

NICHOS-OPORTUNIDADE PARA A FILEIRA DAS TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO: Novos Modelos de Negócio, Serviços e Produtos no contexto da Indústria 4.0

Tendências tecnológicas e recomendações para ofertas Integradas no âmbito da Fileira das Tecnologias de Produção

Filipa Rente Ramalho, Ana Cristina Barros, António Lucas Soares

ÍNDICE

1	Introdução	7
1.1	Contextualização.....	7
1.2	Visão e Objetivos Estratégicos do Estudo	7
1.3	Metodologia do Estudo	8
2	Tendências de Desenvolvimento Tecnológico i4.0	11
2.1	A Quarta Revolução Industrial.....	11
2.2	Tecnologias Catalisadoras da Indústria 4.0	14
2.3	Oportunidades de Melhoria para a Fileira	28
3	Tendências de Desenvolvimento de Novos Modelos de Negócio i4.0.....	34
3.1	Principais Características dos Modelos de Negócio i4.0.....	34
3.2	Modelos de Negócio Disruptivos Através da Criação de Redes	35
3.3	Oportunidades de novos Produtos/Serviços	37
4	Recomendações para Ofertas Integradas	39
4.1	Vigilância Estratégica	40
4.2	Investimento nos Recursos-Chave	40
4.3	Exploração da Rede de Parceiros Estratégicos.....	41
4.4	Boas Práticas para Inovação do Modelo de Negócio i4.0.....	42
5	Conclusão	44
6	Referências.....	45
7	Anexos.....	47
7.1	Anexo 1 – Apresentação/Guião das Visitas Realizadas.....	47

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 	
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.5

Sumário Executivo

A rápida evolução das tecnologias de produção num contexto de digitalização da economia e do movimento Indústria 4.0 (i4.0) coloca desafios e oportunidades às empresas da fileira das tecnologias de produção. A par de uma exigência de inovação tecnológica contínua aplicada a produtos e serviços, as empresas da fileira necessitam de agarrar as oportunidades decorrentes do contexto e tendências da i4.0, em particular no que respeita à intervenção em mercados nicho e de elevado valor acrescentado, recorrendo a estratégias de cooperação e colaboração fomentadas e facilitadas pelo PRODUTECH. O objetivo último será reforçar a presença da fileira em mercados nacionais e internacionais através de novos domínios de especialização.

É neste contexto que surge o presente estudo com a visão de: **“Ser capaz de alavancar o desenvolvimento de novos modelos de negócio, sustentados no cruzamento das competências e tecnologias dos associados, com o objetivo de oferecer uma proposta de valor inovadora em novos segmentos de mercado”**. O principal objetivo do estudo é a identificação de domínios de intervenção para a fileira das tecnologias de produção, de forma a que esta acompanhe a evolução da 4ª revolução industrial (Indústria 4.0 ou i4.0) com estratégias de curto e médio prazo para novos produtos, serviços e modelos de negócio. Neste sentido, este estudo compreende os seguintes objetivos específicos:

- Levantamento do estado-da-arte e identificação de tendências no desenvolvimento tecnológico na i4.0 relevantes para a fileira das tecnologias de produção;
- Levantamento do estado-da-arte e identificação de tendências em novos modelos de negócio, no contexto da i4.0, relevantes para a fileira das tecnologias de produção;
- Identificação de oportunidades potenciadas pelo movimento i4.0 para novos produtos/serviços, desenvolvidos em colaboração, por empresas da fileira das tecnologias de produção.

A metodologia usada para a elaboração do estudo foi a de revisão de literatura científica/técnica e de gestão complementada com entrevistas a dez associados da

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 	
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.5

PRODUTECH, fornecedores de tecnologias (máquinas, equipamentos e sistemas de informação).

São nove as tecnologias catalisadoras da i4.0:

- Sistemas Ciber-Físicos;
- Ciber-segurança;
- Realidade Aumentada;
- Big Data;
- Robots Inteligentes;
- Fabricação Aditiva;
- Simulação;
- Integração de Sistemas;
- Computação na Nuvem.

Com a conjugação destas tecnologias e sua implementação integrada espera-se resolver vários problemas bem como criar novas oportunidades para o tecido industrial levando à obtenção de melhorias significativas em domínios tão diversos como: capacidade produtiva e mão-de-obra; eficiência nos processos da cadeia de valor; qualidade do produto/serviço; segurança de informação; apoio à tomada de decisão, gestão da informação e conhecimento; e capitalização das empresas.

No entanto, para que estas tecnologias fiquem disponíveis a todas as empresas industriais, é necessário incorporá-las na atual oferta de produtos e serviços das empresas fornecedoras de tecnologia e definir modelos de negócio adequados à sua comercialização. No contexto da i4.0 no sector industrial, as empresas podem considerar três categorias de oferta de produtos e serviços:

- novas propostas de valor com produtos altamente customizados e diferenciadores;
- produtos e serviços combinados e integrados;
- novos serviços de valor acrescentado.

As especificidades de cada tecnologia e a necessidade de ter uma oferta integrada fazem com que a colaboração entre organizações com competências complementares seja natural e desejável. Assim, surgem modelos de negócio centrados nas redes de empresas que permitem a criação de valor e oferta de produtos e serviços integrados, resolvendo em conjunto os problemas dos clientes. As empresas da fileira das tecnologias de produção têm na PRODUTECH um ambiente propício à formação destas redes e este estudo apresenta algumas ideias de oportunidades de novos

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 	
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.5

produtos e serviços no contexto do modelo de negócio i4.0 para serem oferecidos pelas empresas da fileira.

Das várias tendências de desenvolvimento tecnológico e de modelos de negócio e com base na análise dos fatores internos e externos da PRODUTECH no contexto da implementação da i4.0, são feitas recomendações agrupadas em quatro áreas: vigilância estratégica; investimento nos recurso-chave; exploração da rede de parceiros estratégicos; e a implementação de boas práticas para inovação do modelo de negócio. Espera-se que o seguimento destas recomendações ajude as empresas da fileira a alavancar a sua oferta nas tendências da i4.0 e assim conseguirem maior vantagem competitiva no mercado.

Este estudo insere-se no projeto nº 16199 "PRODUTECH QUALIFICAÇÃO - CAPACITAÇÃO, COOPERAÇÃO E INTELIGÊNCIA ESTRATÉGICA", aprovado no quadro do aviso 04/SIAC/2015, no âmbito do Sistema de Apoio a Ações Coletivas, do Portugal 2020.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A PRODUTECH, como responsável pela dinamização do cluster das tecnologias de produção, tem por missão promover o desenvolvimento sustentável e a internacionalização da fileira nacional das tecnologias de produção - fabricantes de máquinas, equipamentos e sistemas, integradores de sistemas, empresas de desenvolvimento de aplicações informáticas, empresas de engenharia e consultoria industrial, entre outros - em estreita colaboração com os principais sectores da indústria transformadora portuguesa e com o Sistema Científico e Tecnológico Nacional (SCTN).

O presente estudo faz parte do Programa de Ação Multianual 2015-2020 que tem a visão de "Portugal, país de excelência na oferta de engenharia e de soluções flexíveis e integradas, nas áreas mais dinâmicas e inovadoras da fileira mundial das tecnologias de produção" e a missão de "Robustecer a eficiência coletiva e a inteligência estratégica ao serviço da expansão, do alargamento e da qualificação da Fileira Portuguesa das Tecnologias de Produção (FTP) em áreas fortemente dinâmicas e inovadoras, bem como desenvolver e promover a sua oferta e a sua imagem a nível nacional e internacional". No sentido de alcançar a visão estabelecida, este programa definiu três vetores de intervenção estratégica:

1. Crescimento, consolidação e qualificação da base empresarial da fileira;
2. Reforço da visibilidade e da internacionalização da fileira;
3. Promoção do acesso a informação estratégica na fileira;
4. Mobilização para a I&D+i de fronteira na fileira.

1.2 Visão e Objetivos Estratégicos do Estudo

A visão para este estudo "Nichos-oportunidade, para a fileira das tecnologias de produção, para novos modelos de negócio, produtos e serviços, no contexto da indústria 4.0" é: ***Ser capaz de alavancar o desenvolvimento de novos modelos de negócio, sustentados no cruzamento das competências e tecnologias dos associados, com o objetivo de oferecer uma proposta de valor inovadora em novos segmentos de mercado.***

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 	
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.5

Desta forma este estudo tem os seguintes objetivos estratégicos (OE) no âmbito da Indústria 4.0:

- OE1: Melhorar a inteligência estratégica da fileira sobre as tendências tecnológicas alavancadas pela indústria 4.0 e relacionadas com a caracterização e necessidades do mercado neste novo contexto;
- OE2: Qualificar as empresas da fileira para a Indústria 4.0 tornando-as mais dinâmicas, inovadoras e capazes de criar novos negócios;
- OE3: Criar novas formas de interação e integração entre as empresas da fileira na disponibilização de oferta de produtos/serviços de forma mais eficiente e potencializando as competências e tecnologias principais de cada empresa.

1.3 Metodologia do Estudo

A metodologia proposta¹ para este estudo possibilita que as conclusões estejam alicerçadas em rigor (através da sustentação teórica e estado da arte) e relevância (através da discussão das ideias e validação dos resultados com os *stakeholders* do estudo). Desta forma, a estratégia definida para o desenvolvimento deste trabalho baseia-se numa abordagem evolutiva considerando, por isso, uma metodologia de desenvolvimento em dois passos que se interligam através de cada um dos resultados (Figura 1).

¹ A metodologia inicial proposta para este estudo incluía a realização de um Workshop (*Focus Group*) para identificação de oportunidades no passo 2; e um workshop de apresentação e validação de resultados, num passo 3. No entanto, por motivos de calendário e falta de *quórum* nos workshops, a metodologia foi alterada substituindo estes pela realização de visitas individuais, no passo 2, conforme metodologia aqui apresentada.

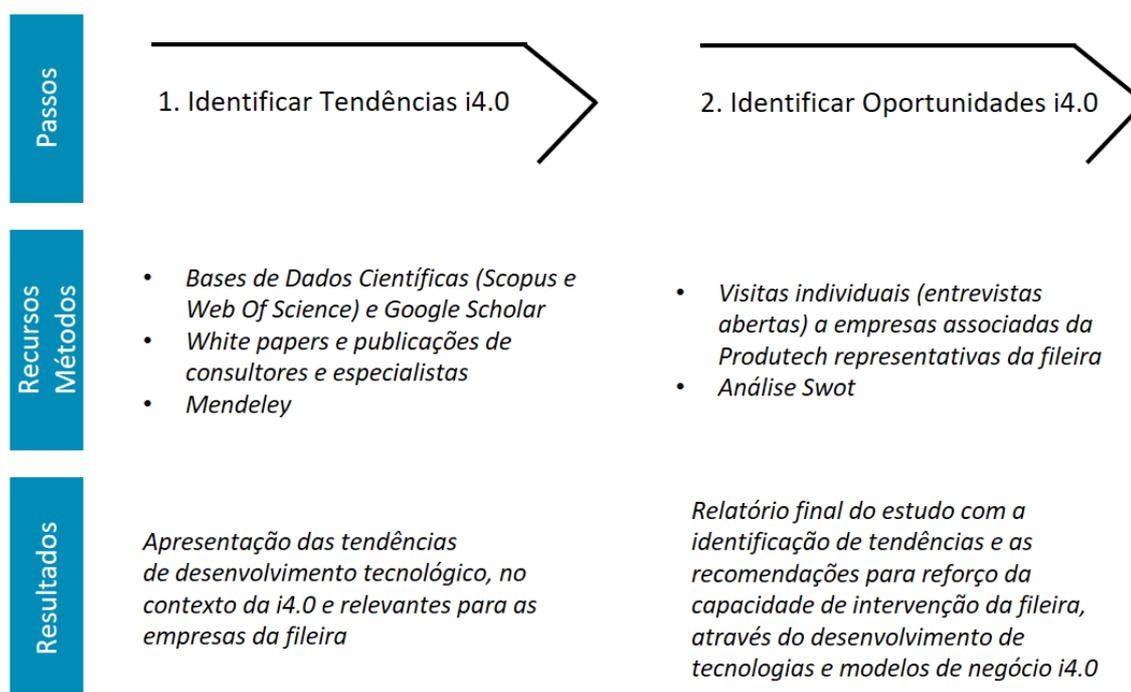


Figura 1 - Metodologia do Estudo

O primeiro passo consistiu na seleção e análise de publicações com recurso à pesquisa nas principais Bases de Dados Científicas e também com recurso a publicações de consultoras e *white papers*. Após esta tarefa, foi preparada uma apresentação com os principais resultados da pesquisa que, de forma consolidada, identifica as tendências de desenvolvimento tecnológico, no contexto da i4.0, relevantes para as empresas da fileira (ver secção 3.2). De seguida, realizaram-se visitas individuais a um conjunto de empresas associadas da PRODUTECH, representativa da fileira, com o objetivo de identificar e discutir as oportunidades de novos produtos/serviços com base nas tendências identificadas no passo 1. Foram visitadas 10 empresas, das 14 empresas contactadas (ver Tabela 1 com informação da tipologia das empresas visitadas). Nestas visitas, foram apresentadas as tecnologias principais da Indústria 4.0 e foram colocadas questões para identificar os problemas dos clientes da fileira e as melhorias que esperam com a adoção de conceitos e tecnologias da i4.0 (ver apresentação no Anexo 1 – Apresentação/Guião das Visitas Realizadas). Depois da realização das visitas, foi realizada uma análise e consolidação dos resultados obtidos e elaborado o presente relatório final do estudo que contempla os resultados consolidados da pesquisa e das visitas realizadas (secção 3.3 e capítulos 4 e 5).

