



VIII Congresso de Sistemas Lean “Em busca da excelência do fluxo de valor”

Como o lean pode se beneficiar da Indústria 4.0?

Fernando Deschamps



29 e 30 de junho – Florianópolis - Mercure Convention Hotel





Quem é Fernando Deschamps?

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS) – PUCPR –
fernando.deschamps@pucpr.br

Departamento de Engenharia Mecânica (DEMEC) – UFPR – fernando.deschamps@ufpr.br

Sócio da Kaizendo Soluções para Melhoria – fernando@kaizendo.com.br

Presidente da Seção Brasil da American Society for Engineering Management – ASEM –
presidente@asembrasil.org

Engenheiro de Controle e Automação (UFSC), Administrador de Empresas (UDESC), Mestre em
Engenharia Elétrica (UFSC), Doutor em Engenharia de Produção e Sistemas (PUCPR)

Também membro da ISA, INCOSE, PMI, SEMS e IISE

Principais áreas de atuação: engenharia organizacional, gestão em engenharia, gestão de projetos,
gestão de processos, sistemas de medição de desempenho, integração de sistemas



Perguntas a responder...

O que se entende por
Indústria 4.0?

Com qual objetivo as
empresas estão
aplicando tecnologias
da Indústria 4.0?

Como as tecnologias
tem sido aplicadas?

Como essas
aplicações tem sido
desenvolvidas?



Como o lean pode se
beneficiar da
Indústria 4.0?



Perguntas a responder...

O que se entende por
Indústria 4.0?

Com qual objetivo as
empresas estão
aplicando tecnologias
da Indústria 4.0?

Como as tecnologias
tem sido aplicadas?

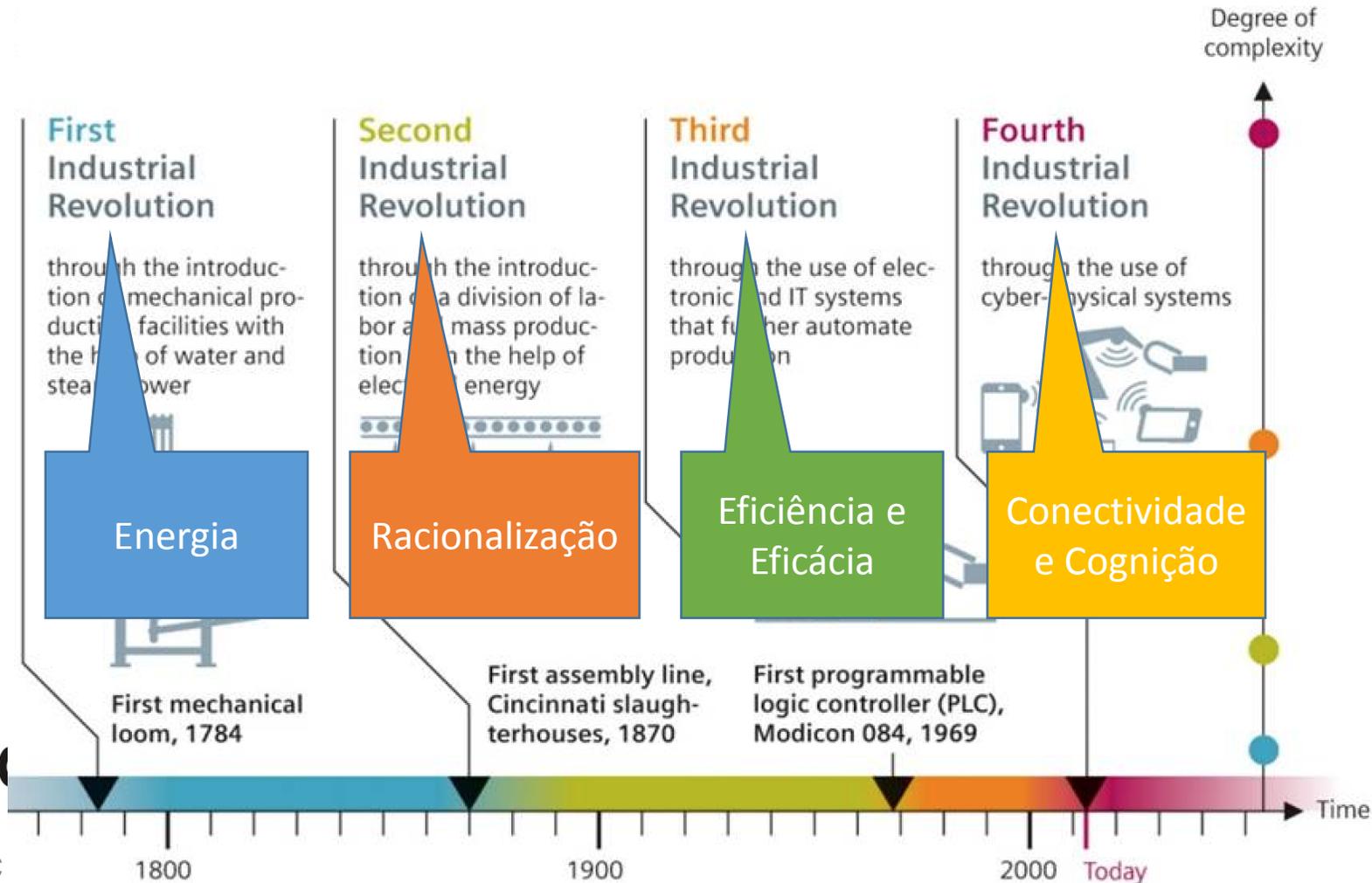
Como essas
aplicações tem sido
desenvolvidas?



