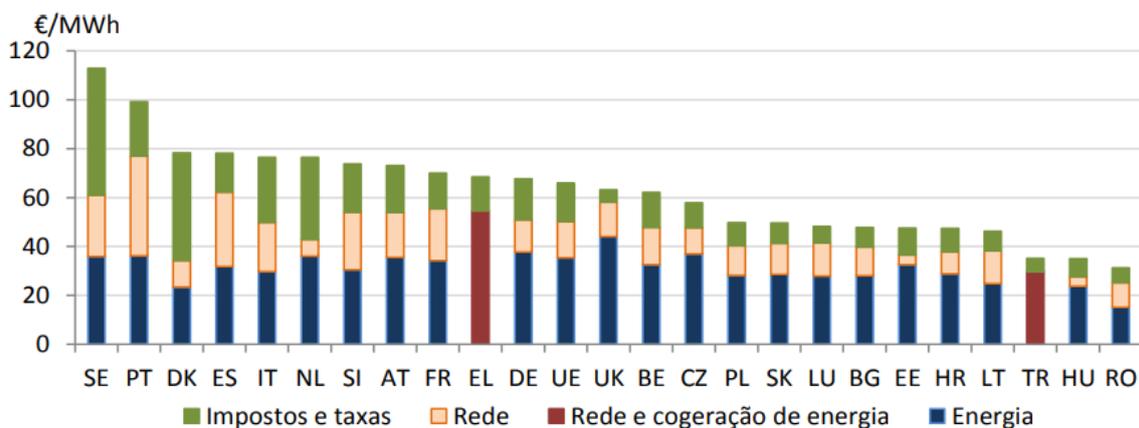


Figura 6 - Preços retalhistas do gás para consumidores domésticos (2015)

Conforme se pode verificar, os preços praticados em Portugal são dos mais caros na Europa e o peso das componentes “Rede” e “Impostos e taxas” é substancialmente mais elevado do que o preço da energia.

Mercado do gás – Indústria

O quadro seguinte constata a evolução global do preço do gás no setor industrial¹⁰², entre os anos de 2008/2015 na UE

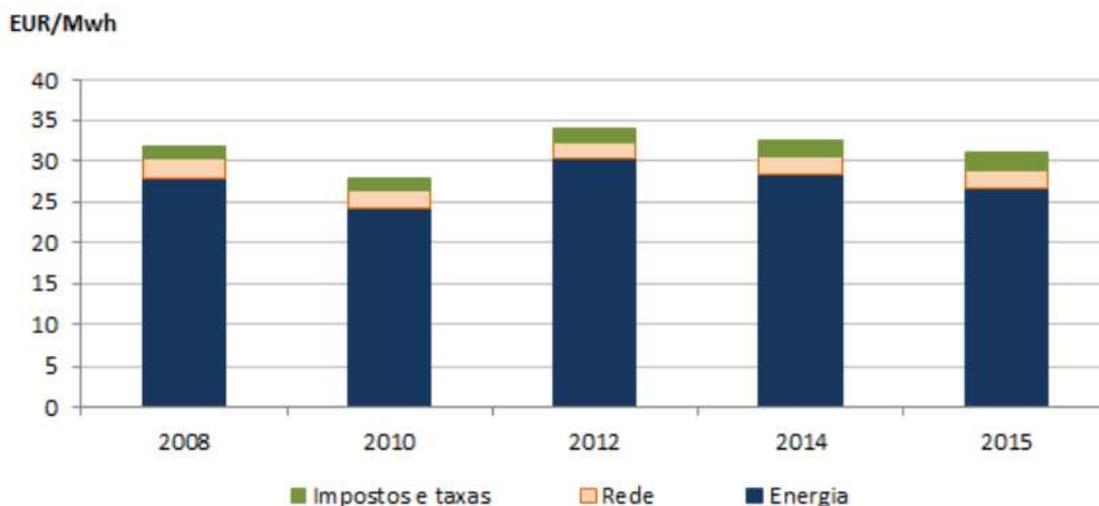


Figura 7- Evolução do preço do gás por componentes (consumidor industrial)

O quadro demonstra a diminuição global do preço do gás para este setor de consumidores, particularmente acentuada em 2015. As componentes “Rede” e “Impostos e taxas” são manifestamente inferiores relativamente ao custo da energia.

¹⁰²A noção de grandes consumidores industriais significa consumidores industriais com um consumo anual de 1 a 4 milhões GJ (Escala I5).

O quadro seguinte revela as diferenças de preços praticados nos diversos Estados-Membros, e as diversas componentes do custo global.

Constata-se que o preço praticado em Portugal se mantém como um dos mais elevados na

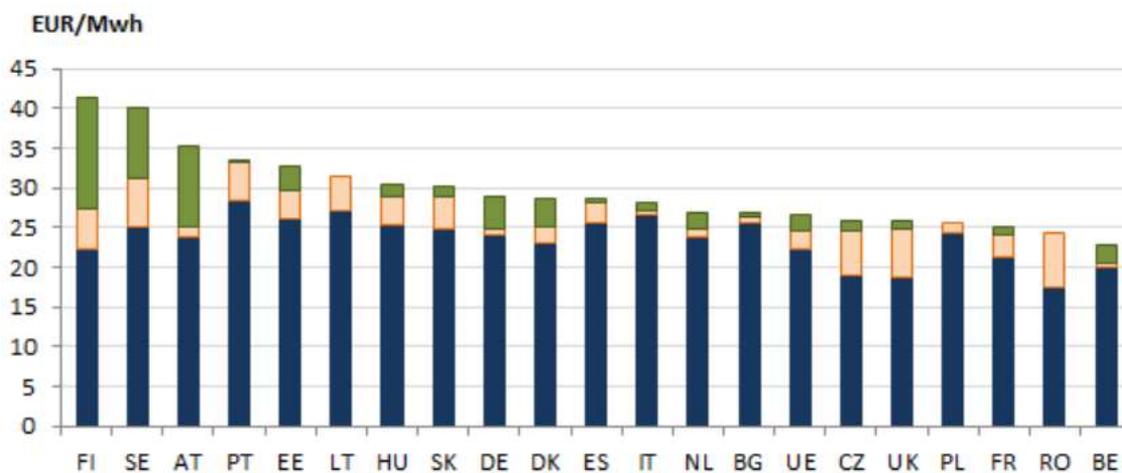


Figura 8 - Preços retalhistas do gás para consumidores industriais (2015)

Europa. Porém, comparativamente com o mercado da eletricidade (referido), os custos de energia são o elemento determinante para a definição do custo final.

Reportando ao Relatório de 2016, poderá afirmar-se que:

- Os preços grossistas da eletricidade, gás e gasolina têm vindo a diminuir devido a um conjunto de fatores (por exemplo, o aumento da oferta e a diminuição da procura).
- Este facto resultou numa diminuição dos preços retalhistas dos produtos petrolíferos.
- No entanto, os preços retalhistas da eletricidade e do gás mantiveram-se estáveis ou aumentaram, grande parte fruto da incorporação do aumento dos custos associados à rede, aos impostos e às taxas.
- A fim de reduzir os custos da energia para a indústria, a maioria dos Governos dos Estados-Membros concedem subvenções através de isenções e de reduções de impostos e taxas sobre a energia (por exemplo, taxas sobre as energias renováveis ou a eficiência energética ou tarifas de rede).