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 	
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.5

Tabela 1 - Tipologia das Empresas Visitadas

Área	Tipologia	Número de Empresas Visitadas
Fornecedores de Tecnologias (Máquinas, Equipamentos e Sistemas)	Equipamentos para a Indústria do Processo	2
	Sensores Automação	1
	Robótica	1
	Automação	1
	Equipamentos, Máquinas e Ferramentas	1
Fornecedores de Tecnologia (Tecnologias de Informação)	Software/MES/ERP	3
	Software Robótica	1
TOTAL		10

2 TENDÊNCIAS DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO I4.0

2.1 A Quarta Revolução Industrial

A mecanização, eletrificação e informatização são as três palavras-chave das primeiras revoluções industriais, respetivamente, assim como na 4ª revolução industrial a palavra-chave é digitalização (Maslaric et al., 2016). A 4ª revolução industrial é marcada pela introdução de conceitos como a Internet das Coisas (IoT) e dos Serviços e a fusão do real com o virtual (Figura 1).

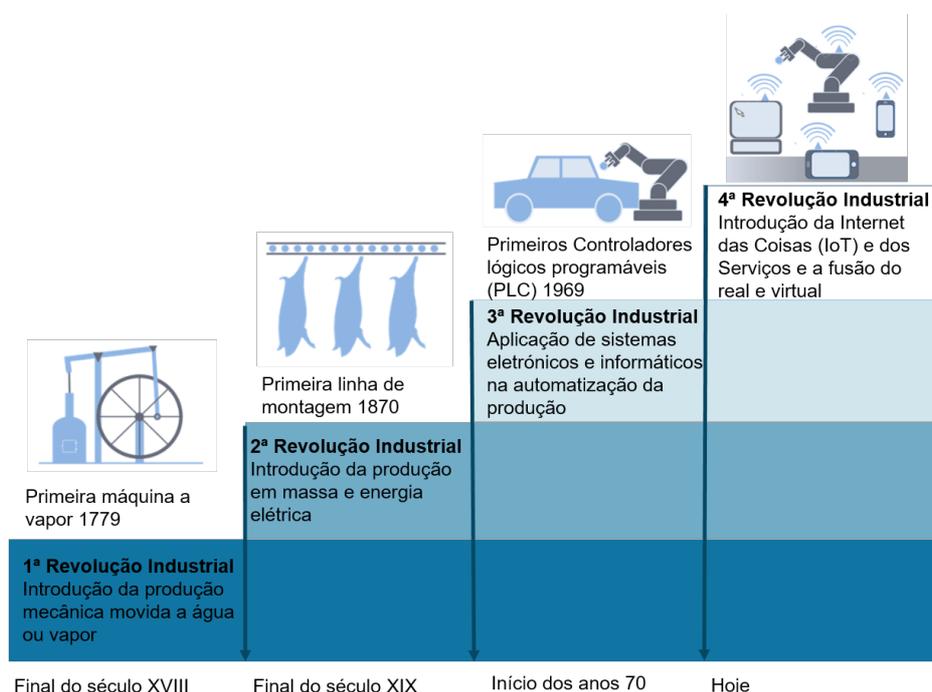


Figura 2 - Enquadramento Histórico da Indústria 4.0 (Fonte: Bitkom/Fraunhofer, DFKI, Roland Berger)

No âmbito desta nova revolução industrial, a indústria das tecnologias de produção assumem um papel catalisador nos processos de adoção e implementação das novas tecnologias por parte do tecido industrial. Este papel tem vindo a ser preparado através de diversas iniciativas europeias como as Factories of the Future (FoF) na Comissão Europeia (European Commission 2017)(European Commission 2017)(European Commission 2017)(European Commission 2017)(European Commission 2017), a *Catapult* no Reino Unido, *Industrie du Futur* em França, *Industrie 4.0* na Alemanha e *Industria 4.0* em Itália. Em Portugal, a *Iniciativa Portugal i4.0* define a Estratégia Nacional para a Digitalização da Economia, que tem

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 	
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.5

como objetivo a valorização, promoção e investimento na digitalização da economia portuguesa (<http://www.industria4-0.cotec.pt/>).

O paradigma da i4.0 traduz-se na digitalização da indústria de produção e centra-se na criação de fábricas inteligentes, produtos inteligentes e serviços inteligentes, incorporados na internet das coisas e na internet dos serviços (Kagermann 2015). Essa digitalização promove dispositivos inteligentes que são capazes de aprender através da experiência, comunicar entre si e tomar decisões, levando-os à sua auto-otimização (Quint et al., 2015).

Espera-se que a i4.0 influencie quatro mudanças de paradigma a longo-prazo no panorama da Produção Europeia (EFFRA 2012): 1) a Fábrica e Natureza: com melhorias na eficiência e sustentabilidade dos recursos e de produção; 2) Fábrica e comunidades locais: com o aumento da proximidade e aceitação geográfica, integração dos clientes no desenho de produtos/serviços e processos de produção; 3) Fábrica e Cadeias de Valor: com a produção distribuída e responsiva, através de processos colaborativos, permitindo a personalização em massa de produtos e serviços; e, por último, 4) Fábrica e Recursos Humanos: com interfaces orientados aos trabalhadores e melhoria das condições de trabalho. Desta forma, a i4.0 tem como principais objetivos aumentar a digitalização dos processos de produção e da cadeia de abastecimento, auxiliar a comunicação entre as pessoas, máquinas e produtos/serviços, possibilitar o acesso em tempo real a informação de produção para as entidades nela participam e o desenvolvimento de processos de trabalho autónomos ao longo da cadeia de valor (Brettel, Friederichsen, and Keller, 2014).

A i4.0 deve ser interpretada como um novo nível de organização e controlo, ao longo de toda a cadeia de valor do ciclo de vida do produto. Assim sendo, a i4.0 traduz uma mudança de paradigma nas operações, ao invés de uma simples melhoria tecnológica das capacidades produtivas (Ganzarain and Errasti, 2016). Em suma, podemos dizer que as principais oportunidades da Indústria 4.0 para o sector produtivo industrial prendem-se com o desenvolvimento de novos produtos e serviços que se enquadrem e que suportam as quatro principais linhas que caracterizam as novas tecnologias e oportunidades da Indústria 4.0:

- A recolha e informação em tempo-real e a integração de sistemas computacionais;

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 	
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.5

- A digitalização dos processos e integração ao longo da cadeia de valor;
- A integração vertical, redes de produção e integração de Produtos e serviços;
- A produção inteligente e autónoma e sistemas ciber-físicos.

Com este panorama é necessário que as empresas cooperem entre si, que estejam integradas de forma horizontal e vertical, que partilhem informação e que descentralizem a tomada de decisão de forma a que a digitalização, de ponta a ponta, das cadeias de valor potencie o aumento dos níveis de produtividade (Hermann et al., 2016). Assim, na Figura 2, são apresentadas as tecnologias que potenciam o desenvolvimento tecnológico aplicadas ao desenvolvimento, produção, operação e serviço e, por conseguinte, estas mudanças nas organizações.



Figura 3 - Tecnologias catalisadoras da Indústria 4.0 (Fonte: Boston Consulting Group)

A disseminação e adoção destas tecnologias ao longo das cadeias de valor industriais permitem introduzir ganhos significativos e concretizar novos fatores de competitividade, não só em termos de aumento da eficiência, mas também no aumento do valor acrescentado dos produtos e serviços, na flexibilidade, no tempo de resposta, na customização dos produtos e no envolvimento e fidelização dos clientes. Para isso, é necessário criar novos produtos e serviços acoplados a novos modelos de negócio.

Um dos principais desafios para as empresas, neste contexto, consiste na definição dos novos modelos de negócio que se pretende que sejam sustentáveis e que gerem

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 	
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.5

resultados positivos para a economia, meio ambiente e sociedade (Schaltegger and Wagner 2011; Chertow 2007). O tema central deste desafio, no contexto da i4.0, é que a venda apenas dos produtos tangíveis está a ser ultrapassada pela venda da funcionalidade e acessibilidade dos produtos, bem como dos serviços a eles acoplados, como poderemos ver no capítulo 4.

2.2 Tecnologias Catalisadoras da Indústria 4.0

A Apresentação das Tecnologias

Tabela 2 apresenta uma síntese das tecnologias catalisadoras da i4.0, com a definição de cada tecnologia, a descrição dos principais problemas que cada uma pretende resolver, assim como os seus principais desafios e melhorias que representam. No seguimento da tabela síntese apresentam-se alguns exemplos de aplicação das tecnologias para suportar a compreensão das mesmas.

Apresentação das Tecnologias

Tabela 2 - Quadro Tecnologias Catalisadoras i4.0: Definição, Problemas, Desafios e Melhorias

Tecnologia	O que é?	Que Problemas Resolve?	Que Desafios?	Que Melhorias?
Sistemas Ciber-Físicos	<p>Sistemas de entidades computacionais colaborativas conectados com o mundo físico circundante e seus processos, disponibilizando e usando em simultâneo, serviços de acesso e de processamento de dados disponíveis na Internet;</p> <p>Integração de computação e comunicação entre processos físicos e virtuais, abrangendo todos os níveis de produção, desde o processo físico de manufatura e equipamentos de produção até às redes de produção e logística.</p>	<p>Baixa eficiência dos processos;</p> <p>Baixa qualidade e quantidade de informação necessária à tomada de decisão informada e assertiva e eficaz.</p>	<p>Fazer com que as máquinas e equipamentos físicos produtivos comuniquem entre si, com outros sistemas digitais e com os seus utilizadores de forma eficiente e eficaz;</p> <p>Conseguir analisar os dados recolhidos de forma a extrair informação relevante para os operadores e gestores;</p> <p>Falta de soluções chave-na-mão de Sistemas Ciber-Físicos. As tecnologias atuais ainda precisam de desenvolvimento adicional para serem usadas em contexto produtivo.</p>	<p>Apoio à decisão através da sensorização, recolha e visualização de dados relevantes;</p> <p>Otimização do desempenho e aumento da eficiência dos processos de toda a cadeia de valor de uma fábrica.</p>

Tecnologia	O que é?	Que Problemas Resolve?	Que Desafios?	Que Melhorias?
Ciber-segurança	Serviços e tecnologias com objetivo de proteger os sistemas, equipamentos, redes e dados industriais de intrusão ilícita.	Ataques informáticos a redes, máquinas e equipamentos; Espionagem industrial; Erros na rastreabilidade dos produtos.	A difusão das comunicações digitais e o consequente aumento do fluxo de comunicação (nomeadamente com a presença de sensores gerando comunicação de dados dentro e fora da empresa, etc.) aumentam o risco de intrusão em sistemas, equipamentos redes e dados.	Aumento da segurança de dados, sistemas, redes e equipamentos tirando o máximo partido das restantes tecnologias que caracterizam a fábrica inteligente; Evitar espionagem industrial; Aumentar a confiabilidade e segurança na identificação dos produtos.
Realidade Aumentada	Consiste na integração de informação virtual com no mundo real, através da combinação de elementos virtuais com o ambiente real da fábrica/máquina/equipamento, da interatividade e processamento em tempo real e da projeção 3D. No contexto de uma fábrica pode ter, por exemplo o objetivo de fornecer em tempo real informações para manutenção e técnicas de reparação de peças e equipamentos. Também pode ser útil para formação ou para conceber e tornar as etapas do projeto menos abstratas, envolvendo melhor todos os interessados.	Perdas de eficiência qualidade nos processos devido ao tempo na consulta da informação necessária para a sua execução; Fracas disseminação da informação em ambientes com menor acesso a dispositivos de visualização; Curva longa de aprendizagem no processo de formação dos colaboradores por necessidade da componente real/prática.	Garantir a qualidade das tarefas a executar nos equipamentos com o aumento da flexibilidade devido a customização e à rotatividade de produtos a produzir; Formação dos colaboradores menos abstrata; Disseminação de informação relevante em tempo e contexto real.	Aumento da eficiência e melhoramento das condições para execução do trabalho; Diminuição do erros na execução de tarefas; Aumento da eficiência e eficácia a formação de colaboradores.