Como o lean pode se
beneficiar da
Indústria 4.0?



Revoluções (reformas!) industriais





O que é a Indústria 4.0 (ou quarta "revolução" industrial)?

É o processo de transformação dos sistemas de produção em **sistemas ciber-físicos.**



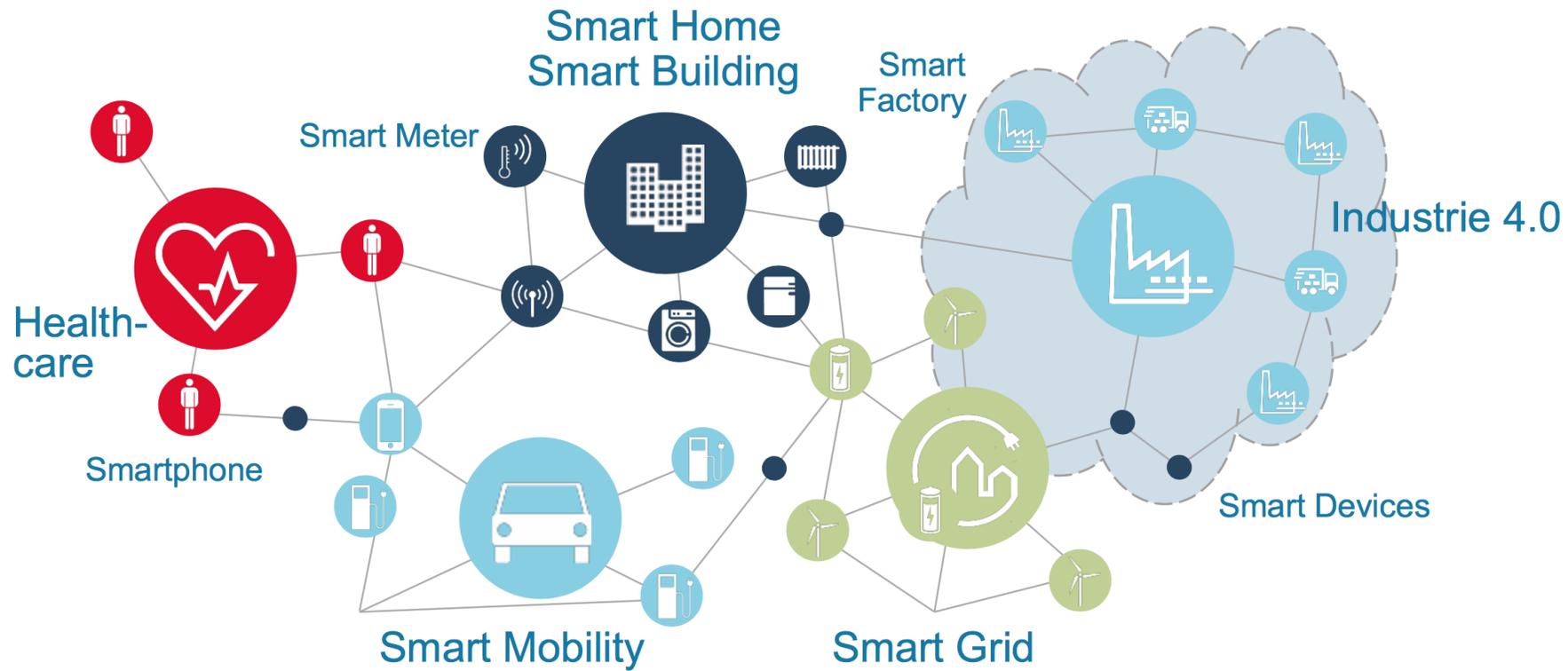
Sistemas ciber-físicos?