Está, na Europa, a trabalhar-se numa via da uniformização da estatística relativa aos custos da energia (gás e eletricidade). A importância atribuída ao custo da energia na Europa bem como à análise comparativa entre as diversas componentes imputadas ao preço global nos Estados-Membros conduziu à necessidade da adoção de um Regulamento do Parlamento Europeu e do

Conselho (2016) relativo às estatísticas europeias sobre os preços do gás natural e da eletricidade¹⁰³.

Assim, e considerando que seria necessário dispor de informação harmonizada sobre os preços do gás natural e da eletricidade cobrados aos consumidores finais, para definir a política da União da Energia e para acompanhar os mercados da energia nos Estados-Membros, o Regulamento prevê um quadro legislativo e operacional comum para definir as estatísticas europeias no domínio da energia.

Com a adoção deste sistema harmonizado de recolha de dados, pretende-se não só a criação de um sistema que projete maior transparência dos custos e dos preços da energia, mas também que este exprima os apoios públicos vigentes. Sublinhe-se que não constitui propósito deste Regulamento determinar regras referentes ao respetivo conteúdo ou seja, harmonizar a estrutura dos preços e dos demais encargos normalmente adotados pelos Estados-Membros, neste domínio.

Os mecanismos de harmonização fixados neste Regulamento constituem a resposta encontrada pelas instâncias comunitárias relativamente às informações fornecidas pelos Estados-Membros respeitantes ao sistema dos impostos, direitos, taxas e encargos fixados.

Tornou-se essencial garantir a transparência e visibilidade dos preços, incluindo a repartição dos dados sobre os custos das redes, os impostos, os direitos, as taxas e os encargos. Refira-se que até à entrada em vigor do Regulamento (2016), a Diretiva 2008/92/CE do Parlamento Europeu e do Conselho estabeleceu um quadro comum para a transmissão e divulgação de estatísticas sobre os preços do gás natural e da eletricidade para os consumidores industriais na União, não incluindo os consumidores domésticos.

Porém, a complexidade crescente do mercado interno da energia exige cada vez mais a obtenção de dados fiáveis e atualizados sobre os preços do gás natural e da eletricidade para os diversos mercados (industrial e doméstico).

¹⁰³Regulamento (UE) 2016/1952 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 26 de outubro de 2016, relativo às estatísticas Europeias sobre os preços do gás natural e da eletricidade e que revoga a Diretiva 2008/92/CE.

O Regulamento estende a obrigatoriedade de obtenção e divulgação das estatísticas para os diversos Estados-Membros abrangendo a informação sobre o mercado doméstico. Entrou em vigor em 2016, determinando a obrigação de recolha e divulgação dos preços da eletricidade para os consumidores domésticos e não-domésticos¹⁰⁴. Assim, as estatísticas referentes ao ano de 2017 já refletem a obrigatoriedade de recolha e de comunicação uniforme de dados na UE¹⁰⁵.

Mercado da eletricidade (1º semestre 2017):

O quadro seguinte reflete a evolução do preço de eletricidade entre períodos homólogos de 2015 a 2017.

	Electricity prices (per kWh)					
	Households (1)			Non-Household (2)		
	2015s1	2016s1	2017s1	2015s1	2016s1	2017s1
EU-28	0.209	0.205	0.204	0.121	0.116	0.114
Euro area	0.220	0.218	0.220	0.126	0.122	0.121
Belgium	0.213	0.254	0.280	0.110	0.112	0.113
Bulgaria	0.094	0.096	0.096	0.069	0.100	0.076
Czech Republic	0.139	0.142	0.144	0.077	0.073	0.069
Denmark	0.307	0.309	0.305	0.090	0.095	0.082
Germany	0.295	0.297	0.305	0.151	0.151	0.152
Estonia	0.130	0.121	0.121	0.089	0.088	0.087
Ireland	0.243	0.232	0.231	0.142	0.133	0.124
Greece	0.177	0.172	0.194	0.129	0.117	0.107
Spain	0.231	0.219	0.230	0.117	0.111	0.106
France	0.168	0.169	0.169	0.103	0.096	0.099
Croatia	0.132	0.131	0.120	0.092	0.090	0.087
Italy	0.245	0.241	0.214	0.161	0.153	0.148
Cyprus	0.195	0.153	0.180	0.139	0.105	0.141
Latvia	0.164	0.163	0.159	0.118	0.117	0.118
Lithuania	0.126	0.123	0.112	0.069	0.094	0.084
Luxembourg	0.177	0.170	0.162	0.093	0.087	0.078
Hungary	0.113	0.111	0.113	0.087	0.081	0.074
Malta	0.126	0.126	0.128	0.160	0.142	0.141
Netherlands	0.199	0.162	0.156	0.090	0.086	0.082
Austria	0.201	0.203	0.195	0.104	0.103	0.093
Poland	0.144	0.133	0.146	0.088	0.081	0.088
Portugal	0.228	0.235	0.228	0.114	0.113	0.115
Romania	0.130	0.126	0.120	0.083	0.076	0.077
Slovenia	0.159	0.162	0.161	0.083	0.085	0.078
Slovakia	0.151	0.142	0.144	0.113	0.109	0.115
Finland	0.155	0.154	0.158	0.071	0.069	0.067
Sweden	0.185	0.189	0.194	0.062	0.062	0.065
United Kingdom	0.213	0.195	0.177	0.149	0.138	0.127
Iceland	0.120	0.131	0.160		0.074	0.080
Liechtenstein	0.184	0.166	0.172	0.164	0.146	0.130
Norway	0.161	0.152	0.164	0.077	0.074	0.071
Montenegro	0.098	0.096	0.097	0.077	0.079	0.077
Former Yugoslav Republic of Macedonia	0.083	0.082	0.082	0.084	0.082	0.056
Albania	0.081	0.082	0.084			
Serbia	0.058	0.064	0.066	0.060	0.067	0.064
Turkey	0.136	0.127	0.105	0.082	0.074	0.063
Bosnia and Herzegovina	0.081	0.083	0.086	0.063	0.061	0.059
Kosovo*	0.063	0.059	0.066	0.076	0.075	0.080
Moldova	0.082	0.096	0.098	0.071	0.083	0.083
Ukraine		0.025	0.039			

Figura 9 - Evolução preço eletricidade por país (2015-2017)

¹⁰⁴Por cliente doméstico refere-se “o cliente que compra gás natural para consumo doméstico próprio e “Cliente não doméstico», o cliente que compra gás natural não destinado ao consumo doméstico próprio (Diretiva 2009/73/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de julho de 2009, que estabelece regras comuns para o mercado interno do gás natural e que revoga a Diretiva 2003/55/CE.

¹⁰⁵ Dados recolhidos em fevereiro de 2018.

O quadro revela que os preços de eletricidade para o consumidor doméstico em 2017 são mais elevados na Alemanha, Bélgica e Dinamarca. Portugal regista o 5.º lugar mais elevado, superado pela Espanha. Numa análise comparativa com o poder de compra (PPS), é referido que em relação ao custo de outros bens e serviços, os preços mais baixos da eletricidade doméstica foram encontrados na Finlândia (12,8 PPS por 100 kWh), no Luxemburgo (13,5) e Holanda (14,2), e os mais altos na Alemanha (28,7), Portugal (28,6), Polónia (25,9), Bélgica (25,6) e Espanha (25,4)¹⁰⁶. Relativamente ao mercado industrial, o preço praticado em Portugal em 2017, não obstante ter sofrido um aumento, é inferior à média Zona Euro.

Mercado de eletricidade – Consumidores Domésticos (1º semestre 2017)

No quadro seguinte são refletidos os custos pagos pelos consumidores domésticos, comparando as diversas componentes incorporadas no custo final, referente ao 1º semestre de 2017.