Tecnologia	O que é?	Que Problemas Resolve?	Que Desafios?	Que Melhorias?
Big Data	<p>Conjunto de tecnologias e ferramentas capazes de realizar o tratamento e análise de grandes volumes de dados: gerados continuamente (tornam-se rapidamente desatualizados); complexos (texto, imagens, áudio, etc.); com origem em múltiplas fontes (produção, vendas, terceiros), identificando com detalhe as falhas existentes e aumentando o conhecimento sobre os hábitos e preferências dos consumidores.</p>	<p>Baixa eficiência dos processos;</p> <p>Baixa qualidade e quantidade de informação necessária à tomada de decisão informada e assertiva e eficaz;</p> <p>Tomada de decisão sempre reativa e não pró-ativa;</p> <p>Erros de cálculo de métricas de desempenho core;</p> <p>Falta de capacidade e fraco desempenho dos processos produtivos devido a falhas e paragem de máquinas e equipamentos.</p>	<p>Gerir e analisar o aumento exponencial de dados de uma fábrica inteligente de forma eficiente e eficaz;</p> <p>Cálculo de métricas como o OEE <i>Overall Equipment Effectiveness</i> de forma mais precisa.</p>	<p>Tomada de decisão mais informada e em tempo real ao longo dos processos de negócio de toda a cadeia de valor;</p> <p>Otimização dos custos operacionais através da redução do desperdício de recursos;</p> <p>Melhoria da gestão de risco da cadeia de fornecimento e aumento da precisão na necessidade de reparação e manutenção de máquinas;</p> <p>Identificação de problemas de qualidade e defeitos no produto final e a perceção de carga de trabalho.</p>

Tecnologia	O que é?	Que Problemas Resolve?	Que Desafios?	Que Melhorias?
Robots Inteligentes	<p>Caso especial de um Sistema Ciber-Físico no qual robots (móveis e/ou fixos) operam numa realidade física no sentido de automatizarem processos físicos ou desenvolverem trabalho humano (autonomamente ou em colaboração);</p> <p>Principais tópicos: Localização, navegação, cooperação multi-robot, visão artificial 2D/3D, manipulação de objetos e interfaces homem-robot;</p> <p>Integração vertical, gestão de frotas de robots, sistemas de logística interna.</p>	<p>Escassez de mão-de-obra;</p> <p>Falta de capacidade produtiva;</p> <p>Baixa eficiência e desempenho nos processos;</p> <p>Baixas e doenças de trabalho dos colaboradores.</p>	<p>Ter um “3º braço na fábrica para tarefas de maior força, para evitar doenças de trabalho ocupacional nos humanos;</p> <p>Libertar tempo para os trabalhadores efetuarem tarefas de maior valor acrescentado;</p> <p>Robots operarem e colaborarem no mesmo espaço que humanos de forma segura;</p> <p>Robots com maior precisão e para implementarem tarefa mais minuciosas.</p>	<p>Aumento da capacidade produtiva e tempos de resposta;</p> <p>Aumento da flexibilidade;</p> <p>Aumento do desempenho dos processos produtivos.</p>

Tecnologia	O que é?	Que Problemas Resolve?	Que Desafios?	Que Melhorias?
Fabricação Aditiva	Conjunto de tecnologias que permite a impressão de objetos a partir da colocação de plástico ou metal em camadas, evitando o desperdício de processos como o corte. Usada inicialmente para a produção de protótipos, pequenas séries de peças complexas, de peças suplentes e até mesmo ferramentas personalizadas. Com o amadurecimento da tecnologia, velocidade e precisão da impressão 3D, começa a ser utilizada para a produção em larga escala.	Elevado desperdício de matéria-prima; Maior complexidade e customização dos produtos; Elevado pedos dos produtos face ao material realmente necessário para a função exigida do produto.	Fabricação aditiva de metal utilizada até agora em indústrias de alto nível como a aeroespacial e biomédica, onde os materiais usados são muito caros e com relativamente baixos volumes de produção; Existe ainda muita variabilidade na impressão de peças, o que significa duas peças impressas na mesma máquina serão ligeiramente diferentes; As propriedades mecânicas das peças fabricadas por fabricação aditiva são diferentes das fabricadas convencionalmente.	Possibilidade de criar objetos com geometrias muito complexas, o que é muito difícil, se não mesmo impossível, de alcançar com outros métodos de fabrico; Otimização de geometrias para redução do peso ou controlo da densidade da peça; Redução da necessidade de produzir conjuntos complexos; Maior flexibilidade de fabricação e produção customizada.
Simulação	Conjunto de tecnologias que permitem a virtualização do design de produtos, dos processos e do layout fabril no sentido de ser possível a sua otimização e aperfeiçoamento de modelos.	Falta de capacidade e baixa eficiência dos processos produtivos.	Simular linhas de fabrico a fim de definir novos layouts; Analisar e validar diferentes planos de produção.	Desenho de layout de produção para duplicar a capacidade de produção; Otimizar o uso das máquinas.

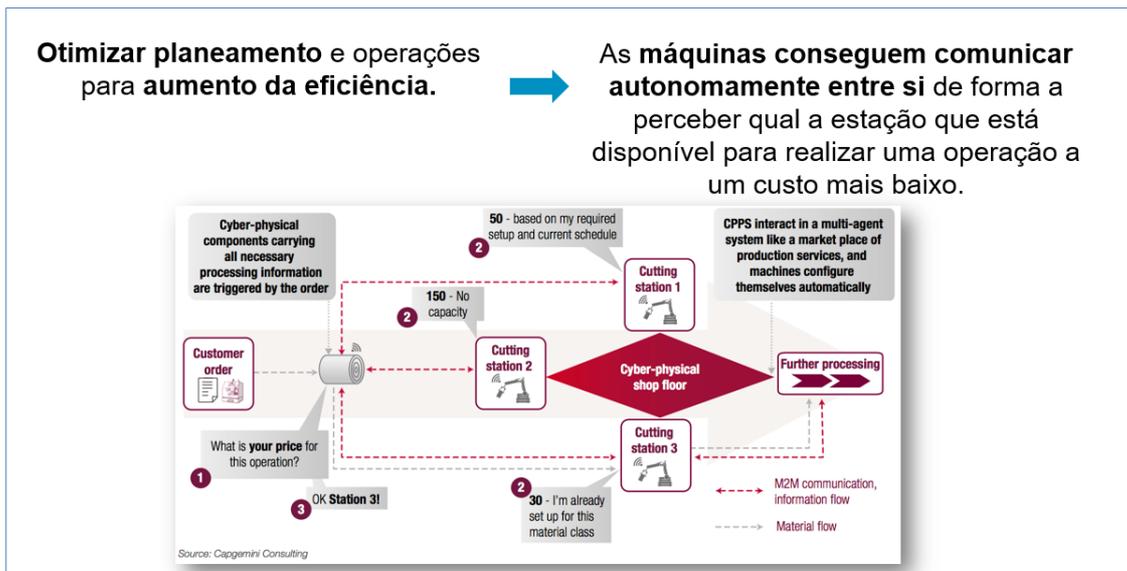
Tecnologia	O que é?	Que Problemas Resolve?	Que Desafios?	Que Melhorias?
Integração de Sistemas	<p>Integração de dados a todos os níveis de uma empresa entre empresas da cadeia de abastecimento de acordo com padrões de transferência de dados.</p> <p>Necessário para uma cadeia de abastecimento totalmente automatizada desde fornecedores até clientes, e desde a gestão até ao chão de fábrica.</p>	<p>Fraca ou inexistente comunicação e transmissão de informação entre os vários pontos da fábrica/entre fábricas com localizações distintas/entre sistemas, máquinas e equipamentos.</p>	<p>Interoperabilidade entre sistemas, equipamentos e dispositivos móveis;</p> <p>Diferentes funções e unidades de negócio precisam de ver os dados de forma distinta.</p>	<p>Normalização de protocolos de troca de informação;</p> <p>Melhoria da gestão do conhecimento através do uso da mesma terminologia em toda a cadeia de valor;</p> <p>Melhoria nos processos de comunicação;</p> <p>Melhoria na eficiência das operações.</p>

Tecnologia	O que é?	Que Problemas Resolve?	Que Desafios?	Que Melhorias?
Computação na Nuvem	<p>Utilização da nuvem para aceder a máquinas, sistemas e ferramentas sob forma de serviço não necessitando as empresas de adquirir produtos, know-how e/ou infraestruturas dispendiosas. A utilização da <i>cloud</i> está hoje generalizada na gestão de software e de dados. Devido a uma crescente conectividade entre sistemas e equipamentos e ao exponencial aumento de dados que necessitam de ser armazenados, recuperados e partilhados a utilização da nuvem para suprir estas necessidades é hoje uma realidade.</p>	<p>Fraca capacidade de investimento em infraestruturas para computação, gestão de software e de dados de largo espectro (biliões de dados);</p> <p>Fraca acessibilidade a dados, sistemas e equipamentos a partir de qualquer dispositivo e localização geográfica.</p>	<p>Acesso a sistemas, equipamentos, dados a partir de qualquer ponto do globo e a qualquer hora;</p> <p>Capacidade de computação, gestão de software e de dados de largo espectro (biliões de dados) sem necessidade de investimento em infraestruturas dentro de portas;</p> <p>Orquestração: coordenação e gestão dos sistemas de computação, <i>middleware</i> e serviços na nuvem e camada <i>fog</i>.</p>	<p>Aumento da capacidade de extração, armazenamento e processamento de dados;</p> <p>Aumento da acessibilidade a dados, sistemas e equipamentos;</p> <p>Maior controlo sobre a distribuição e coordenação das componentes de software e automação.</p>

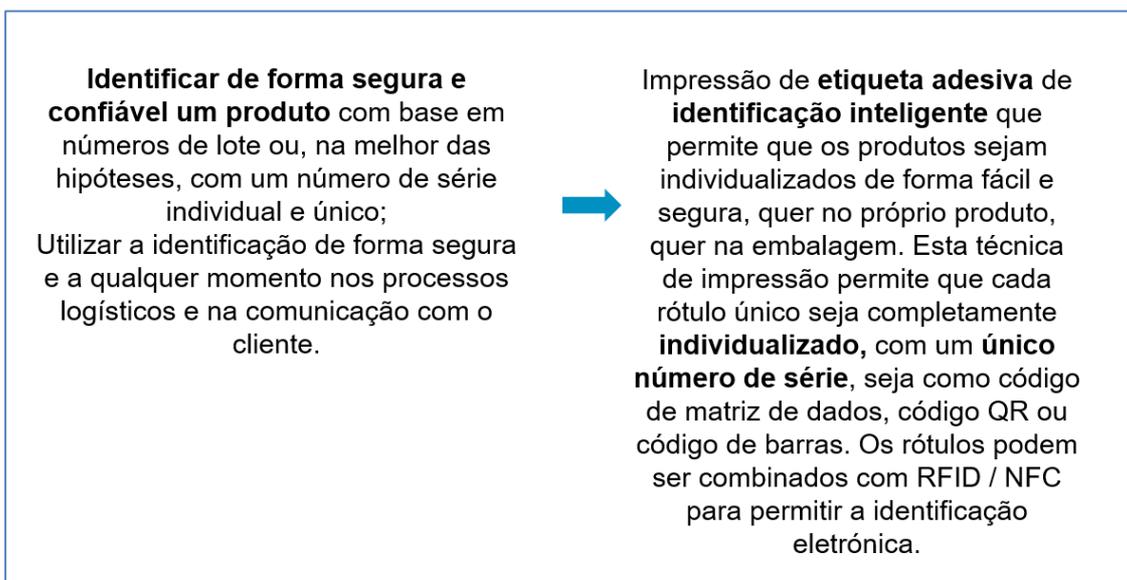
Exemplos de Aplicação das Tecnologias

De seguida apresentam-se exemplos de aplicação das tecnologias no contexto da produção, a fim de ajudar à compreensão do seu significado e aplicação.

Sistemas Ciber-Físicos:



Ciber-Segurança:



Garantir a **segurança do know-how do design** e informação de desenvolvimento de produto, no contexto da transição e conectividade de dados entre dispositivos



Pen (CodeMeter) que armazena dados relevantes para segurança dentro de uma memória **protegida com um microchip** integrado com mecanismos de **proteção de IP** que impedem a cópia ilegal e engenharia inversa de software, roubo de dados de produção e falsificação de produtos. Tem um contador escondido para **controlar o volume de produção**, garantindo que apenas os lotes obrigatórios são produzidos.



Realidade Aumentada:

Aumentar a eficiência e melhorar as condições para execução do trabalho utilização de ferramentas adicionais como PCs, tablets ou outros dispositivos móveis.



Solução combina um **projektor de alto desempenho** com um **software específico**.

Guia o trabalhador com segurança e eficiência no **processo de montagem** no seu posto de trabalho.



Support for the assembler: At the manual workstation the mobile projection shows the user where to grab which part.



A 3D model showing the assembly instruction is projected onto the manual workstation and guides the user step by step through the assembly process.