Um sistema ciber-físico (CPS ou *cyber-physical system*) é um Sistema físico que faz uso (para controle, monitoramento ou outra função) de **algoritmos computacionais** estreitamente **integrados** com a **Internet** e seus **usuários**.

Em um sistema ciber-físico, **componentes físicos** e **computacionais** estão profundamente **entrelaçados**, cada um operando em **escalas espaciais e temporais diferentes**, exibindo múltiplas e distintas modalidades de comportamento e **interagindo** um com o outro em uma **míriade de formas** que mudam de acordo com o **contexto**.



O mundo hoje é ciber-físico!





Sistemas ciber-físicos na Indústria 4.0





Algumas tecnologias (McKinsey)

Referência:

Wee, D., Kelly, R., Cattel, J., & Breunig, M. (2015). Industry 4.0—How to Navigate Digitization of the Manufacturing sector. *McKinsey & Company*.



Data, computational power, and connectivity

Big data/open data

Significantly reduced costs of computation, storage, and sensors

Internet of Things/M2M

Reduced cost of small-scale hardware and connectivity (e.g., through LPWA networks)

Cloud technology

Centralization of data and virtualization of storage



Analytics and intelligence

Digitization and automation of knowledge work

Breakthrough advances in artificial intelligence and machine learning

Advanced analytics

Improved algorithms and largely improved availability of data



Human-machine interaction

Touch interfaces and next-level GUIs

Quick proliferation via consumer devices

Virtual and augmented reality

Breakthrough of optical head-mounted displays (e.g., Google Glass)



Digital-to-physical conversion

Additive manufacturing (i.e., 3D printing)

Expanding range of materials, rapidly declining prices for printers, increased precision/quality

Advanced robotics (e.g., human-robot collaboration)

Advances in artificial intelligence, machine vision, M2M communication, and cheaper actuators

Energy storage and harvesting

Increasingly cost-effective options for storing energy and innovative ways of harvesting energy



Perguntas a responder...