Conforme se pode verificar, a componente outras taxas (excluindo o IVA) é bastante elevada em Portugal, somente ultrapassado pela Dinamarca e pela Alemanha. Refere-se, assim, que metade (ou mais) do preço da eletricidade é constituída por impostos e taxas na Dinamarca, Alemanha e Portugal. A percentagem de impostos e taxas nos preços totais da eletricidade doméstica variou significativamente entre os Estados-Membros (Portugal (52%) e (5%) em Malta no primeiro semestre de 2017.

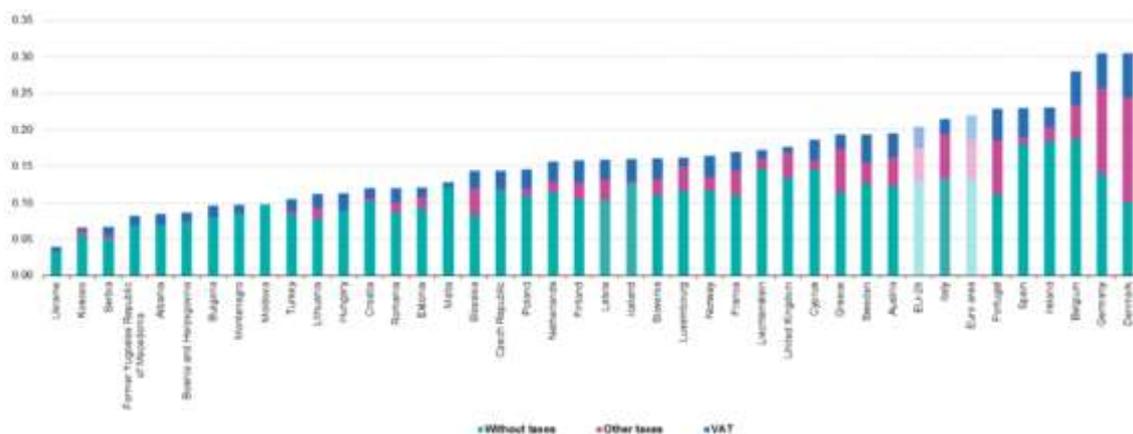


Figura 10 - Preços da eletricidade para consumidores domésticos (1º semestre 2017)

¹⁰⁶Eurostat Newsrelease: Energy prices in 2017 ,Household energy prices in the EU down compared with 2016, novembro 2017 – <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/8489679/8-29112017-AP-EN.pdf/600c794f-c0d8-4b33-b6d9-69e0489409b7>.

No quadro seguinte, constata-se que, em média, na UE, os impostos e as taxas representaram mais de um terço (37%).

	Average price per 100 kWh in 1 st half of 2017			Price change, in %*	Share of taxes and levies in average price
	in national currency	in euro	in PPS	1 st half 2017/ 1 st half 2016	
EU	-	20.4	20.4	-0.5%	37%
Euro area	22.0	22.0	21.4	+0.5%	40%
Belgium	28.0	28.0	25.6	+10.0%	33%
Bulgaria	18.7	9.6	20.1	-0.2%	17%
Czech Republic	385.0	14.4	21.9	+0.3%	18%
Denmark	226.8	30.5	22.9	-1.4%	67%
Germany	30.5	30.5	28.7	+2.7%	54%
Estonia	12.1	12.1	16.3	-0.1%	23%
Ireland	23.1	23.1	20.9	-0.6%	20%
Greece	19.4	19.4	23.2	+12.8%	41%
Spain	23.0	23.0	25.4	+5.1%	21%
France	16.9	16.9	15.4	+0.3%	36%
Croatia	89.1	12.0	18.6	-10.2%	15%
Italy	21.4	21.4	21.7	-11.2%	38%
Cyprus	18.6	18.6	21.0	+22.0%	22%
Latvia	15.9	15.9	23.6	-2.6%	34%
Lithuania	11.2	11.2	18.1	-9.3%	30%
Luxembourg	16.2	16.2	13.5	-4.9%	28%
Hungary	3 480.8	11.3	19.1	0.0%	21%
Malta	12.8	12.8	15.6	+1.7%	5%
Netherlands	15.6	15.6	14.2	-3.6%	27%
Austria	19.5	19.5	17.9	-4.1%	37%
Poland	62.2	14.6	25.9	+6.9%	24%
Portugal	22.8	22.8	28.6	-2.8%	52%
Romania	54.4	12.0	24.2	-4.0%	27%
Slovenia	16.1	16.1	20.1	-0.6%	31%
Slovakia	14.4	14.4	21.6	+0.8%	42%
Finland	15.8	15.8	12.8	+2.6%	34%
Sweden	185.8	19.4	15.1	+5.5%	35%
United Kingdom	15.2	17.7	16.0	+0.1%	24%
Iceland	1 870.3	16.0	9.7	+1.4%	21%
Liechtenstein	18.6	17.2	:	+2.0%	16%
Norway	150.8	16.4	11.0	+5.7%	29%
Montenegro	9.7	9.7	19.7	+1.7%	12%
Former Yug. Rep. of Macedonia	505.0	8.2	19.1	-0.4%	15%
Albania	1 140.0	8.4	19.3	0.0%	17%
Serbia	819.8	6.6	14.6	+4.1%	23%
Turkey	41.3	10.5	22.5	0.0%	19%
Bosnia & Herzegovina	16.8	8.6	17.8	+3.3%	16%
Kosovo**	6.6	6.6	:	+12.2%	18%

Figura 11 - Peso dos Impostos e taxas no preço da eletricidade por país (1^oS 2017)

Mercado de eletricidade – Indústria (1^o semestre 2017)

O quadro seguinte reflete os custos pagos pelos consumidores industriais, comparando as diversas componentes incorporadas no custo final, referente ao primeiro semestre de 2017 (€/kWh).

Pode verificar-se que a proporção de impostos e taxas não recuperáveis no preço global da eletricidade para consumidores industriais é globalmente mais baixa do que para os domésticos. No primeiro semestre de 2017, a Alemanha cobrou a componente mais elevada relativa aos impostos e taxas.

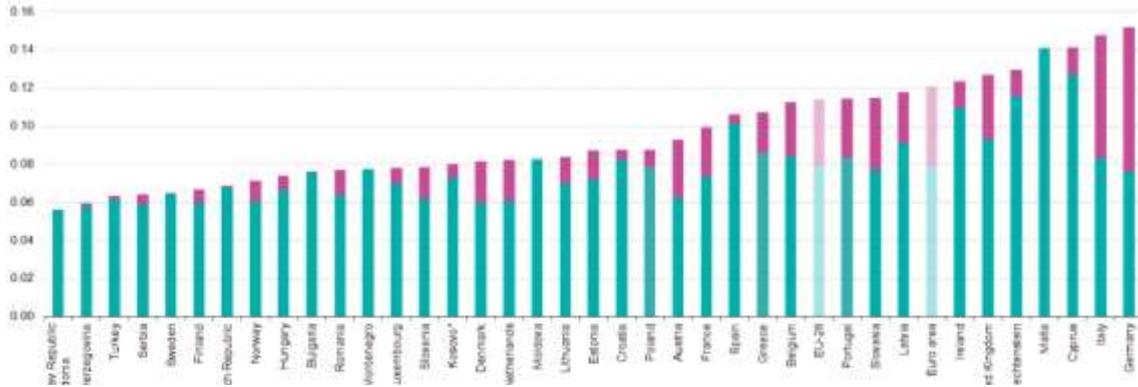


Figura 12 - Preços da eletricidade para consumidores industriais (1ºS 2017)



Note-se que os preços apresentados incluem impostos, taxas e IVA para consumidores domésticos; para os consumidores industriais, os preços não incluem as taxas reembolsáveis e IVA.