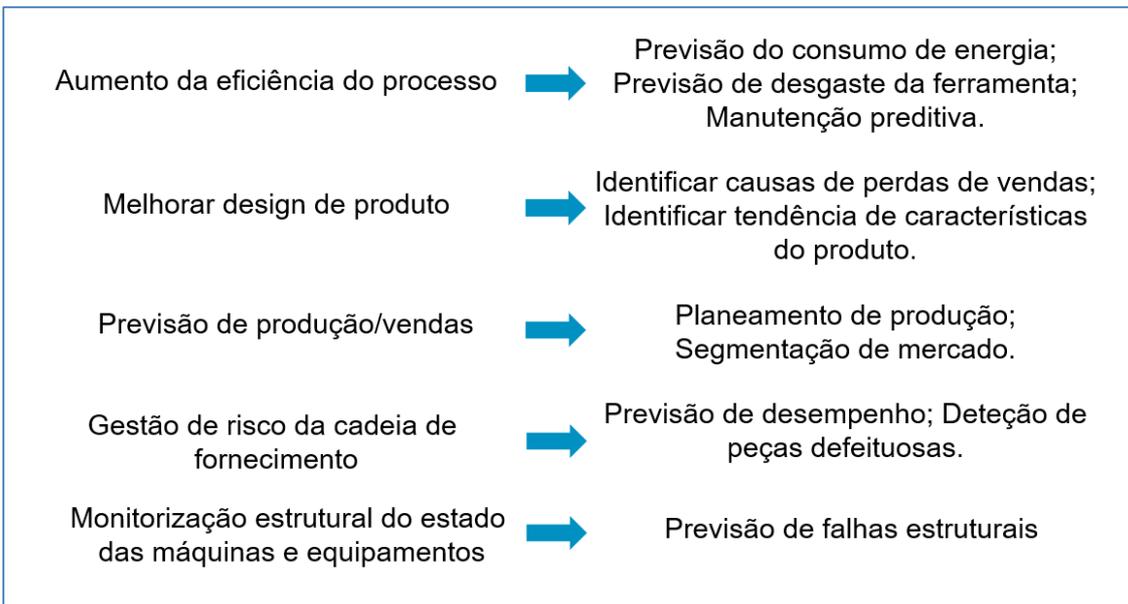


The projection-based AR environment is tested in the virtual assembly system of the SmartFactoryOWL. Source: CST

Toda a **informação necessária e relevante necessárias é projetada** diretamente no local de trabalho do trabalhador (desde uma peça de montagem individual virtualmente colorida para um modelo 3D completo, mostrando as instruções de montagem). A abordagem sugerida é baseada em "pick-by-vision" ou "pick-by-light".



Big Data:



Robots Inteligentes:

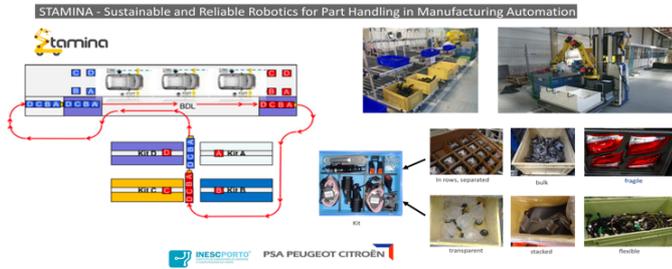
Aumentar **capacidade** de produção;

Aumentar **flexibilidade** (produtos mais customizados e volumes de produção variados);

Resolver problemas de **força de trabalho e doenças ocupacionais dos trabalhadores;**

Aumentar disponibilidade dos **trabalhadores para tarefas com elevado valor acrescentado.**

Solução para **transporte e montagem de peças** com robot autónomo capaz de fazer **reconhecimento 3D** das peças, com **conhecimento** das instruções de montagem



Aumentar **Flexibilidade** para responder a alterações constantes a produtos com ciclos de vida cada vez mais curtos.



A solução **portátil e re-implementável** e capaz de se **encaixar em espaços de trabalho concebidos para humanos**. Precisa de empregar métodos de programação inovadores que sejam bastante **intuitivos** para que qualquer pessoa o possa fazer **sem formação especial**. Precisa de ser **seguro** o suficiente para trabalhar lado a lado com os seres humanos.

Aumentar **flexibilidade e colaboração entre máquina e robot** no chão de fábrica de forma segura para o homem.

A solução de **colaboração Homem-Robot**. Precisa de ser **seguro** o suficiente para trabalhar lado a lado com os seres humanos.



Fabricação Aditiva:

Produção de produtos plásticos **customizados** cada vez maior.
Necessidade de **produzir pequenos lotes** sem prejudicar a eficiência e a disponibilidade/entrega do produto.



Solução que combina a **moldagem por injeção, fabricação aditiva** e outras tecnologias i4.0.: *Cube-mould machines (Arburg)*



Source: Arburg

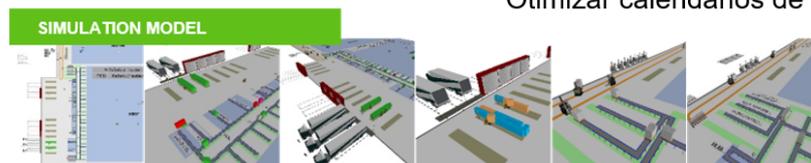
Uma célula de produção totalmente montada em rede e automatizada para o fabrico de tesouras de escritório individualizadas, em série, por exemplo. Uma máquina de moldagem por injeção, uma impressora 3D, para fabricação aditiva estão ligados por meio de um robô de sete eixos. Quando submetem as suas encomendas os clientes criam ,através de um tablet ou PC, as suas próprias tesouras rotuladas com letras individualizadas. Os dados são registados em formato digital e a produção começa automaticamente. Um código de matriz de dados (DM) transforma cada produto numa fonte de informação única. No passo seguinte, a **impressora 3D aplica o rótulo personalizado de plástico num processo aditivo.**

Simulação:

Projetar layouts robustos de fábricas
Validar planos de produção
Compreender e estruturar os processos da formação de WIP e os requisitos em termos de espaço físico para os buffers
Estudar o impacto da variabilidade



Solução capaz de:
Determinar dos tamanhos do buffer
Definir o mix de produção
Estimar a produção real e eficiência da produção (OEE)
Avaliar e propor regras avançadas de sequenciação nos postos de trabalho
Otimizar calendários de produção



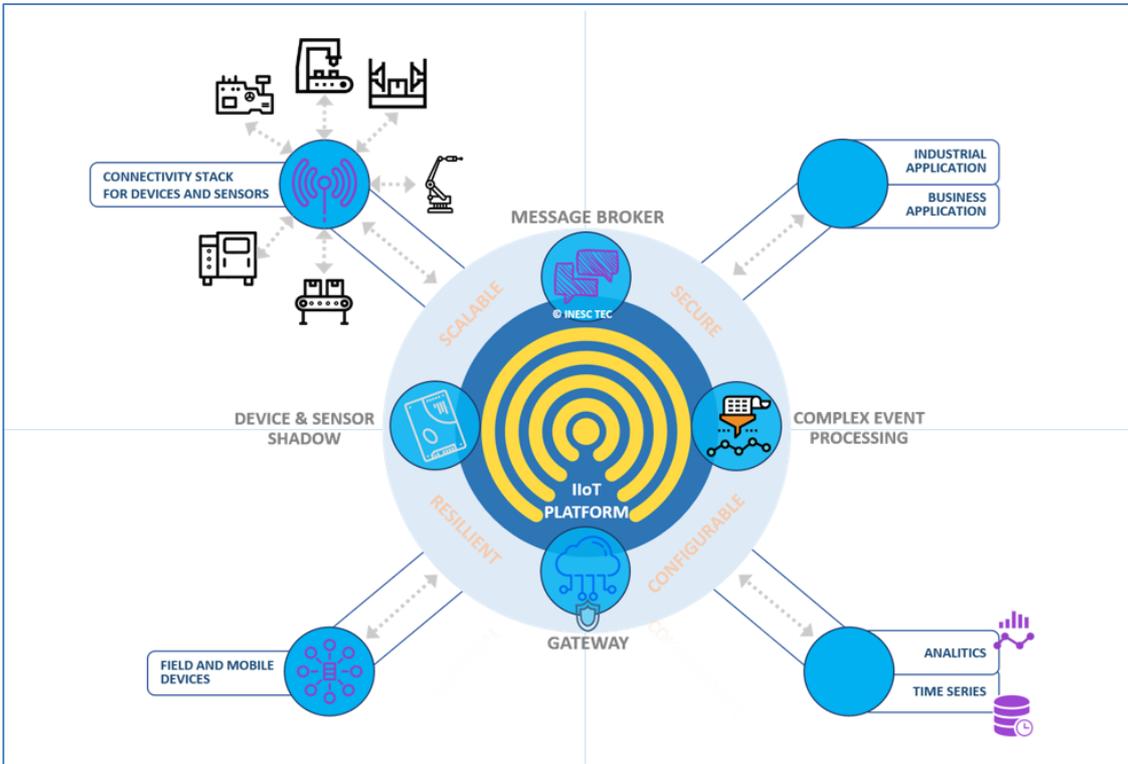
The simulation model is used to study the dynamic behaviour of the manufacturing system

Some of the main characteristics of the production system are related with the multi-level structure of the products and components with specific sequential operation routings and palletization rules.

The proposed methodology links layout, planning and process design decisions in order to comprehensively specify the manufacturing system

FACTORIES DESIGN AND OPERATION
INESC CONTRACT BASED RESEARCH WITH IKEA INDUSTRY

Integração de Sistemas:



Encomendas com **maior variedade**, a um **custo mais baixo**, **melhor qualidade** e **lotes mais pequenos**.



Solução com células de produção que são controladas por PLCs que **comunicam entre si e diretamente com o sistema ERP**.



Source: B&R Industrie-Elektronik

Os postos de montagem, teste e rotulagem verificam cada número de série no sistema ERP, em tempo real, para determinar configurações de parâmetros individuais e quais são os testes necessários para o tipo de módulo fornecido. O posto executa os testes e envia os resultados para o sistema ERP. As células se comunicam ao nível da linha de produção com o software de automação de fábrica. Este regista os dados de produção e avalia-os. Com base nesses dados, os planos de manutenção preditiva são criados para minimizar o tempo de inatividade não planeada e aumentar a produtividade. Uma variedade de painéis com o OEE, qualidade de produção e dados de tempo de ciclo exibem informações atuais e histórico sobre o estado e a eficiência da produção.

Computação na Nuvem:

Extrair informação relevante dos bilhões de bytes de dados produzidos pelos processos e equipamentos de produção na fábrica inteligente. ativos críticos.



Solução através do processamento e análise de dados (com tecnologia Big Data) na cloud.

A GE desenvolveu uma solução na nuvem **segura** (*Brilliant Manufacturing Suite*). Usa técnicas de análise de dados para extrair informação que pode ser usada para gerir de forma proativa máquinas e fábricas inteligentes.

2.3 Oportunidades de Melhoria para a Fileira

No contexto atual de elevada competitividade, surgem oportunidades de negócio relacionadas com os problemas e necessidades dos clientes das empresas fileira da produção. Assim sendo, apresentam-se de seguida os principais problemas que podem ser resolvidos com a aplicação das tecnologias catalisadoras da i4.0 nos produtos/serviços que as empresas da fileira fornecem. Com a aplicação das tecnologias i4.0 nos seus produtos/serviços espera-se ultrapassar os problemas identificados e alcançar, por isso, um conjunto de melhorias, também aqui identificadas, que estão intrinsecamente relacionadas com as tendências de desenvolvimento de novos modelos de negócio, produtos e serviços apresentados no capítulo seguinte.

Capacidade Produtiva e Mão-de-Obra

Problemas Atuais: O problema da capacidade produtiva surgiu, na maioria das entrevistas realizadas, relacionado com a falta de mão de obra e foi apontado como um dos maiores e atuais entraves para o desenvolvimento das empresas e para a sua competitividade no mercado internacional. As empresas estão com bastante dificuldade em contratar pessoas qualificadas para trabalhar afetando, por isso, a sua capacidade produtiva. Ao mesmo tempo, a mão de obra qualificada existente carece de formação prática o que exige das empresas um elevado investimento na integração de novos recursos que está, por sua vez, associada a uma longa curva de aprendizagem para que estes comecem a entregar valor para a empresa.

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 INESCTEC	
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.0

Outro problema apontado, neste âmbito, remete para o facto de, cada vez mais, as tarefas a executar pelas pessoas envolverem tecnologia e muitas das empresas do sector da produção serem ainda caracterizadas por uma elevada taxa de colaboradores com baixa literacia. Este fator traz o desafio à gestão das empresas em conseguirem formar estas pessoas para desempenharem tarefas que envolvam novas tecnologias, mas em primeiro lugar para formar e sensibilizar as pessoas na aceitação destas novas tecnologias.

As baixas e doenças de trabalho de colaboradores são outro dos problemas enquadrados na capacidade produtiva e mão de obra. Estas são bastante associadas a tarefas repetitivas ou a trabalhos que exigem mais esforço físico ou de maior risco de acidentes de trabalho, muito característicos deste sector.

Por último, a falta de mão de obra também deriva da dificuldade que as empresas têm em fazer retenção de colaboradores tendo em consideração a crescente mobilidade e oportunidades no mercado de trabalho.

Melhorias esperadas: Aumento da capacidade produtiva e tempos de resposta ao cliente através de melhorias como: o aumento da flexibilidade de desenvolvimento e produção customizada; a redução de necessidade de produzir conjuntos complexos; o redesenho de layouts e processos; a diminuição de tempos na introdução de novos produtos nas linhas; e redução de baixas de trabalhadores motivadas por doenças de trabalho.

Também é importante mencionar melhorias ao nível da eficiência e eficácia nos processos de integração de novos colaboradores e de formação aos colaboradores assim como melhoria das condições de trabalho e a atribuição de tarefas de valor acrescentado aos colaboradores em substituição de tarefas repetitivas ao serviço também da motivação e retenção de colaboradores.