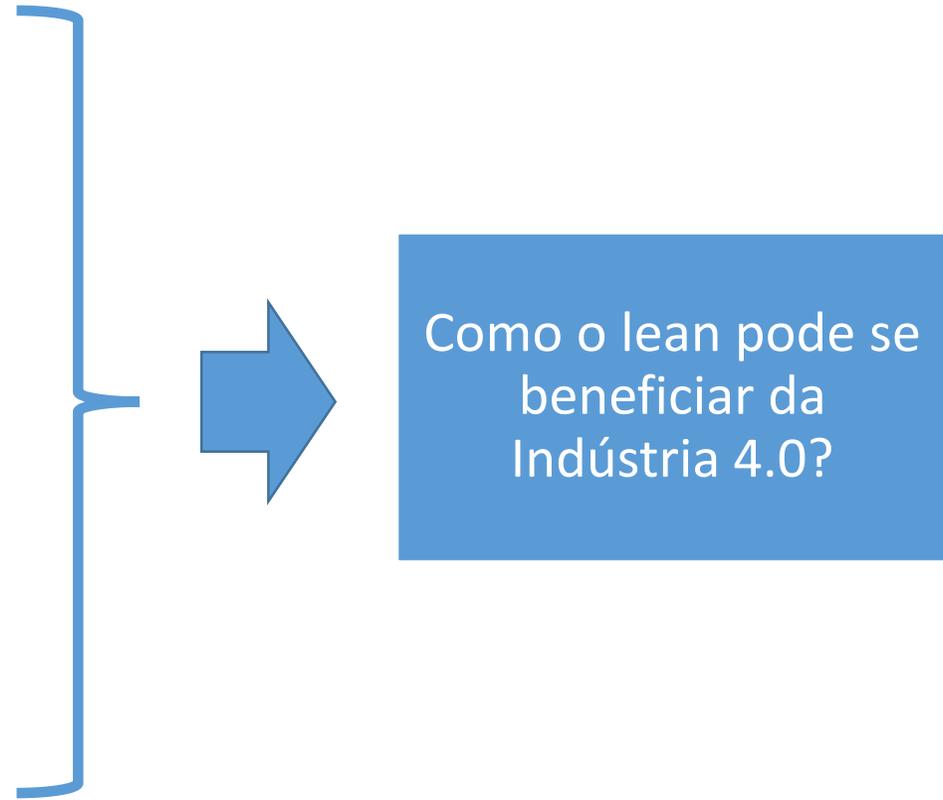
O que se entende por Indústria 4.0?



Com qual objetivo as empresas estão aplicando tecnologias da Indústria 4.0?

Como as tecnologias tem sido aplicadas?

Como essas aplicações tem sido desenvolvidas?





Com qual objetivo as empresas estão aplicando tecnologias da Indústria 4.0?

Tese principal atualmente: **melhorias em eficiência** (redução de custos, melhor aproveitamento de recursos) e **eficácia** (qualidade) que **impactam o modelo de negócios** da organização



Resultados de um survey...

- Survey realizado com empresas do setor metal-mecânico/automotivo de Curitiba e região metropolitana
 - Universo: 838 empresas (cadastro FIEP)
 - Amostra: 68 respondentes (confiabilidade de 90%, erro amostral de 10%)

Quais tecnologias (O QUÊ) são aplicadas em quais áreas de decisão em gestão de operações (NO QUÊ) e com quais objetivos de desempenho (PRA QUÊ)?