O quadro seguinte refere a alteração de preços verificada nos últimos 12 meses (2016/2017 1º semestre), permitindo verificar a evolução dos preços nesse período de tempo.

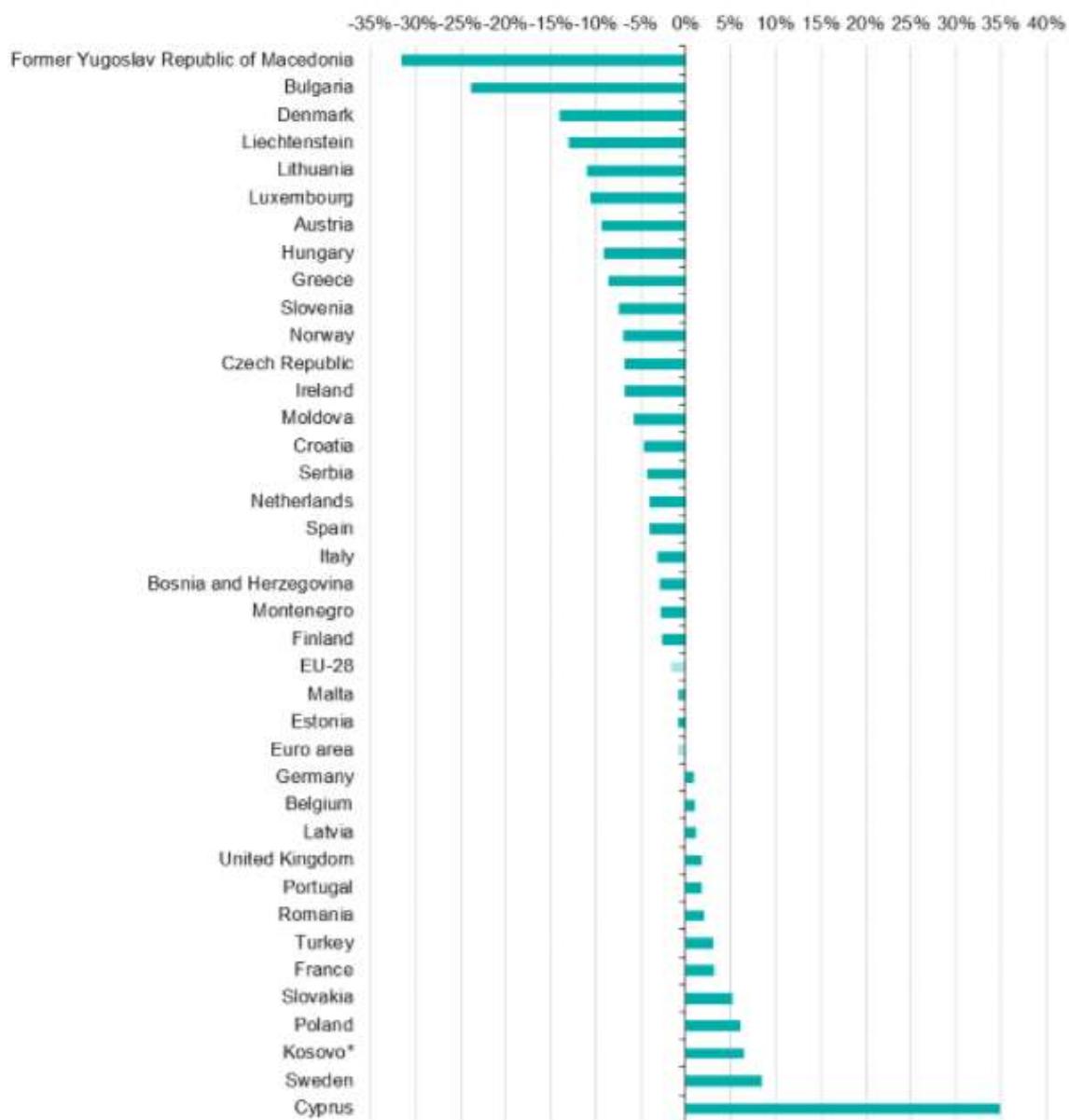


Figura 14 - Alteração do preço da eletricidade por país (2016-2017)

Mercado de gás (1º semestre 2017)

O quadro seguinte reflete a evolução dos preços globais do gás pagos pelos consumidores domésticos e industriais.

Relativamente aos preços praticados em Portugal para os consumidores domésticos, pode

	Gas prices (per kWh)					
	Households (*)			Non-Household (*)		
	2015s1	2016s1	2017s1	2015s1	2016s1	2017s1
EU-28	0.066	0.062	0.058	0.037	0.032	0.030
Euro area	0.071	0.068	0.065	0.037	0.033	0.031
Belgium	0.058	0.055	0.052	0.029	0.026	0.024
Bulgaria	0.048	0.037	0.033	0.032	0.023	0.022
Czech Republic	0.057	0.058	0.055	0.030	0.026	0.024
Denmark	0.080	0.072	0.081	0.037	0.029	0.033
Germany	0.068	0.066	0.061	0.040	0.034	0.032
Estonia	0.046	0.035	0.042	0.036	0.024	0.028
Ireland	0.067	0.065	0.063	0.040	0.033	0.033
Greece	0.068	0.056	0.056	0.042	0.030	0.028
Spain	0.073	0.068	0.067	0.035	0.028	0.030
France	0.070	0.065	0.064	0.038	0.033	0.033
Croatia	0.047	0.043	0.036	0.039	0.033	0.025
Italy	0.077	0.073	0.070	0.035	0.031	0.027
Cyprus	..	..	..	..	..	..
Latvia	0.050	0.042	0.038	0.035	0.027	0.027
Lithuania	0.042	0.041	0.037	0.028	0.027	0.025
Luxembourg	0.050	0.045	0.042	0.040	0.035	0.032
Hungary	0.035	0.034	0.035	0.037	0.032	0.026
Malta	..	..	..	..	..	..
Netherlands	0.076	0.078	0.076	0.039	0.038	0.037
Austria	0.073	0.069	0.067	0.040	0.036	0.034
Poland	0.050	0.039	0.042	0.037	0.027	0.027
Portugal	0.098	0.091	0.077	0.042	0.034	0.028
Romania	0.031	0.033	0.032	0.030	0.028	0.026
Slovenia	0.063	0.060	0.055	0.037	0.035	0.031
Slovakia	0.050	0.046	0.042	0.035	0.031	0.028
Finland	..	..	..	0.045	0.041	0.046
Sweden	0.113	0.113	0.121	0.045	0.037	0.041
United Kingdom	0.064	0.055	0.047	0.036	0.029	0.025
Iceland	..	..	..	..	..	..
Liechtenstein	0.091	0.085	0.083	0.061	0.057	0.051
Norway	..	..	..	..	..	..
Montenegro	..	..	..	..	..	..
Former Yugoslav Republic of Macedonia	..	..	0.048	0.036	0.025	0.029
Albania	..	..	..	..	..	..
Serbia	0.047	0.038	0.032	0.046	0.030	0.031
Turkey	0.038	0.034	0.026	0.028	0.025	0.019
Bosnia and Herzegovina	0.051	0.039	0.031	0.053	0.043	0.034
Kosovo*	..	..	..	..	..	..
Moldova	0.032	0.030	0.031	0.028	0.026	0.026
Ukraine	..	0.018	0.023	..	..	0.026

Figura 15 - Evolução preço do gás por país (2015-2017)

constatar-se que o preço em 2017 se mantém acima da média da UE incluindo a Zona Euro, não obstante nesse período de tempo ter sofrido uma diminuição. Relativamente aos consumidores industriais, o preço praticado diminuiu substancialmente, encontrando-se abaixo dos praticados na UE, incluindo Zona Euro.