Eficiência nos Processos da Cadeia de Valor e Qualidade de Produto/Serviço

Problemas Atuais: As perdas ou baixa eficiência dos processos caracteriza-se como um dos problemas a resolver, essencialmente relacionada com o tempo despendido ao longo dos processos que não acrescenta valor ao produto/serviço final. Um desses exemplos prende-se com a recuperação e apresentação da informação, por exemplo, relativa ao tempo despendido na

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 INESCTEC	
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.0

consulta de informação necessária para execução de operações, entre as tarefas, pelo operador no chão de fábrica. A forma como a informação é apresentada não está adaptada tendo em consideração o local onde esta tem que ser consultada assim como as características do destinatário dessa mesma informação. Esta adaptação é importante quer para a consulta ser mais eficiente, quer para ser mais eficaz, por exemplo no que concerne à interpretação da informação que quando mal interpretada pode resultar na perda de qualidade do produto/serviço.

As falhas e paragem de máquinas e equipamentos são outro dos problemas identificados que leva a uma perda de eficiência dos processos muito relacionados com a falta de manutenção preventiva ou também na deficiente monitorização em tempo real do desempenho das máquinas de forma a identificar problemas ou falhas antes destas acontecerem.

Por fim, foi identificado também o problema relacionado com o desperdício de matéria-prima que ocorre em algumas áreas de negócio. Este desperdício está muito associado ao processo produtivo/máquina/equipamento usado que faz com que o produto tenha mais material do que aquele que efetivamente necessita para cumprir com a sua função. Este último leva também a problemas de qualidade de produto uma vez que poderá representar, por exemplo, em excesso de peso que pode ser uma característica fundamental do valor deste para o cliente.

Melhorias Esperadas: Otimização do desempenho e aumento da eficiência dos processos de toda a cadeia de valor da fábrica através de melhorias como: o aumento da eficiência e eficácia de disponibilização de informação aos colaboradores e das condições para execução das suas tarefas; a otimização dos custos operacionais através da redução do desperdício de recursos e de matéria-prima com alteração de processos de fabrico e das máquinas e equipamentos mais sofisticados; aumento do desempenho dos processos produtivos atribuindo, por exemplo, a robots tarefas repetitivas e de elevada precisão com capacidade de as executar com menor tempo e menor erro.

Com a melhoria de processos, a qualidade do produto aumenta através de melhorias como: diminuição de erros na execução de tarefas por parte dos

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 INESCTEC	
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.0

colaboradores; aumento da eficácia e eficiência na identificação de problemas no controlo de qualidade e defeitos no produto final; aumento da capacidade de criar e produzir objetos com geometrias muito complexas e otimizar as geometrias para redução do peso ou controlo da densidade da peça; maior controlo sobre a distribuição e coordenação das componentes de software e automação no produto.

Segurança de Informação

Problemas Atuais: Com a evolução tecnológica e a crescente digitalização dos processos e das máquinas e equipamentos o risco e problemas associados à segurança de informação aumenta exponencialmente. Os ataques informáticos são hoje uma realidade nas fábricas, não só ao nível dos sistemas de informação como também das máquinas e equipamentos que estejam ligados em rede, uma vez que se torna possível a intrusão através da rede. Desta forma, por exemplo, ocorrem problemas de paragem de máquinas e equipamentos derivados de ataques informáticos ou problemas de roubo de identidade de produtos ou de design de produto e espionagem industrial, uma vez que os dados e informação dos processos ficam mais vulneráveis.

Melhorias Esperadas: Aumento da segurança de dados, sistemas, redes e equipamentos através de melhorias como: diminuição de possibilidade de ataques informáticos; diminuição de assalto e espionagem industrial; aumento da confiabilidade e segurança na identificação dos produtos/serviços produzidos.

Tomada de Decisão e Gestão da Informação e do Conhecimento

Problemas Atuais: Um dos problemas identificados foca-se na tomada de decisão como sendo muito reativa e não proactiva. Este problema relaciona-se diretamente com a deficiente gestão da informação e do conhecimento uma vez que a tomada de decisão não está apoiada com informação na quantidade necessária e com a qualidade que lhe é devida. Desta forma, a tomada de decisão é pouco assertiva e eficaz e muitas vezes está alienada da realidade. Por outro lado, nos locais das empresas com menor acesso a dispositivos de visualização da informação não existe uma eficaz e eficiente disseminação da

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 INESCTEC	
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.0

informação em tempo real. No contexto atual, em que se evolui para a tomada de decisão descentralizada, esta é uma componente fundamental: fazer chegar a informação necessária às pessoas, independentemente do local onde estão e onde têm que atuar.

Outro problema identificado relaciona-se com os erros de cálculo de métricas de desempenho *core* para as empresas. Este está intrinsecamente relacionado com a fraca ou inexistente comunicação e transmissão de informação entre os vários pontos da fábrica, as fábricas com localizações distintas, os sistemas, as máquinas e os equipamentos.

Por último, foi também identificado o problema da contextualização de dados, ou seja, ainda que haja comunicação e acessibilidade dos dados é necessário existir um tratamento e análise que dê contextualização aos dados para que estes representem informação e/ou conhecimento que acrescente valor à tomada de decisão e ao decurso dos processos da cadeia de valor.

Melhorias Esperadas: Aumento da tomada de decisão assertiva proactiva e em tempo real através de melhorias como: aumento da sensorização, recolha e visualização de dados relevantes em tempo real; gestão de risco da cadeia de fornecimento; aumento da precisão na necessidade de reparação e manutenção de máquinas; normalização de protocolos de troca de informação e melhoria da gestão do conhecimento através do uso da mesma terminologia em toda a cadeia de valor; aumento da eficiência e eficácia nos processos de comunicação de informação e na acessibilidade dos dados e informação; aumento da capacidade de extração, armazenamento e processamento de dados; e criação e melhoria de modelos preditivos para todas as variáveis do chão de fábrica.

Capitalização das empresas

Problemas Atuais: Outro aspeto mencionado nas entrevistas como importante foi a baixa capitalização das empresas como um dos problemas para a baixa capacidade de investimento em infraestruturas para computação, gestão de software e de dados de largo espectro (bilhões de dados).

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 INESC TEC	
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.0

Melhorias Esperadas: No sentido de ultrapassar este problema, espera-se que este investimento não seja tão elevado se for consumido como um serviço ao invés da empresa ter que investir na compra efetiva da infraestrutura e na internalização de competências nesta área.

3 TENDÊNCIAS DE DESENVOLVIMENTO DE NOVOS MODELOS DE NEGÓCIO I4.0

A cadeia de valor é, cada vez mais, caracterizada pela digitalização e flexibilidade, com grandes níveis de eficiência dos seus equipamentos o que permite não só a redução de custos como também novas mudanças ao nível do desenvolvimento estratégico como são exemplo (Henning, Wolfgang, and Johannes 2013):

- o curto tempo para produtos entrarem no mercado (*time-to-market*);
- a produção por encomenda;
- a capacidade de produção de produtos altamente complexos.

Neste sentido, torna-se importante que as empresas analisem e adequem os seus modelos de negócio no sentido de aproveitar as oportunidades potenciadas pelo contexto da i4.0 e acompanhar o desenvolvimento tecnológico e as tendências do mercado e problemas dos seus clientes.

3.1 Principais Características dos Modelos de Negócio i4.0

No contexto da análise de modelos de negócio existem várias metodologias e níveis de segmentação. No entanto, das diversas abordagens, existe um ponto de partida comum que é a centralização no cliente ou seja, na proposta de valor, criação de valor e captura de valor. A proposta de valor descreve os *drivers* de valor para o cliente, bem como as características únicas da oferta da empresa. A camada de criação de valor inclui os recursos e processos necessários para oferecer a oferta (a partir das relações com parceiros/fornecedores com os canais de vendas). A captura de valor compreende a estrutura de custo subjacente e a fórmula de receita, que decidem sobre rentabilidade e sustentabilidade económica do modelo (Burmeister, Luetgens, and Piller 2015).

No contexto da i4.0 para o sector da produção, a lógica de negócio assenta em três grandes possibilidades (Burmeister, Luetgens, and Piller 2015; Rudtsch et al. 2014):

- novas propostas de valor com produtos altamente customizados e diferenciadores;
- produtos e serviços combinados e integrados;
- novos serviços de valor acrescentado.

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 INESCTEC	 PRODU TECH
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.0

Na tabela seguinte apresentam-se as principais características da tendência dos Modelos de Negócio i4.0 para cada segmento de diferenciação, com o objetivo de suportar o processo de inovação de modelos de negócio nas empresas.

Tabela 3 - Características do Modelo de Negócio i4.0

	Características do Modelo de Negócio i4.0	Referências
Proposta de Valor	<ul style="list-style-type: none"> • Alta diferenciação/customização de produtos/serviços; • Foco no cliente final, B2B2C (<i>Business-to-business-to-Customer</i>); • Leque abrangente de serviços com base em dados e informação, envolvendo vários parceiros da cadeia de abastecimento; • Produtos/serviços combinados sincronização/VAS (Serviços de Valor Acrescentado). • Otimização na utilização de recursos através do controlo inteligente dos processos industriais 	(Burmeister, Luettgens, and Piller 2015; Jazdi 2014; Shrouf, Ordieres, and Miragliotta 2014)
Criação de Valor	<ul style="list-style-type: none"> • Integração horizontal e vertical da cadeia de valor, • Combinação de serviços atuais com outros serviços disponíveis através de parceiros • Controlo consolidado; • Redes de criação de valor flexíveis e dinâmicas; • Fluxos de informação interligados; • Relações estreitas com os clientes finais, B2B2C; • Tempo curto para produtos entrarem no mercado; • Alta eficiência; • Alta escalabilidade; • Alta disponibilidade, manutenção preventiva. 	(Burmeister, Luettgens, and Piller 2015; Shrouf, Ordieres, and Miragliotta 2014; Schlechtendahl et al. 2014)
Captura de Valor	<ul style="list-style-type: none"> • Apropriação de valor a partir de estruturas de dados/digitais; • Variabilidade de preços e custos. • Partilha de custos e riscos com parceiros através de estruturas de receitas inovadoras 	(Burmeister, Luettgens, and Piller 2015)

3.2 Modelos de Negócio Disruptivos Através da Criação de Redes

Na análise aos modelos de negócio no contexto da i4.0 existem três temas centrais de diferenciação e inovação: a criação de valor a partir dos dados recuperados, o papel mais central dos utilizadores finais (clientes) e as redes de empresas que permitem a criação de valor (Henning, Wolfgang, and Johannes 2013). Estes temas derivam do

	 INESCTEC	 PRODU TECH
Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.0

facto de se entender que a capacidade de extração e análise de dados ao longo da cadeia de valor resulta no melhoramento da automação e eficácia operacionais permitindo a criação de redes de criação de valor acrescentado para os produtos/serviços (Burmeister, Luettgens, and Piller 2015; Henning, Wolfgang, and Johannes 2013).

De facto, a melhoria da ubiquidade e precisão dos dados em tempo real que caracteriza a i4.0 traz condições para que as empresas, ao longo da cadeia de valor, alinhem os seus processos umas com as outras. Esta vantagem cria então a possibilidade de formação de novas redes de elevado valor acrescentado. Outro tópico que suporta esta possibilidade são as vantagens que os sistemas ciber-físicos trazem. A implementação destes sistemas, para além de possibilitar o alinhamento dos processos dentro das empresas, também possibilita o alinhamento fora delas, ou seja, possibilita o alinhamento de processos e a integração flexível entre várias empresas ao longo da cadeia de valor permitindo a criação de valor ao longo da rede (Burmeister, Luettgens, and Piller 2015). Ao mesmo tempo, esta implementação permite a co-criação de valor em rede, uma vez que permite a partilha de dados e serviços entre as empresas interessadas.

Exemplos de cenários neste âmbito como a “fabricação em rede”, “logística adaptativa auto-organizada” e “engenharia integrada para o cliente”, exigem Modelos de Negócio principalmente implementados através de redes de empresas altamente dinâmicas e não por uma única empresa. Esta tendência levanta desafios numa série de questões ao nível da gestão como o financiamento, o desenvolvimento, a confiança, o risco e a proteção da responsabilidade de IP e de *know-how*. No que concerne à organização da rede e à criação de diferenciação e qualificação para os seus produtos/serviços, é crucial que exista uma atribuição correta de todas as responsabilidades pelos parceiros e que exista documentação oficial que vincule as mesmas. A monitorização, em tempo real, do funcionamento da rede ao longo da criação, do desenvolvimento e da prestação do serviço desempenhará um papel fundamental na documentação de todas as etapas e controlo e gestão do estado das mesmas no sentido de perceber que todas as responsabilidades foram cumpridas (Henning, Wolfgang, and Johannes 2013).