Smart Sensors

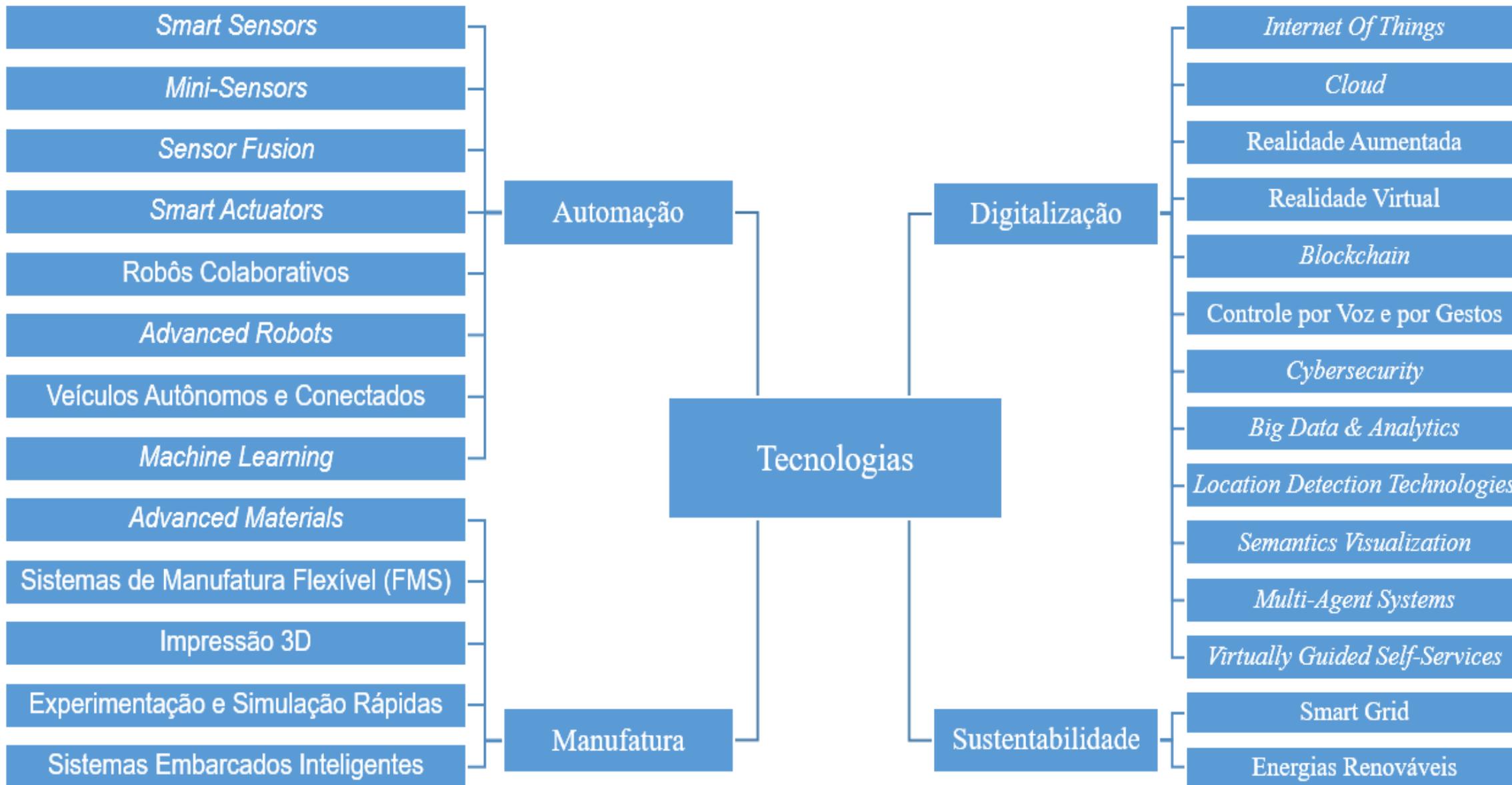
São sensores com algum tipo de inteligência embutida, capazes de desempenhar funções mais avançadas do que sensores comuns, que apenas realizam a medição de uma determinada grandeza física. Exemplos de funções mais avançadas incluem: condicionamento de sinal incorporado, auto-calibração, auto-identificação, auto-diagnóstico e conectividade em rede.

	Confiabilidade	Custo	Flexibilidade	Qualidade	Velocidade	Não uso	Não sei
Capacidade	<input type="checkbox"/>						
Gestão	<input type="checkbox"/>						
Processos de Produção	<input type="checkbox"/>						
Supply Chain	<input type="checkbox"/>						



Compilado de tecnologias

Relatório	Empresa	Número de Tecnologias	Referência
Industry 4.0 - The Capgemini Consulting View	Capgemini Consulting	7	(BECHTOLD et al., 2014)
Industry 4.0: Building the digital enterprise	Price Waterhouse Coopers	11	(REINHARD; JESPER; STEFAN, 2016)
Industry 4.0 The new industrial revolution How Europe will succeed	Roland Berger Strategy Consultants	13	(DUJIN; GEISSLER; HORSTKÖTTER, 2014)
Industry 4.0 - how to navigate digitization of the manufacturing sector	McKinsey & Company	26	(WEE et al., 2015)
Erschließen der Potenziale der Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand	Agiplan, Fraunhofer IML e ZENIT	32	(BISCHOFF et al., 2015)





Ranking das tecnologias (por Área de Decisão)