Mercado de gás – Consumidores domésticos (1º semestre 2017)

O quadro seguinte ilustra os preços praticados nos diversos Países relativos ao consumo doméstico ocorridos no primeiro semestre de 2017 (€/kWh).

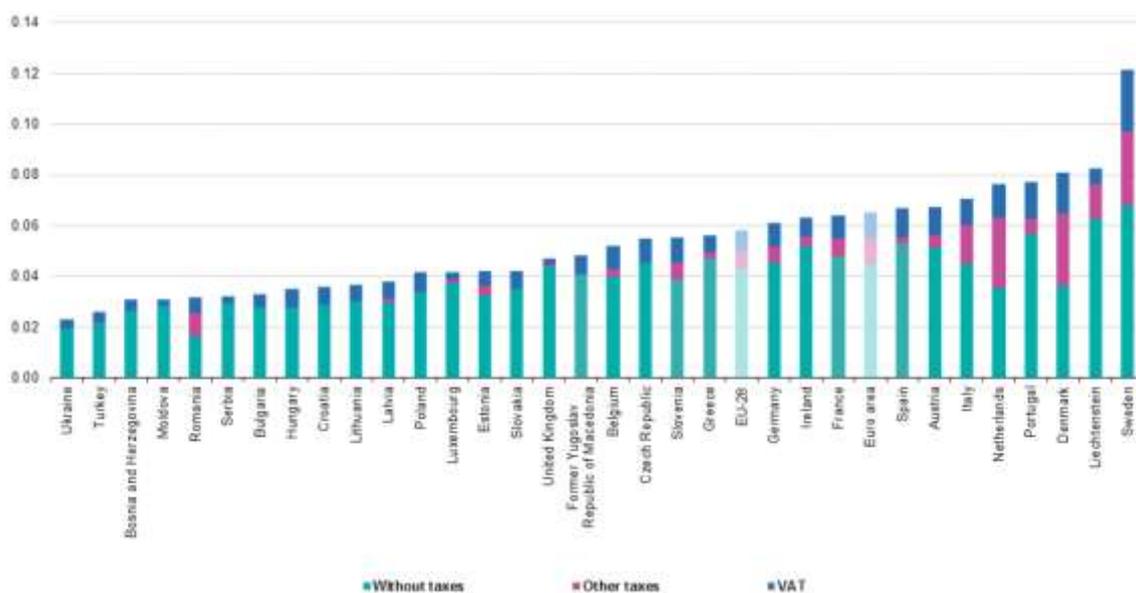


Figura 16 - Preços do gás para consumidores domésticos (1ºS 2017)

O quadro revela que os preços praticados em Portugal são dos mais elevados, bem acima da média dos 28 Estados-Membros. O preço do gás natural durante o primeiro semestre de 2017, foi mais elevado na Suécia, Dinamarca e Portugal.

O quadro seguinte ilustra mais precisamente a proporção de taxas e impostos pagos pelos consumidores domésticos, no primeiro semestre de 2017.

Constata-se que Portugal regista o sétimo país com uma maior componente relativa a taxas e impostos durante o período mencionado, para os consumidores domésticos.

O quadro seguinte revela a percentagem da componente taxas e impostos do preço global do gás praticado em cada País.

	Average price per 100 kWh in 1 st half of 2017			Price change, in %* 1 st half 2017/ 1 st half 2016	Share of taxes and levies in average price
	in national currency	in euro	in PPS		
EU	-	5.8	5.8	-6.3%	26%
Euro area	6.5	6.5	6.4	-4.4%	31%
Belgium	5.2	5.2	4.7	-5.1%	23%
Bulgaria	6.5	3.3	7.0	-10.3%	17%
Czech Republic	147.2	5.5	8.4	-6.6%	17%
Denmark	60.2	8.1	6.1	+12.7%	55%
Germany	6.1	6.1	5.8	-7.6%	26%
Estonia	4.2	4.2	5.7	+21.1%	23%
Ireland	6.3	6.3	5.7	-3.1%	18%
Greece	5.6	5.6	6.7	-0.7%	16%
Spain	6.7	6.7	7.4	-1.5%	21%
France	6.4	6.4	5.8	-1.7%	25%
Croatia	26.7	3.6	5.6	-17.5%	20%
Italy	7.0	7.0	7.1	-3.7%	36%
Cyprus**	-	-	-	-	-
Latvia	3.8	3.8	5.6	-10.8%	22%
Lithuania	3.7	3.7	5.9	-11.6%	17%
Luxembourg	4.2	4.2	3.5	-7.9%	10%
Hungary	1 088.9	3.5	6.0	+1.2%	21%
Malta**	-	-	-	-	-
Netherlands	7.6	7.6	6.9	-2.1%	53%
Austria	6.7	6.7	6.2	-2.3%	24%
Poland	17.8	4.2	7.4	+3.9%	19%
Portugal	7.7	7.7	9.7	-15.3%	27%
Romania	14.3	3.2	6.4	-4.1%	47%
Slovenia	5.5	5.5	6.9	-7.7%	30%
Slovakia	4.2	4.2	6.3	-8.5%	17%
Finland**	-	-	-	-	-
Sweden	116.4	12.1	9.5	+10.8%	44%
United Kingdom	4.0	4.7	4.3	-6.3%	7%
Liechtenstein	8.9	8.3	:	-4.0%	24%
Former Yug. Rep. of Macedonia	296.8	4.8	11.2	:	15%
Serbia	395.4	3.2	7.0	-14.2%	9%
Turkey	10.2	2.6	5.5	-6.9%	17%
Bosnia & Herzegovina	6.0	3.1	6.4	-21.4%	14%

Figura 17 - Peso dos Impostos e taxas no preço do gás por país (1^oS 2017)

Portugal regista o sétimo lugar em relação às taxas e impostos incluídos no custo global.

Mercado de gás – Indústria (1^o semestre 2017)

O quadro seguinte revela a percentagem da componente taxas e impostos no preço global praticado em cada país.