Por último, outra ideia e motivação central para a disrupção e inovação nos modelos de negócio baseia-se no facto do tradicional modelo de negócio em que o cliente encomendava um produto e o fornecedor entregava o produto já praticamente não

	 
Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	Data documento 17/07/2017 Versão V1.0

existir. Este fluxo foi substituído, em primeira instância, pela ideia de que cliente não pede um produto, mas sim transmite um problema com especificidades e o fornecedor resolve o problema com a entrega de produto/serviços, ou seja, o fornecedor já não está apenas a produzir algo, mas sim a criar algo. Para isso, o fornecedor tem que consultar e formar uma rede de outras empresas com competências distintas para que em rede possam resolver o problema do cliente e fornecer o produto e serviço de forma integrada.

3.3 Oportunidades de novos Produtos/Serviços

A indústria 4.0 oferece às empresas da fileira das tecnologias de produção a oportunidade de renovarem a sua oferta com a associação de novos serviços aos produtos já existentes (*servitização*), a incorporação de novas tecnologias nos produtos já existentes (*retrofitting*), a oferta de novos produtos/serviços de sistemas de informação com uso de tecnologias i4.0 e a oferta de novos bens de equipamento com tecnologias da i4.0. A matriz da Tabela 4, faz um resumo destas novas ofertas i4.0.

Tabela 4 – Matriz para Novas Ofertas i4.0

OFERTA	Serviços	Integração de Tecnologias
Produtos Existentes	<u>Servitização</u> <ul style="list-style-type: none"> • Serviços avançados de manutenção preditiva e preventiva • Serviços de suporte ao processo de instalação de equipamentos no cliente com uso de software avançado • Serviços de controlo de qualidade do produto e processo com base na recolha e tratamento de dados dos equipamentos. 	<u>Retrofitting</u> <ul style="list-style-type: none"> • Adaptação de máquinas e equipamentos para a i4.0 • Digitalização do processo de fabrico para maior eficiência na produção de produtos customizados
Produtos Novos	<u>Sistemas de informação</u>	<u>Bens de equipamento</u>

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Produtos/serviços na área da cibersegurança que permitam o uso da “Internet das Coisas” de forma segura e confiável.• Produtos/serviços de análise de dados e visualização de informação para apoio à decisão do cliente.• Produtos para formação, instruções de trabalho, acompanhamento de produção com uso de realidade aumentada e inteligência artificial• Serviços de leasing de equipamentos com novas tecnologias (p.ex. máquinas de fabricação aditiva)• Serviços associados às criptomoedas (p.ex. blockchain) | <ul style="list-style-type: none">• Robots inteligentes/Robots Colaborativos• Máquinas de fabricação aditiva |
|--|---|

4 RECOMENDAÇÕES PARA OFERTAS INTEGRADAS

A Figura 4 sintetiza o levantamento dos fatores internos e externos no contexto da implementação da i4.0 nas empresas da fileira e permite uma melhor compreensão e contextualização das recomendações resultantes do estudo.

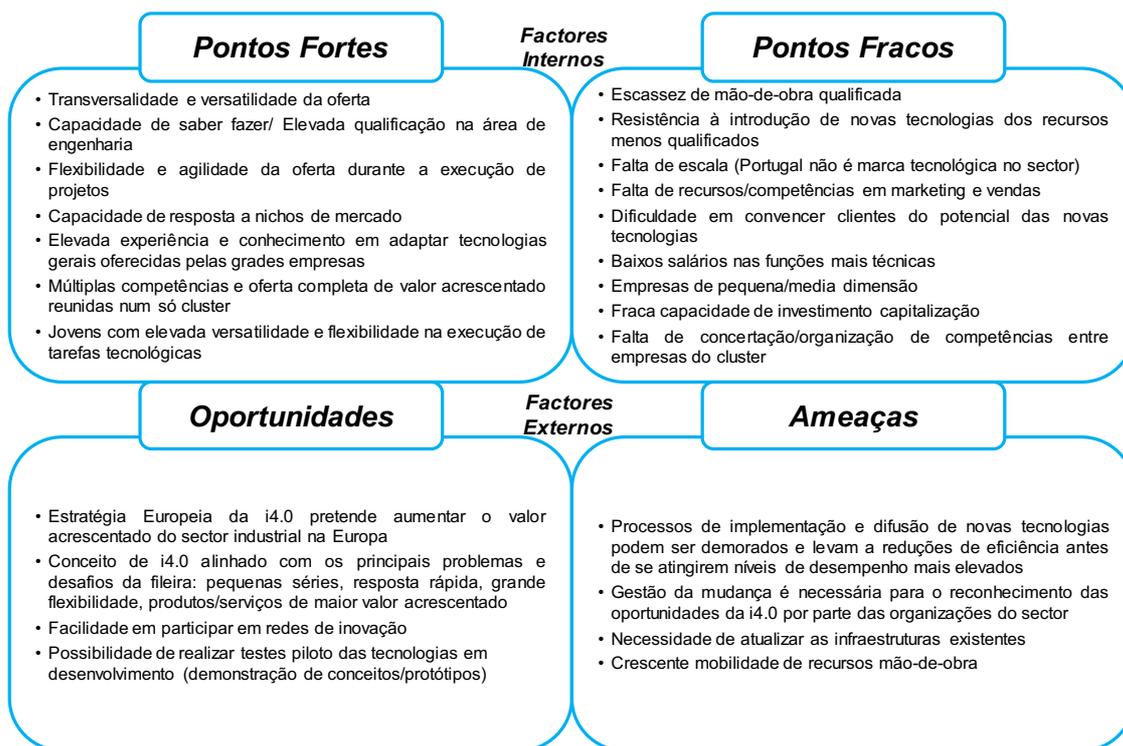


Figura 4 - Análise dos Fatores Internos e Externos na Implementação da Indústria 4.0 nas Empresas da Fileira

Com base nesta análise de fatores internos e externos e na visão para a Fileira de Tecnologias de Produção de

“Ser capaz de alavancar o desenvolvimento de novos modelos de negócio, sustentados no cruzamento das competências e tecnologias dos associados, com o objetivo de oferecer uma proposta de valor inovadora em novos segmentos de mercado”

este estudo propõe o conjunto de recomendações apresentadas nas seções seguintes, para que sejam criadas as condições necessárias para o desenvolvimento de uma oferta i4.0 como descrita na seção 4.3.

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 INESCTEC	
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.0

4.1 Vigilância Estratégica

Com a vigilância estratégica pretende-se explorar de forma sistemática e contínua as oportunidades de negócio da i4.0, compreendendo e estudando as tecnologias inerentes e as oportunidades de modelos de negócio resultantes de dentro e fora da sua principal área de atuação na indústria. Na análise destas oportunidades o foco tem de ser o cliente e os seus problemas e não apenas as capacidades tecnológicas ou atual oferta que as empresas dispõem. Para as empresas conseguirem alcançar este objetivo propõem-se o seguinte conjunto de medidas:

- Consultar especialistas das várias áreas das empresas, que detêm conhecimento de elevado valor acrescentado, desde a área de Desenvolvimento de Produto, das Operações e Tecnologias de Informação, até às áreas mais próximas do cliente como as Vendas ou o Serviço Pós-venda;
- Avaliar a maturidade da empresa para a i4.0 e estabelecer um plano de ação;
- Criar e estimular fóruns de discussão internos e externos, abertos aos colaboradores para discussão de potenciais novos modelos de negócio que incluam digitalização e *servitização* dos equipamentos, máquinas, sistemas e serviços que a empresa vende;
- Fomentar iniciativas internas de baixo para cima relacionando colaboradores com interesses e motivações comuns dentro das áreas de atuação da empresa ou dentro dos tópicos da i4.0, possibilitando a criação de comunidades informais que podem evoluir para grupos de trabalho de investigação e desenvolvimento com capacidades empreendedoras;
- Procurar que o maior número de colaboradores participem em sessões de formação, workshops e seminários sobre Inovação de Modelos de Negócio, Indústria 4.0, Tecnologias Catalisadoras da i4.0 tanto dentro como fora da sua indústria para que se consiga ampliar a visão e fomentar a adoção.

4.2 Investimento nos Recursos-Chave

Tendo em consideração as tendências de desenvolvimento tecnológico, a digitalização da indústria e a crescente mudança do papel dos colaboradores que assumem hoje um papel ativo no desenvolvimento de soluções para problemas de eficiência interna e nos clientes, é necessário que as empresas invistam na formação e desenvolvimento dos seus colaboradores. Assim, a implementação de novos modelos de negócio i4.0 e

	 INESCTEC	 PRODU+TECH
Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.0

novos produtos/serviços exige um esforço na capacitação dos recursos-chave, ou seja, dos colaboradores através de um conjunto de medidas:

- Fomentar a formação interdisciplinar em áreas como as da economia, engenharia, informática, eletrotecnia, matemática, etc., em paralelo com a estreita relação com instituições de ensino universitário a fim de garantir a qualidade e atualização constante com o estado-da-arte de competências digitais e tecnológicas.
- Colaborar com parceiros do cluster para proporcionar cursos de formação temáticos, recorrendo a parcerias com entidades de formação com experiência e contacto real com a indústria;
- Fomentar a formação e sensibilização da gestão de topo para o valor das competências digitais e tecnologias da i4.0;
- Fazer uso das tecnologias i4.0 para melhorar o ambiente de trabalho e promover a motivação de colaboradores facilitando a sua angariação e retenção.

4.3 Exploração da Rede de Parceiros Estratégicos

Tornou-se prática comum as empresas estabelecerem parcerias estratégicas nas áreas que precisam de incorporar na sua oferta mas que não são *core* do seu negócio. Reforçar o investimento na rede de parceiros estratégicos, torna-se ainda mais relevante no contexto da i4.0, dada a diversidade de tecnologias catalisadoras disponíveis. Por outro lado, um investimento firme na estreita colaboração com os parceiros ao longo da cadeia de valor será vital para a criação de valor na nova geração de produtos e serviços. O Cluster das Tecnologias de Produção é uma rede privilegiada para o estabelecimento de parcerias estratégicas, que poderiam ser melhor exploradas através das iniciativas potenciadoras seguintes:

- Estabelecer parcerias para investir na construção de protótipos/demonstradores por fim a demonstrar junto dos clientes as potencialidades dos novos produtos/serviços (por exemplo na demonstração dos novos produtos/serviços apresentados na secção 4.3);
- Orquestrar novas propostas de valor conjuntas, alavancadas nas potencialidades da i4.0, com duas ou mais empresas, a fim de aumentar o negócio de cada uma.

	 INESCTEC	 PRODU.TECH
Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.0

4.4 Boas Práticas para Inovação do Modelo de Negócio i4.0

De acordo com o que foi sintetizado no trabalho de Burmeister, Luettgens, and Piller (2015) e no sentido de trabalhar as principais características do Modelo de Negócio i4.0, existem um conjunto de boas práticas que as empresas podem implementar.

Do ponto de vista do processo e com os objetivos de aumentar a flexibilidade dos processos e ultrapassar as falhas de experiência e competências, reduzir os tempos de desenvolvimento e fomentar relação com o mercado são apresentadas as seguintes boas práticas:

- Implementação de um Processo de Inovação do Modelo de Negócio, ágil, interativo, proactivo e aberto;
- Desenho sistemático do modelo de proposta de valor, baseado nas necessidades do mercado/clientes;
- Prototipagem rápida das soluções mínimas viáveis da proposta de valor;
- Contacto contínuo com o cliente e captura de feedback;
- Avaliações intercalares e atempada e pontos de decisão constantes com o cliente.

Do ponto de vista da Organização e com os objetivos de desenvolvimento de competências e funções, alcançar abertura e pragmatismo para com o mercado e introduzir uma cultura e mentalidade e empreendedora mercado são apresentadas as seguintes boas práticas:

- Apoio da gestão de topo e direção da organização; definição de responsabilidades e capacidades de liderança do Processo de Inovação do Modelo de Negócio;
- Criação de equipas dedicadas à Inovação do Modelo de Negócio ou i4.0 com equipas multi disciplinares;
- Colaboração entre departamentos e entre entidades/empresas;
- Cultivo de mentalidade empreendedora com liberdade de ações, mas com responsabilidade também.

Do ponto de vista de recursos e ferramentas e com os objetivos de otimização do suporte aos processos, ter metodologias e guiões estruturados e apoiar a tomada de decisão são apresentadas as seguintes boas práticas:

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas		
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.0

- Criação/aplicação de *toolkit* dedicado à Inovação de Modelos de Negócio, incluindo processo de estruturação de modelos de negócio e quadros metodológicos de estruturação de propostas de valor;
- Implementação de ferramentas de análise do eco-sistema e de competências de *networking*; definição e implementação de métodos de avaliação dos modelos de negócio com critérios quantitativos e qualitativos;
- Introdução das tecnologias de Informação para suportar a Inovação de Modelos de Negócio baseadas em ferramentas colaborativas e de monitorização;
- Fomentar e possibilitar a transferência de conhecimento entre indústrias;
- Implementar sistema de gestão de desempenho alinhado com as métricas definidas para o Processo de Inovação do Modelo de Negócio.