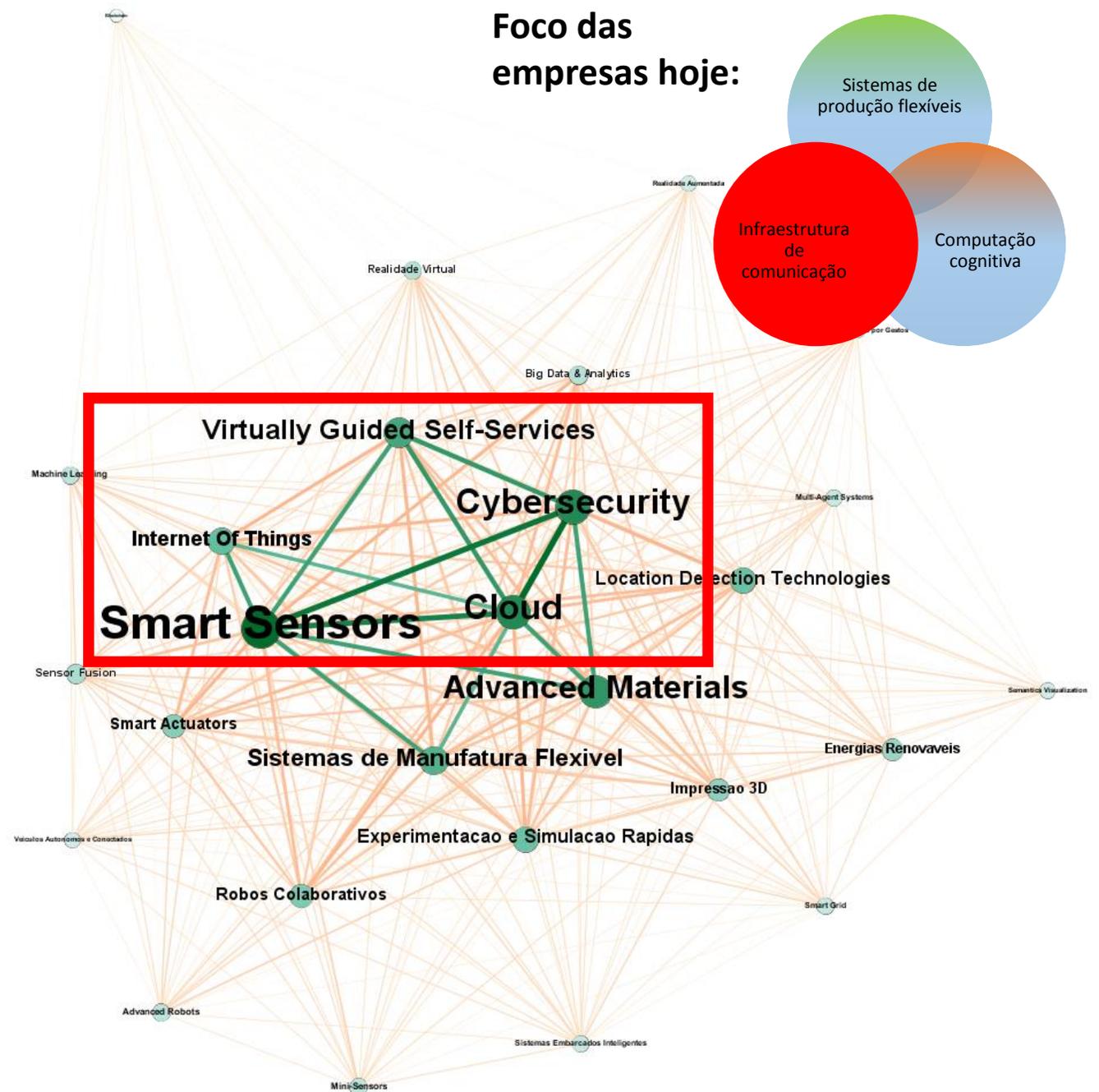
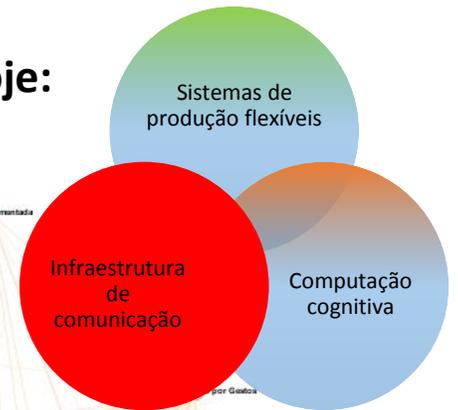
Capacidade			Gestão			Processos de Produção			Supply Chain		
Pos.	Tecnologia	Qtde	Pos.	Tecnologia	Qtde	Pos.	Tecnologia	Qtde	Pos.	Tecnologia	Qtde
1º	Smart Sensors	20	1º	Cybersecurity	26	1º	Smart Sensors	28	1º	Virtually Guided Self-Services	19
2º	Virtually Guided Self-Services	18	2º	Cloud	25	2º	Advanced Materials	24	2º	Cloud	18
3º	Cloud	16	3º	Virtually Guided Self-Services	20	3º	Virtually Guided Self-Services	20	3º	Cybersecurity	16
4º	Advanced Materials	14	4º	Smart Sensors	17	4º	Sistemas de Manufatura Flexível	19	4º	Internet Of Things	13
5º	Sistemas de Manufatura Flexível	14	5º	Internet Of Things	17	5º	Cybersecurity	17	5º	Location Detection Technologies	11
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
25º	Semantics Visualization	2	25º	Controle por Voz e por Gestos	4	25º	Realidade Aumentada	4	25º	Blockchain	2
26º	Smart Grid	2	26º	Mini-Sensors	3	26º	Semantics Visualization	3	26º	Realidade Virtual	1
27º	Blockchain	1	27º	Blockchain	2	27º	Blockchain	1	27º	Smart Grid	1