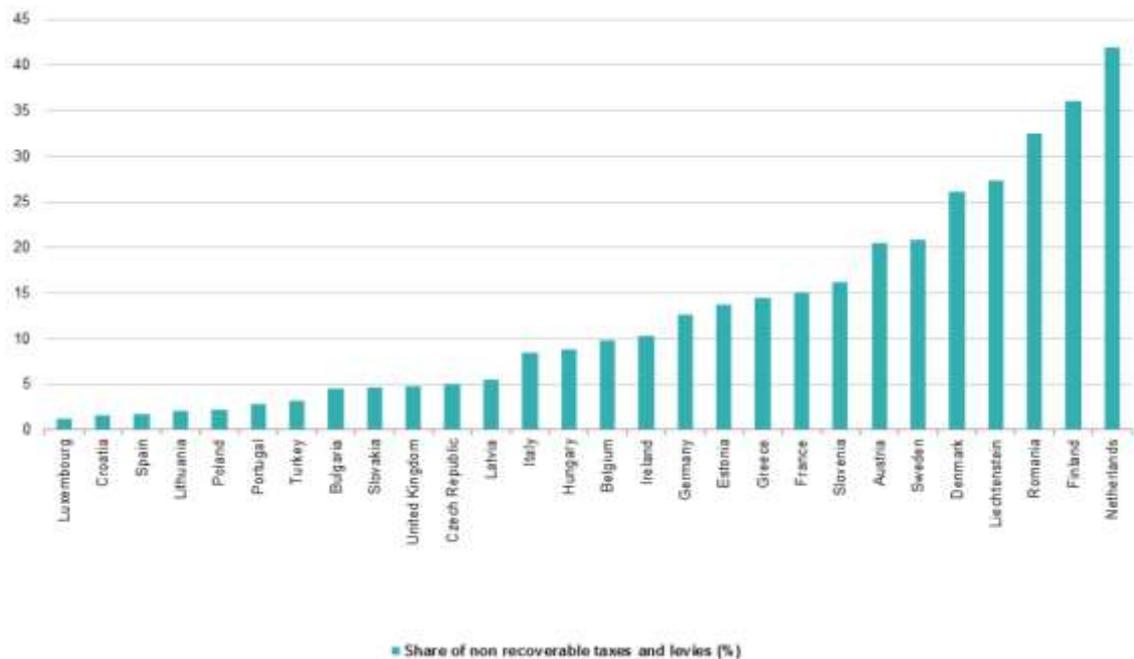


Figura 18 - Peso dos Impostos e taxas nos preços do gás para consumidores industriais (1ºS 2017)

Conforme se pode verificar, Portugal é um dos países cujo preço de gás para o consumidor industrial contém menor percentagem da componente taxas e impostos.

O quadro seguinte revela os preços praticados nos diversos Estados para o consumidor industrial (€/kWh).

O preço do gás natural registado em Portugal para este tipo de consumidores encontra-se na média do preço praticado pelos restantes países da UE. Confirma-se que a percentagem da componente taxas e impostos que é verificada em Portugal se encontra abaixo da média verificada nos 28 Estados Membros.

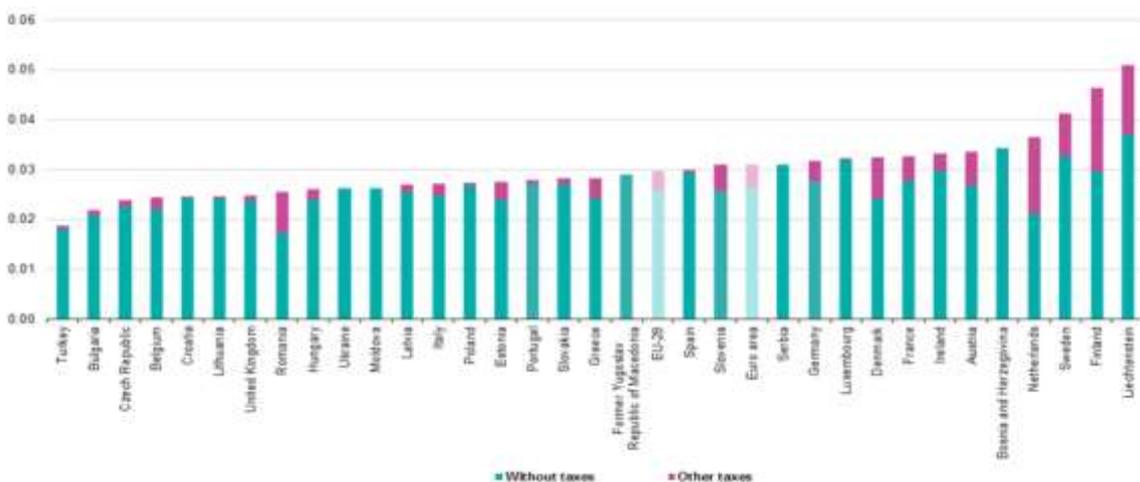


Figura 19 - Preços do gás para consumidores industriais (1ºS 2017)

O quadro seguinte refere a alteração de preços verificada nos últimos 12 meses (2016/2017 1º semestre), permitindo verificar a evolução dos preços nesse período de tempo.

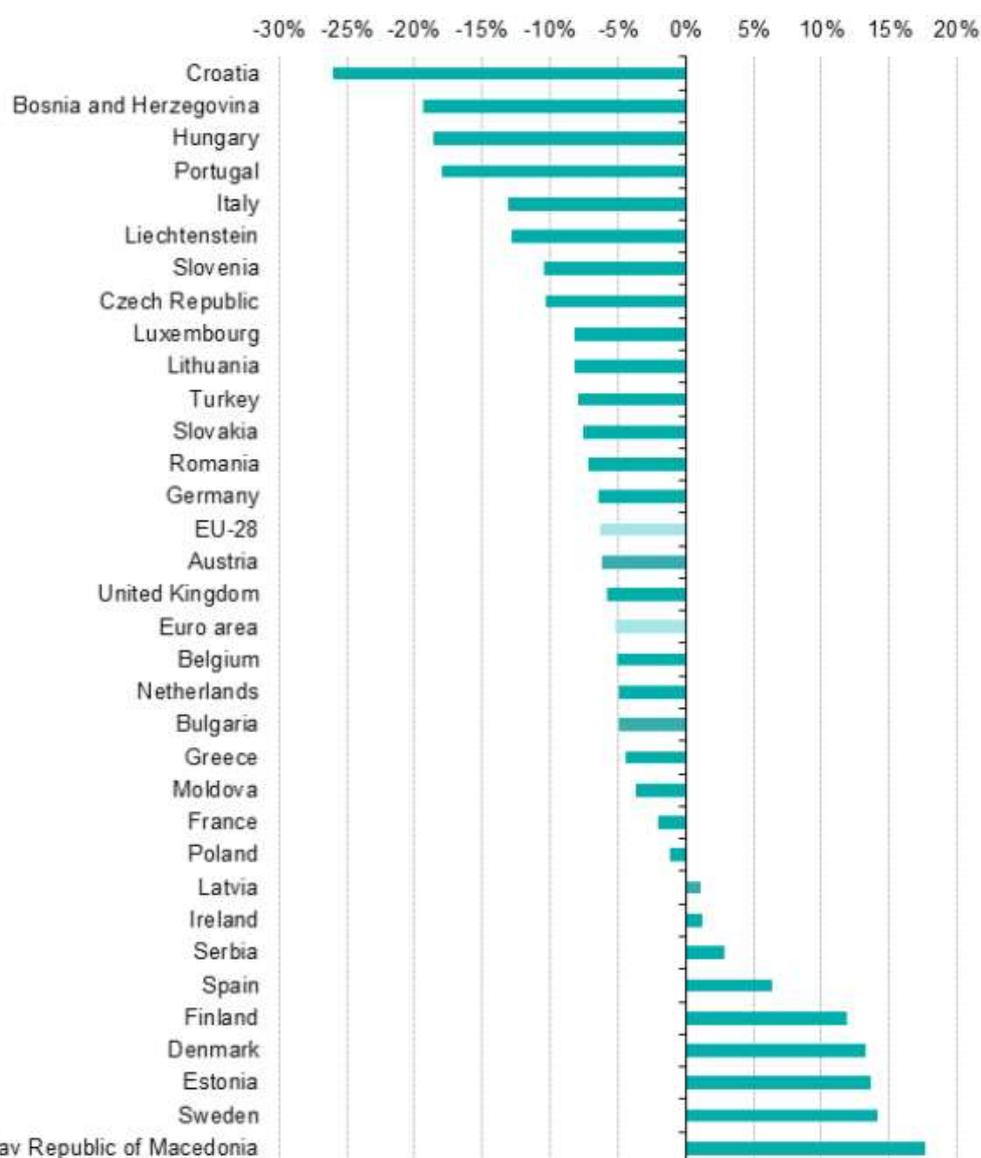


Figura 20 - Alteração do preço dogás por país (2016-2017)

Conforme se pode verificar, Portugal regista uma das maiores quebras de preço verificadas neste período de tempo (-15.3%). Em contrapartida, na Suécia, Dinamarca e Estónia registou-se o mais significativo aumento de preços.