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 INESCTEC	
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.0

5 CONCLUSÃO

No âmbito do atual paradigma da indústria 4.0, torna-se imperativo para as empresas da fileira das tecnologias de produção evoluírem de forma a cooperarem entre si e a implementarem soluções integradas horizontalmente e verticalmente, que permitem a partilha de informação e a descentralização da tomada de decisão. A digitalização de ponta a ponta das cadeias de valor potencia o aumento dos níveis de produtividade. Para isso, é necessário que as empresas tenham as suas fábricas e processos preparados com equipamentos e serviços fazendo uso das mais atuais tecnologias catalisadoras da i4.0. Assim, este estudo serve as empresas da fileira, ajudando-as na identificação das oportunidades que a indústria 4.0 alavanca para o desenvolvimento de novos modelos de negócio e para a disponibilização de novos produtos e serviços.

Este relatório oferece às empresas da fileira a possibilidade de melhorarem a sua inteligência estratégica sobre as tendências tecnológicas alavancadas pela indústria 4.0, através da descrição de forma objetiva dos problemas que os seus clientes pretendem resolver com estas tecnologias e as melhorias que esperam alcançar com os novos produtos e serviços. Desta forma poderão estar mais qualificados para analisar os problemas e puderem ser capazes de criar novos negócios dinâmicos e inovadores para lhes dar resposta. Ênfase também é dada neste relatório, à necessidade de criação de redes e cooperação entre parceiros para conseguirem dar resposta aos problemas complexos dos seus clientes que exigem várias competências e tecnologias. As tendências e mudanças de negócio e de estratégia podem ser orientadas ao desenvolvimento e incorporação da tecnologia, contudo é importante enquadrá-las na estrutura organizacional e no plano estratégico das empresas. Com a análise e alteração dos seus modelos de negócio, será possível às empresas avaliar os processos de mudança intra e inter-organizacionais e sincronizar os esforços necessários para aplicação das tecnologias nos seus produtos/serviços e nos seus próprios processos organizacionais.

Através de ações e iniciativas relacionadas com a vigilância estratégica, o investimento nos recurso-chave e na rede de parceiros as empresas estarão melhor preparadas para os desafios da i4.0 e para criar novas formas de interação e integração entre as empresas da fileira na disponibilização de oferta de produtos/serviços de forma mais eficiente e potencializando as competências e tecnologias principais de cada empresa.

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 INESCTEC	
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.0

6 REFERÊNCIAS

- Brettel, M, N Friederichsen, and M Keller. 2014. “How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective.” *International Journal of*. doi:scholar.waset.org/1999.8/9997144.
- Burmeister, Christian, Dirk Luettgens, and Frank T. Piller. 2015. “Business Model Innovation for Industrie 4.0: Why the ‘Industrial Internet’ Mandates a New Perspective.” *SSRN Electronic Journal*, 1–31. doi:10.2139/ssrn.2571033.
- Chertow, Marian R. 2007. “‘Uncovering’ Industrial Symbiosis.” *Journal of Industrial Ecology* 11 (1): 11–30.
- EFFRA. 2012. “Factories of the Future PPP FoF 2020 Roadmap: Consultation Document.” *Advanced Manufacturing*, no. October: 1–89. http://www.effra.eu/attachments/article/335/FoFRoadmap2020_ConsultationDocument_120706_1.pdf.
- European Commission. 2017. “[Http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/factories-of-the-Future_en.html](http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/factories-of-the-Future_en.html).” Accessed January 16. http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/factories-of-the-future_en.html.
- Ganzarain, Jaione, and Nekane Errasti. 2016. “Three Stage Maturity Model in SME’s toward Industry 4.0.” *Journal of Industrial Engineering and Management; Vol 9, No 5 (2016): Building Bridges between Researchers and Practitioners*. doi:10.3926/jiem.2073.
- Henning, Kagermann, Wahlster Wolfgang, and Helbig Johannes. 2013. “Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0.” *Final Report of the Industrie 4.0 WG*, no. April: 82. doi:10.13140/RG.2.1.1205.8966.
- Hermann, Mario, Tobias Pentek, and Boris Otto. 2016. “Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios.” In *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. doi:10.1109/HICSS.2016.488.
- Jazdi, N. 2014. “Cyber Physical Systems in the Context of Industry 4.0.” In *Proceedings*

Novos modelos de negócio, produtos e serviços no contexto da i4.0: Tendências Tecnológicas e Recomendações para ofertas integradas	 INESCTEC	 PRODU TECH
	Data documento	17/07/2017
	Versão	V1.0

of 2014 *IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, AQTR 2014*. doi:10.1109/AQTR.2014.6857843.

Kagermann, Henning. 2015. “Change through Digitization - Value Creation in the Age of Industry 4.0.” In *Management of Permanent Change*, 23–45. doi:10.1007/978-3-658-05014-6_2.

Maslaric, Marinko, Svetlana Nikolicic, and Dejan Mircetic. 2016. “Logistics Response to the Industry 4.0: The Physical Internet.” *Open Engineering* 6 (1): 511–17. doi:10.1515/eng-2016-0073.

Quint, Fabian, Katharina Sebastian, and Dominic Gorecky. 2015. “A Mixed-Reality Learning Environment.” *Procedia Computer Science* 75 (Vare). Elsevier Masson SAS: 43–48. doi:10.1016/j.procs.2015.12.199.

Rudtsch, Vinzent, Jürgen Gausemeier, Judith Gesing, Tobias Mittag, and Stefan Peter. 2014. “Pattern-Based Business Model Development for Cyber-Physical Production Systems.” In *Procedia CIRP*, 25:313–19. doi:10.1016/j.procir.2014.10.044.

Schaltegger, Stefan, and Marcus Wagner. 2011. “Sustainable Entrepreneurship and Sustainability Innovation: Categories and Interactions.” *Business Strategy and the Environment* 20 (4): 222–37.

Schlechtendahl, Jan, Matthias Keinert, Felix Kretschmer, Armin Lechler, and Alexander Verl. 2014. “Making Existing Production Systems Industry 4.0-Ready: Holistic Approach to the Integration of Existing Production Systems in Industry 4.0 Environments.” *Production Engineering* 9 (1): 143–48. doi:10.1007/s11740-014-0586-3.

Shrouf, F., J. Ordieres, and G. Miragliotta. 2014. “Smart Factories in Industry 4.0: A Review of the Concept and of Energy Management Approached in Production Based on the Internet of Things Paradigm.” In *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2015–Janua:697–701. doi:10.1109/IEEM.2014.7058728.

7 ANEXOS

7.1 Anexo 1 – Apresentação/Guião das Visitas Realizadas



Agenda

Visão e Objetivos do Estudo

Objetivos e Dinâmica da Visita

Tecnologias i4.0 e Exemplos

Questões

3

Visão e Objetivos do Estudo

4

Visão do Estudo

Ser capaz de alavancar o desenvolvimento de novos modelos de negócio, sustentados no cruzamento das competências e tecnologias dos associados, com o objetivo de oferecer uma proposta de valor inovadora em novos segmentos de mercado



Objetivo Estratégico 1: Melhorar a inteligência estratégica da fileira sobre as tendências tecnológicas avançadas pela indústria 4.0 e relacionadas com a caracterização e necessidades do mercado neste novo contexto;

Objetivo Estratégico 2: Qualificar as empresas da fileira para a Indústria 4.0 tornando-as mais dinâmicas, inovadoras e capazes de criar novos negócios;

Objetivo Estratégico 3: Criar novas formas de interação e integração entre as empresas da fileira na disponibilização de oferta de produtos/serviços de forma mais eficiente e potencializando as competências e tecnologias principais de cada.

Objetivos do Estudo

Os objetivos do estudo proposto são:

- O1: Levantamento do estado-da-arte e identificação de **tendências no desenvolvimento tecnológico** na i4.0 relevantes para a fileira das tecnologias de produção;
- O2: Levantamento do estado-da-arte e identificação de **tendências em novos modelos de negócio**, no contexto da i4.0, relevantes para a fileira das tecnologias de produção;
- O3: Identificação de **oportunidades potenciadas pelo movimento i4.0 para novos produtos/serviços**, desenvolvidos em **colaboração**, por empresas da fileira das tecnologias de produção.

Objetivos e Dinâmica da Visita

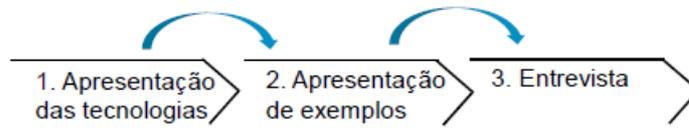
7

Objetivos da Visita

- Apresentar as tecnologias principais que caracterizam a Indústria 4.0 e alguns exemplos de aplicação das mesmas
- Identificar os problemas que as empresas pretendem resolver com a adoção da i4.0
- Identificar as melhorias que as empresas esperam obter com a adoção da i4.0
- Identificar as Forças e as Fraquezas das empresas da Fileira no contexto da i4.0

8

Dinâmica da Visita



Tecnologias i4.0 Exemplos

Tecnologias i4.0



Fonte: The Boston Consulting Group

Sistemas Ciber-Físicos



O que é?

- Sistemas de entidades computacionais colaborativas conectados com o mundo físico circundante e seus processos, disponibilizando e usando em simultâneo, serviços de acesso e de processamento de dados disponíveis na Internet;
- Integração de computação e comunicação entre processos físicos e virtuais, abrangendo todos os níveis de produção, desde o processo físico de manufatura e equipamentos de produção até às redes de produção e logística.

Que Desafios?

- Fazer com que as máquinas e equipamentos físicos produtivos comuniquem entre si, com outros sistemas digitais e com os seus utilizadores de forma eficiente e eficaz.
- Conseguir analisar os dados recolhidos de forma a extrair informação relevante para os operadores e gestores.
- Falta de soluções chave-na-mão de Sistemas Ciber-Físicos. As tecnologias atuais ainda precisam de desenvolvimento adicional para serem usadas em contexto produtivo.

Que Melhorias?

- Apoio à decisão através da sensorização, recolha e visualização de dados relevantes.
- Otimização do desempenho e aumento da eficiência dos processos de toda a cadeia de valor de uma fábrica.

Ciber-segurança: Exemplos de Aplicação



Identificar de forma segura e confiável um produto com base em números de lote ou, na melhor das hipóteses, com um número de série individual e único;
Utilizar a identificação de forma segura e a qualquer momento nos processos logísticos e na comunicação com o cliente.



Impressão de etiqueta adesiva de identificação inteligente que permite que os produtos sejam individualizados de forma fácil e segura, quer no próprio produto, quer na embalagem. Esta técnica de impressão permite que cada rótulo único seja completamente individualizado, com um único número de série, seja como código de matriz de dados, código QR ou código de barras. Os rótulos podem ser combinados com RFID / NFC para permitir a identificação eletrónica.

15

Ciber-segurança: Exemplos de Aplicação



Garantir a segurança do know-how do design e informação de desenvolvimento de produto, no contexto da transição e conectividade de dados entre dispositivos



Pen (CodeMeter) que armazena dados relevantes para segurança dentro de uma memória protegida com um microchip integrado com mecanismos de proteção de IP que impedem a cópia ilegal e engenharia inversa de software, roubo de dados de produção e falsificação de produtos. Tem um contador escondido para controlar o volume de produção, garantindo que apenas os lotes obrigatórios são produzidos.



16

Realidade Aumentada



O que é?

• Consiste na integração de informação virtual com no mundo real, através da combinação de elementos virtuais com o ambiente real da fábrica/máquina/equipamento, da interatividade e processamento em tempo real e da projeção 3D. No contexto de uma fábrica pode ter, por exemplo o objetivo de fornecer em tempo real informações para manutenção e técnicas de reparação de peças e equipamentos. Também pode ser útil para formação ou para conceber e tornar as etapas do projeto menos abstratas, envolvendo melhor todos os interessados.

Que Desafios?

- Garantir a qualidade das tarefas a executar nos equipamentos com o aumento da flexibilidade devido a customização e à rotatividade de produtos a produzir;
- Formação dos colaboradores menos abstrata;
- Disseminação de informação relevante em tempo e contexto real;

Que Melhorias?

- Aumento da eficiência e melhoramento das condições para execução do trabalho;
- Diminuição do erros na execução de tarefas;
- Aumento da eficiência e eficácia a formação de colaboradores.

Realidade Aumentada: Exemplos de Aplicação



Aumentar a eficiência e melhorar as condições para execução do trabalho utilização de ferramentas adicionais como PCs, tablets ou outros dispositivos móveis.



Solução combina um projetor de alto desempenho com um software específico.

Guia o trabalhador com segurança e eficiência no processo de montagem no seu posto de trabalho.



Support for the operator. An interactive application that displays and highlights the location of the part to be assembled.

A 3D model showing the assembly sequence in a virtual environment. The worker can see the 3D model of the part to be assembled and the 3D model of the assembly sequence.

The projection-based AR environment is used to provide assembly guidance in the worker's workplace.

Toda a informação necessária e relevante necessárias é projetada diretamente no local de trabalho do trabalhador (desde uma peça de montagem individual virtualmente colorida para um modelo 3D completo, mostrando as instruções de montagem). A abordagem sugerida é baseada em "pick-by-vision" ou "pick-by-light".

Realidade Aumentada: Exemplos de Aplicação



Industrial Environment

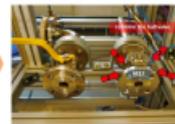


Industrial Worker
with Google Glasses



Tools

Mobile, Interactive and Situation-Aware
Tutoring



Big Data



O que é?