Correlações

Tecnologia 1	Tecnologia 2	Correlações
Cloud	Cybersecurity	19
Smart Sensors	Cybersecurity	18
Smart Sensors	Cloud	17
Cloud	Virtually Guided Self-Services	15
Cybersecurity	Virtually Guided Self-Services	15
Smart Sensors	Internet Of Things	14
Smart Sensors	Virtually Guided Self-Services	14
Smart Sensors	Advanced Materials	14
Smart Sensors	Sistemas de Manufatura Flexível	14
Cloud	Advanced Materials	14
Cybersecurity	Advanced Materials	14
Internet Of Things	Cloud	12
Cybersecurity	Sistemas de Manufatura Flexível	12

Foco das empresas hoje:





Ranking dos critérios (por Área de Decisão)

Capacidade			Gestão			Processos de Produção			Supply Chain		
Pos.	Critério	Qtde	Pos.	Critério	Qtde	Pos.	Critério	Qtde	Pos.	Critério	Qtde
1º	Confiabilidade	101 (28%)	1º	Confiabilidade	129 (31%)	1º	Confiabilidade	133 (27%)	1º	Confiabilidade	87 (31%)
2º	Qualidade	82 (22%)	2º	Custo	93 (22%)	2º	Qualidade	127 (26%)	2º	Qualidade	53 (19%)
3º	Custo	62 (17%)	3º	Qualidade	83 (20%)	3º	Custo	85 (17%)	3º	Custo	50 (18%)
4º	Velocidade	61 (17%)	4º	Flexibilidade	57 (14%)	4º	Velocidade	81 (16%)	4º	Velocidade	47 (16%)
5º	Flexibilidade	59 (16%)	5º	Velocidade	54 (13%)	5º	Flexibilidade	70 (14%)	5º	Flexibilidade	45 (16%)



Conclusão: em todas as áreas de decisão, tecnologias associadas à infraestrutura de comunicação (integração, conectividade) estão sendo aplicadas para melhorar a confiabilidade...

Confiabilidade neste estudo:

Operações sem interrupções

Menos eventualidades que afetem a operação

Entrega/chegada de produtos e serviços no prazo, sem variabilidade

> Confiabilidade



< Desperdício
> Disponibilidade
> Valor agregado



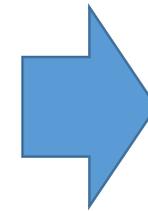
Perguntas a responder...

O que se entende por
Indústria 4.0? ✓

Com qual objetivo as
empresas estão
aplicando tecnologias
da Indústria 4.0? ✓

Como as tecnologias
tem sido aplicadas?

Como essas
aplicações tem sido
desenvolvidas?



Como o lean pode se
beneficiar da
Indústria 4.0?