Ao nível da UE, a conclusão do mercado interno da energia implica a adoção um conjunto complexo de medidas, visando a remoção de obstáculos e barreiras comerciais, a aproximação das políticas e medidas fiscais e de preços a proteção ambiental e segurança. O objetivo da política europeia de energia consiste em garantir um mercado funcional que permita um acesso

equitativo aos serviços pelos cidadãos, assegurando um elevado nível de proteção. Neste sentido, desde 1996 que são adotadas várias medidas, que têm por objetivo a concretização da União da Energia.

Procurando vitalizar este desígnio, em 2016 a as instituições europeias relançaram mais um “Pacote legislativo”, integrando, essencialmente dois conjuntos de propostas:

- O pacote «Energias Limpas para todos os Europeus»¹⁰⁷, abrangendo, entre outros, os temas da eficiência energética e das energias renováveis,

- O pacote Mercado Interno da Energia, contendo a proposta de Diretiva Eletricidade¹⁰⁸; a proposta de Regulamento Eletricidade¹⁰⁹, a proposta de Regulamento Prevenção para os Riscos¹¹⁰ e a proposta de Regulamento que institui a Agência da União Europeia de Cooperação dos Reguladores da Energia (reformulação)¹¹¹.

¹⁰⁷ Ver (COM(2016) 0860).

¹⁰⁸ Ver (COM(2016) 0864),

¹⁰⁹ Ver (COM(2016) 0861)

¹¹⁰ Ver COM(2016) 862 final

¹¹¹ COM/2016/0863 final/2

Casos Práticos

Foundry Energy Efficiency Benchmarking (FOUNDRYBENCH)

Projeto de investigação financiado por Programa UE relacionando benchmarking com eficiência energética no setor da fundição.

Benefícios para a fundição Europeia: melhoria da eficiência energética é uma maneira eficaz de reduzir os custos de produção e reduzir as emissões de CO₂.

O objetivo geral do FOUNDRYBENCH consistiu em promover a eficiência energética e o uso racional de energia no setor de fundição. O projeto forneceu às empresas piloto informações sobre o uso de energia e os fluxos de energia, tendo sido elaborado um guia contendo as melhores soluções de economia energética para as empresas de fundição. O projeto lançou um banco de dados online para alcançar um público mais amplo do setor de fundição e desenvolveu um Índice de Eficiência Energética levando em consideração a tecnologia de produção e o tipo de produto. Os resultados de benchmarking serão ativamente promovidos entre as empresas de fundição e por decisores políticos, visando melhorar o desempenho energético da indústria de fundição.

No seu relatório final¹¹², o projeto refere que o potencial de poupança de energia pode ser significativo, atendendo a que os resultados da auditoria energética realizada do projeto projetam economia de energia na ordem de 17-24%.

Projeto NIWE

New Induction Wireless Manufacturing Efficient Process for Energy Intensive Industries¹¹³

O objetivo do projeto NIWE foi demonstrar um novo processo de produção capaz de diminuir a energia incorporada dos produtos de fundição em mais de 25%, reduzindo drasticamente a sua pegada de carbono. A demonstração foi realizada nos setores de alumínio, ferro e aço¹¹⁴.

Os ganhos de eficiência energética derivam essencialmente de um novo forno que, por meio de um sistema de transmissão de energia baseado na indução, permitirá uma produção altamente flexível, o que vem dar resposta à variabilidade atual da procura de produtos de fundição.

¹¹²http://keram.se/Global/Swerea_SWECAST/Foundrybench/Foundrybench%20-%20Final%20technical%20implementation%20report.pdf

¹¹³<http://niweproject.eu/>

¹¹⁴<http://niweproject.eu/wp-content/uploads/2017/08/NIWE2016.pdf>

O forno introduzido nas empresas demonstradoras tem alguns aspetos que melhoram a eficiência energética do processo clássico:

- Minimiza o sobreaquecimento do metal fundido antes de transferir para a colher.
- Reduz os tempos de espera nos fornos de fusão, que são menos eficientes para este trabalho do que o demonstrador – as lâminas são maiores nos fornos de fusão convencionais.
- O forno demonstrador mantém a temperatura eficientemente se a linha de vazamento não estiver pronta.
- A disponibilidade para alterar as qualidades da liga aumenta com esta operação de trabalho mais eficiente.
- No futuro, vários fornos, como o demonstrador, a trabalhar ao mesmo tempo, podem oferecer grande versatilidade e eficiência nas fábricas.

Projeto ENSUREAL

Integrated cross-sectorial approach for environmentally sustainable and resource-efficient alumina production¹¹⁵

O projeto ENSUREAL é um investimento em processos inovadores que tornam o setor mais sustentável, do ponto de vista ambiental e económico:

- Menos dependente de matérias-primas, isto é, bauxite, pois pode reciclar bauxites de baixa qualidade dos resíduos do processo;
- Mais flexível, pois pode usar outras fontes de alumina;
- Ambientalmente sustentável, pois troca o desperdício de "lama vermelha" para "lama cinza", que é altamente valiosa;
- Mais eficiente em termos de energia, pois elimina a necessidade de tratar a "lama vermelha" (3,5 milhões de euros de poupança no caso da AoG);

O processo também é um investimento em economia circular, pois integra os setores de ferro e agricultura, além de levar em conta outras rotas de valorização, como os setores de construção e aplicações de alto valor agregado de alumina. Além disso, serão avaliadas outras aplicações relacionadas com a construção e proteção contra incêndio.

O ENSUREAL será capaz de processar uma gama mais ampla de qualidades de bauxite (com alto teor em Fe e Ca, baixo em Al), incluindo qualidades que, com a prática de mineração de hoje,

¹¹⁵<https://www.ensureal.com/>

são resíduos. Não produzirá nenhum desperdício, com um rendimento de 100% na exploração de minério de bauxite e evitando o problema de eliminação de resíduo de bauxite. Reúne diferentes setores industriais para demonstrar uma nova cadeia de valor transacional. Irá proporcionar:

- mais produtos da bauxite extraída
- sem resíduo de processo
- matérias-primas de grande flexibilidade
- menor consumo de energia
- menor emissão de CO2

O projeto arrancou no final de 2017 e conta com sete grandes empresas, três PME, duas universidades e uma empresa de investigação¹¹⁶.

¹¹⁶https://cordis.europa.eu/project/rcn/212355_en.html

Breves Conclusões

Os temas em análise no presente estudo verteram essencialmente na importância do Desenvolvimento Tecnológico e na Inovação, visto a partir do prisma da chamada 4ª Revolução Industrial, associado à problemática e ao respetivo impacto na Formação e Recursos Humanos. O último tema analisado, referente aos Custos e Eficiência Energética, encontra-se relacionado com a temática de redução de custos e numa ótica mais global da competitividade do setor.