- Conjunto de tecnologias e ferramentas capazes de realizar o tratamento e análise de grandes volumes de dados: gerados continuamente (tornam-se rapidamente desatualizados); complexos (texto, imagens, áudio, etc.); com origem em múltiplas fontes (produção, vendas, terceiros), identificando com detalhe as falhas existentes e aumentando o conhecimento sobre os hábitos e preferências dos consumidores.

Que Desafios?

- Gerir e analisar o aumento exponencial de dados de uma fábrica inteligente de forma eficiente e eficaz;
- Cálculo de métricas como o OEE Overall Equipment Effectiveness de forma mais precisa.

Que Melhorias?

- Tomada de decisão mais informada e em tempo real ao longos dos processos de negócio de toda a cadeia de valor;
- Otimização dos custos operacionais através da redução do desperdício de recursos ;
- Melhoria da gestão de risco da cadeia de fornecimento e aumento da precisão na necessidade de reparação e manutenção de máquinas;
- Identificação de problemas de qualidade e defeitos no produto final e a perceção de carga de trabalho.

Big Data: Exemplos de Aplicação



Aumento da eficiência do processo	➔	Previsão do consumo de energia; Previsão de desgaste da ferramenta; Manutenção preditiva.
Melhorar design de produto	➔	Identificar causas de perdas de vendas; Identificar tendência de características do produto.
Previsão de produção/vendas	➔	Planeamento de produção; Segmentação de mercado.
Gestão de risco da cadeia de fornecimento	➔	Previsão de desempenho; Detecção de peças defeituosas.
Monitorização estrutural do estado das máquinas e equipamentos	➔	Previsão de falhas estruturais

Robots Inteligentes



O que é?	<ul style="list-style-type: none"> • Caso especial de um Sistema Ciber-Físico no qual robots (móveis e/ou fixos) operam numa realidade física no sentido de automatizarem processos físicos ou desenvolverem trabalho humano (autonomamente ou em colaboração); • Principais tópicos: Localização, navegação, cooperação multi-robot, visão artificial 2D/3D, manipulação de objetos e interfaces homem-robot; • Integração vertical, gestão de frotas de robots, sistemas de logística interna.
Que Desafios?	<ul style="list-style-type: none"> • Ter um "3º braço" na fábrica para tarefas de maior força, para evitar doenças de trabalho ocupacional nos humanos; • Libertar tempo para os trabalhadores efetuarem tarefas de maior valor acrescentado; • Robots operarem e colaborarem no mesmo espaço que humanos de forma segura; • Robots com maior precisão e para implementarem tarefa mais minuciosas.
Que Melhorias?	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da capacidade produtiva e tempos de resposta; • Aumento da flexibilidade; • Aumento do desempenho dos processos produtivos.

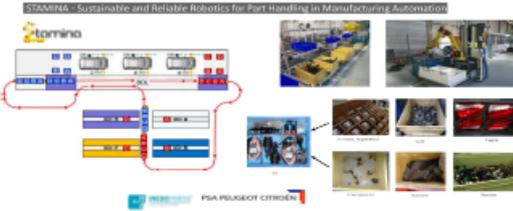
Robots Inteligentes: Exemplos de Aplicação



Aumentar capacidade de produção;
Aumentar flexibilidade (produtos mais customizados e volumes de produção variados);
Resolver problemas de força de trabalho e doenças ocupacionais dos trabalhadores;
Aumentar disponibilidade dos trabalhadores para tarefas com elevado valor acrescentado.



Solução para transporte e montagem de peças com robot autónomo capaz de fazer reconhecimento 3D das peças, com conhecimento das instruções de montagem



Robots Inteligentes: Exemplos de Aplicação



Aumentar Flexibilidade para responder a alterações constantes a produtos com ciclos de vida cada vez mais curtos.



A solução portátil e re-implementável e capaz de se encaixar em espaços de trabalho concebidos para humanos. Precisa de empregar métodos de programação inovadores que sejam bastante intuitivos para que qualquer pessoa o possa fazer sem formação especial. Precisa de ser seguro o suficiente para trabalhar lado a lado com os seres humanos.



Robots Inteligentes: Exemplos de Aplicação



Aumentar flexibilidade e colaboração entre máquina e robot no chão de fábrica de forma segura para o homem.



A solução de colaboração Homem-Robot. Precisa de ser seguro o suficiente para trabalhar lado a lado com os seres humanos.



Fabricação Aditiva



O que é?

Conjunto de tecnologias que permite a impressão de objetos a partir da colocação de plástico ou metal em camadas, evitando o desperdício de processos como o corte. Usada inicialmente para a produção de protótipos, pequenas séries de peças complexas, de peças suplentes e até mesmo ferramentas personalizadas. Com o amadurecimento da tecnologia, velocidade e precisão da impressão 3D, começa a ser utilizada para a produção em larga escala.

Que Desafios?

- Fabricação aditiva de metal utilizada até agora em indústrias de alto nível como a aeroespacial e biomédica, onde os materiais usados são muito caros e com relativamente baixos volumes de produção.
- Existe ainda muita variabilidade na impressão de peças, o que significa duas peças impressas na mesma máquina serão ligeiramente diferentes.
- As propriedades mecânicas das peças fabricadas por fabricação aditiva são diferentes das fabricadas convencionalmente.

Que Melhorias?

- Possibilidade de criar objetos com geometrias muito complexas, o que é muito difícil, se não mesmo impossível, de alcançar com outros métodos de fabrico.
- Otimização de geometrias para redução do peso ou controlo da densidade da peça.
- Redução da necessidade de produzir conjuntos complexos.
- Maior flexibilidade de fabricação e produção customizada.

Fabricação Aditiva: Exemplos de Aplicação



Produção de produtos plásticos customizados cada vez maior. Necessidade de produzir pequenos lotes sem prejudicar a eficiência e a disponibilidade/entrega do produto.



Solução que combina a moldagem por injeção, fabricação aditiva e outras tecnologias i4.0.: *Cube-mould machines (Arburg)*



Source: Arburg

Uma célula de produção totalmente montada em rede e automatizada para o fabrico de tesouras de escritório individualizadas, em série, por exemplo. Uma máquina de moldagem por injeção, uma impressora 3D, para fabricação aditiva estão ligados por meio de um robô de sete eixos. Quando submetem as suas encomendas os clientes criam, através de um tablet ou PC, as suas próprias tesouras rotuladas com letras individualizadas. Os dados são registados em formato digital e a produção começa automaticamente. Um código de matriz de dados (DM) transforma cada produto numa fonte de informação única. No passo seguinte, a impressora 3D aplica o rótulo personalizado de plástico num processo aditivo.

Simulação



O que é?

- Conjunto de tecnologias que permitem a virtualização do design de produtos, dos processos e do layout fabril no sentido de ser possível a sua otimização e aperfeiçoamento de modelos.

Que Desafios?

- Simular linhas de fabrico a fim de definir novos layouts.
- Analisar e validar diferentes planos de produção.

Que Melhorias?

- Desenho de layout de produção para duplicar a capacidade de produção
- Otimizar o uso das máquinas

Simulação: Exemplos de Aplicação

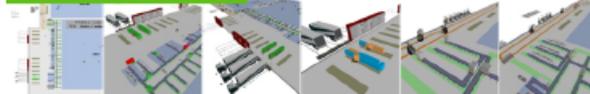


Projetar layouts robustos de fábricas
Validar planos de produção
Compreender e estruturar os processos da
formação de WIP e os requisitos em
termos de espaço físico para os buffers
Estudar o impacto da variabilidade



Solução capaz de:
Determinar dos tamanhos do buffer
Definir o mix de produção
Estimar a produção real e eficiência da
produção (OEE)
Avaliar e propor regras avançadas de
sequenciação nos postos de trabalho
Otimizar calendários de produção

SIMULATION MODEL



The simulation model is used to study the dynamic behaviour of the manufacturing system.

Some of the main characteristics of the production system are related with the multi-level structure of the products and components with specific sequential operation routings and palletization rules.

The proposed methodology links layout planning and process design decisions in order to comprehensively specify the manufacturing system.

FACTORIES DESIGN AND OPERATION
INESC CONTRACT BASED RESEARCH WITH IKEA INDUSTRY

Integração de Sistemas



O que é?

- Integração de dados a todos os níveis de uma empresa entre empresas da cadeia de abastecimento de acordo com padrões de transferência de dados.
- Necessário para uma cadeia de abastecimento totalmente automatizada desde fornecedores até clientes, e desde a gestão até ao chão de fábrica.

Que Desafios?

- Interoperabilidade entre sistemas, equipamentos e dispositivos móveis.
- Diferentes funções e unidades de negócio precisam de ver os dados de forma distinta.

Que Melhorias?

- Normalização de protocolos de troca de informação;
- Melhoria da gestão do conhecimento através do uso da mesma terminologia em toda a cadeia de valor.
- Melhoria nos processos de comunicação;
- Melhoria na eficiência das operações.



Integração de Sistemas: Exemplos de Aplicação

Encomendas com maior variedade, a um custo mais baixo, melhor qualidade e lotes mais pequenos. → **Solução com células de produção que são controladas por PLCs que comunicam entre si e diretamente com o sistema ERP.**

Os postos de montagem, teste e rotulagem verificam cada número de série no sistema ERP, em tempo real, para determinar configurações de parâmetros individuais e quais são os testes necessários para o tipo de módulo fornecido. O posto executa os testes e envia os resultados para o sistema ERP. As células se comunicam ao nível da linha de produção com o software de automação de fábrica. Este regista os dados de produção e avalia-os. Com base nesses dados, os planos de manutenção preditiva são criados para minimizar o tempo de inatividade não planeada e aumentar a produtividade. Uma variedade de painéis com o OEE, qualidade de produção e dados de tempo de ciclo exibem informações atuais e histórico sobre o estado e a eficiência da produção.

Source: B&K Industrie Elektronik

Computação em Nuvem



O que é?

Utilização da nuvem para aceder a máquinas, sistemas e ferramentas sob forma de serviço não necessitando as empresas de adquirir produtos, know-how e/ou infraestruturas dispendiosas. A utilização da cloud está hoje generalizada na gestão de software e de dados. Devido a uma crescente conectividade entre sistemas e equipamentos e ao exponencial aumento de dados que necessitam de ser armazenados, recuperados e partilhados a utilização da nuvem para suprir estas necessidades é hoje uma realidade.

Que Desafios?

- Acesso a sistemas, equipamentos, dados a partir de qualquer ponto do globo e a qualquer hora;
- Capacidade de computação, gestão de software e de dados de largo espectro (bilhões de dados) sem necessidade de investimento em infraestruturas dentro de portas;
- Orquestração: coordenação e gestão dos sistemas de computação, *middleware* e serviços na nuvem e camada *fog*

Que Melhorias?

- Aumento da capacidade de extração, armazenamento e processamento de dados;
- Aumento da acessibilidade a dados, sistemas e equipamentos;
- Maior controlo sobre a distribuição e coordenação das componentes de software e automação.

Computação em Nuvem: Exemplos de Aplicação



Extrair informação relevante dos bilhões de bytes de dados produzidos pelos processos e equipamentos de produção na fábrica inteligente. ativos críticos.



Solução através do processamento e análise de dados (com tecnologia Big Data) na cloud.

A GE desenvolveu uma solução na nuvem **segura** (*Brilliant Manufacturing Suite*). Usa técnicas de análise de dados para extrair informação que pode ser usada para gerir de forma proativa máquinas e fábricas inteligentes.

Questões

Questões – Perspetiva de fornecedor da i4.0

Como fornecedores...

Que problemas espero resolver aos meus clientes com a adoção da i4.0 nos meus produtos/serviços?

Que melhorias espero entregar aos meus clientes com a adoção da i4.0 nos meus produtos/serviços?

Que tecnologias/competências já tenho na minha empresa relacionadas com a i4.0?

Quais as tecnologias que penso que tenho capacidade de adotar para introduzir em produtos/serviços existentes ou criar novos?

Questões – Perspetiva de utilizador da i4.0

Como clientes...

Que problemas espero resolver na minha empresa, com a adoção da i4.0?

Quais são as tecnologias que já estou a implementar nos meus processos?

Que tecnologias/competências penso que preciso de ter para melhorar os meus produtos/serviços?

Que melhorias espero obter na minha empresa com a adoção da i4.0?

37

Questões - Forças

Que tecnologias/competências de outros parceiros acho interessantes para adotar em produtos/serviços que possa oferecer em de forma integrada?

Neste contexto, quais são as principais Forças, ou seja as minhas principais vantagens em relação aos meus concorrentes?

- Em que atividades somos melhores?
- Quais são os meus melhores recursos?
- Qual é a minha maior vantagem competitiva?
- Qual é o minha capacidade de captar clientes?

38

Questões - Fraquezas

Neste contexto, quais são as principais Fraquezas, ou seja, o que prejudica a minha empresa na evolução do negócio: aptidões que interferem ou prejudicam de algum modo o andamento do negócio?

- Tenho mão-de-obra capacitada para lidar com novos desafios?
- Tenho lacunas na formação dos meus colaboradores?
- Porque é que tenho concorrência?
- Porque é que a minha capacidade de captar clientes não funciona?