As alterações provocadas pelas novas necessidades e expectativas tecnológicas irão suscitar a abertura de novas janelas de oportunidades às quais o setor não deixará de corresponder. Os temas referidos encontram-se no centro das preocupações do setor Europeu industrial da fundição, constituindo referências nas políticas públicas e de apoio empresarial.

Assim, as linhas de financiamento disponíveis ao nível europeu, apoiam financeiramente as políticas públicas europeias, enquanto instrumentos de concretização e de mobilização dos variados *players* no setor.

O cruzamento na identificação de políticas públicas consideradas prioritárias com os apoios de mecanismos de financiamento, ajudam a indústria a encarar os desafios como oportunidades, visando maior modernização num quadro de competitividade reforçada.

Assim, a **Indústria 4.0**, mencionada ao longo do presente trabalho, é um tema incontornável para qualquer ramo industrial, evidenciando o impacto da digitalização e automação no meio industrial.

- O impacto da Indústria 4.0 pode ser gradual, faseado ou de forma súbita, mas os seus efeitos não deixarão de ser sentidos pelos industriais.
- A dose de adaptação necessária poderá implicar alterações ao nível da gestão do negócio, suscitando a necessidade de definição de estratégias que implicam o recurso de parcerias.
- O impacto da introdução das novas tecnologias poderá ser particularmente visível na cadeia tradicional de valor, sendo previsível que a relação tradicional de produção/distribuição (grossistas/retalhistas) e sobretudo na relação com os consumidores seja alterada, podendo estes consumidores solicitar produtos diretamente com ferramentas online para configurações de produtos e sistemas.

- Um dos temas inseridos na temática I4.0 foi a manufatura aditiva, ou impressão 3D, considerando que poderá ser potencialmente utilizada como ferramenta de prototipagem rápida ou para séries muito reduzidas, podendo alterar significativamente a forma como os moldes, as peças e os produtos são feitos.
- Esta tecnologia tem vindo a ser identificada com um potencial de impacto significativo na indústria da fundição, complementando ou substituindo parcialmente o método mais tradicional.
- A União Europeia tem criado sistemas de apoio e de suporte evidentes à Indústria 4.0, numa aposta crescente à criação e desenvolvimento do mercado único digital europeu, enquanto fator de dinamização da competitividade da indústria europeia.
- Refira-se o Programa Horizonte 2020, com um orçamento superior a 77 mil milhões de euros relativo ao período de 2014-2020, constituindo a maior iniciativa existente no âmbito do apoio à investigação e inovação, constante no Boletim APF de abril de 2018, onde se encontra referida as oportunidades de financiamento, neste setor.

Ainda enquadrado no Programa Horizonte 2020, refira-se o projeto-piloto “European Innovation Council”: novas oportunidades de financiamento, aconselhamento e networking mais especificamente dos seus instrumentos SME Instrument e Fast Track to Innovation, especialmente dedicados às empresas com carácter inovador, constante no Boletim de fevereiro de 2018.

Diretamente relacionado com a integração industrial da Inovação Tecnológica, a **qualificação dos Recursos Humanos** foi alvo de referência neste estudo. Neste sentido, os efeitos da digitalização/automação industrial não se irão circunscrever às questões operacionais e técnicas, sendo já visíveis os seus efeitos nas áreas do emprego e nas exigências da (re)qualificação dos recursos humanos, bem como na questão da segurança de informação e dados.

São, assim, de esperar alterações significativas no perfil e na utilização dos recursos humanos, sendo expectável a substituição de algumas tarefas pela automação reservando a utilização dos recursos humanos para outro tipo de operações. Assim, as necessidades ao nível da qualificação dos recursos humanos poderão, por um lado, exigir profissionais altamente qualificados e a diminuição de procura de quadros médios, bem como reforçar exigências ao nível do pensamento abstrato, capacidade de gestão de informação, responsabilidade na gestão de

processos, capacidade de manuseamento de documentação e de leitura de documentos. Deverá ainda ser reforçada competência para o trabalho em equipa e a partilha de trabalho.

Tais exigências poderão implicar acertos e adaptações nas áreas curriculares dos diversos cursos e programas de formação tradicionais na área da fundição, sendo particularmente valorizada a importância da formação na empresa, enquanto processo de adaptação das competências curriculares às necessidades específicas industriais.

No decurso do trabalho foi referido um conjunto de cursos/instituições com formação de recursos humanos para a indústria da fundição em vários países da UE, ao nível da formação superior. Os sistemas de apoio europeus à Formação são vastos, sendo de realçar o Programa Erasmus, referido no trabalho. Na área específica da formação de recursos humanos para a indústria da fundição, os projetos que foram alvo de financiamento ao abrigo do Programa Erasmus e referido no trabalho fomentam as competências ao longo da vida dos trabalhadores nos domínios da digitalização e da incorporação das inovações tecnológicas decorrentes da Indústria 4.0.

Os custos derivados do consumo intenso de energia, que afetam significativamente a indústria da fundição, foram alvo de referência no presente trabalho. As diferenças significativas ao nível dos custos da energia visíveis nos diferentes Estados-Membros, sobretudo da União Europeia, provocam problemas na competitividade das empresas localizadas nos Estados com preços de energia mais elevados.

Foi referido que os custos da energia praticados em território nacional são dos mais elevados na UE, submetendo a indústria nacional, sobretudo os setores de consumo intenso de energia, a uma pressão concorrencial. Sublinhando este facto, o peso relativo da componente “Impostos e taxas” tem vindo a aumentar, reforçando não só o aumento de preço global, bem como as disparidades dos preços verificadas nos diversos Estados-Membros da União Europeia.

A UE adotou medidas legislativas (Regulamento (2016)) visando garantir a transparência dos preços da energia, incluindo a repartição dos dados sobre os custos das redes, os impostos, os direitos, as taxas e os encargos, tornando possível a ilustração de um quadro comum para a transmissão e divulgação de estatísticas sobre os preços do gás natural e da eletricidade para os consumidores industriais na União.

Neste contexto, a questão da **eficiência energética** reveste-se de uma particular importância. De acordo com estudos analisados, os obstáculos sentidos pela indústria à utilização de processos e procedimentos visando a eficiência energética são de variada ordem, sendo as PME mais sensíveis às dificuldades, sentidas ao nível das dificuldades de financiamento, outras prioridades bem como falta de tempo para analisar as diversas alternativas tecnológicas e contratuais.

Como medida de fomento à utilização de novos procedimentos e comportamentos industriais, a UE incentiva a realização de auditorias energéticas, convidando os Estados-Membros a implementar programas que apoiem as empresas a desenvolver esta metodologia de análise, considerada fundamental para o ponto de partida para uma utilização mais racional e eficiente dos recursos energéticos.

A energia constitui um dos domínios prioritários de atuação da UE, tendo sido identificada como uma das 10 prioridades para a Comissão. Assim, o Programa Horizonte 2020 tem como área prioritária de atuação o apoio a projetos na área da eficiência dos recursos e das matérias-primas, apoiando, ainda, projetos referentes a energias eficientes, limpas e seguras.

Integrado no Programa LIFE (mencionado no Boletim de 2017) os instrumentos financeiros “Private Finance for Energy Efficiency” (PF4EE), integrados no Plano Juncker, visam aumentar o financiamento privado para investimentos em projetos de melhoria da eficiência energética. O seu objetivo é apoiar os Estados-Membros na realização de progressos, tendo em conta os objetivos acordados pela UE em matéria de eficiência energética¹¹⁷.

¹¹⁷http://ec.europa.eu/environment/life/funding/financial_instruments/pf4ee.htm

Cofinanciado por:



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional



Associação
Portuguesa de
Fundação