Ranking dos critérios (por Área de Decisão)

Capacidade			Gestão			Processos de Produção			Supply Chain		
Pos.	Critério	Qtde	Pos.	Critério	Qtde	Pos.	Critério	Qtde	Pos.	Critério	Qtde
1º	Confiabilidade	101 (28%)	1º	Confiabilidade	129 (31%)	1º	Confiabilidade	133 (27%)	1º	Confiabilidade	87 (31%)
2º	Qualidade	82 (22%)	2º	Custo	93 (22%)	2º	Qualidade	127 (26%)	2º	Qualidade	53 (19%)
3º	Custo	62 (17%)	3º	Qualidade	83 (20%)	3º	Custo	85 (17%)	3º	Custo	50 (18%)
4º	Velocidade	61 (17%)	4º	Flexibilidade	57 (14%)	4º	Velocidade	81 (16%)	4º	Velocidade	47 (16%)
5º	Flexibilidade	59 (16%)	5º	Velocidade	54 (13%)	5º	Flexibilidade	70 (14%)	5º	Flexibilidade	45 (16%)

Sistemas de produção mais estáveis



Manufatura digital

Projeto de cooperação entre a PUCPR e Renault com recursos da Fundação Araucária

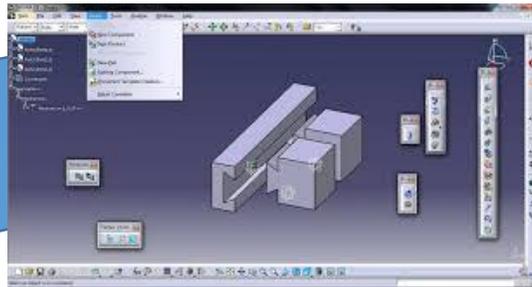
Desenvolvimento de modelos de produtos e processos que possam ser simulados, usados em projetos de novas instalações ou melhorias de instalações existentes, detectando-se problemas de volume, fluxos, sequências, ergonomia, dimensões, dentre outros (Shinohara *et al.*, 2017)



Ergonomia



Produto



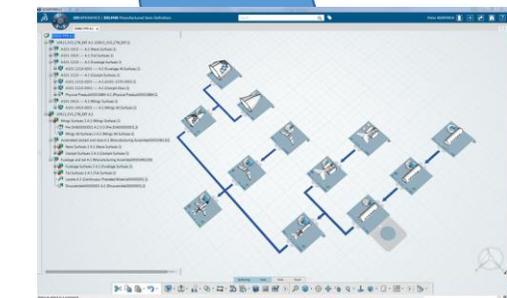
Simulação integrada



Dados históricos



Apoio em novos projetos ou
projetos de melhoria



Fluxo



Processo



Manufatura digital

- **Vantagens:**

- Implementação mais rápida e mais confiável

- **Barreiras:**

- Justificativa do custo/benefício
- Infraestrutura tecnológica necessária
- Curva de aprendizado
- Disponibilidade de dados para simulação
- Transformação de projeto em prática (competência)



Ranking dos critérios (por Área de Decisão)

Capacidade			Gestão			Processos de Produção			Supply Chain		
Pos.	Critério	Qtde	Pos.	Critério	Qtde	Pos.	Critério	Qtde	Pos.	Critério	Qtde
1º	Confiabilidade	101 (28%)	1º	Confiabilidade	129 (31%)	1º	Confiabilidade	87 (31%)	1º	Confiabilidade	87 (31%)
2º	Qualidade	82 (22%)	2º	Custo	93 (22%)	2º	Qualidade	53 (19%)	2º	Qualidade	53 (19%)
3º	Custo	62 (17%)	3º	Qualidade	83 (20%)	3º	Custo	85 (17%)	3º	Custo	50 (18%)
4º	Velocidade	61 (17%)	4º	Flexibilidade	57 (14%)	4º	Velocidade	81 (16%)	4º	Velocidade	47 (16%)
5º	Flexibilidade	59 (16%)	5º	Velocidade	54 (13%)	5º	Flexibilidade	70 (14%)	5º	Flexibilidade	45 (16%)

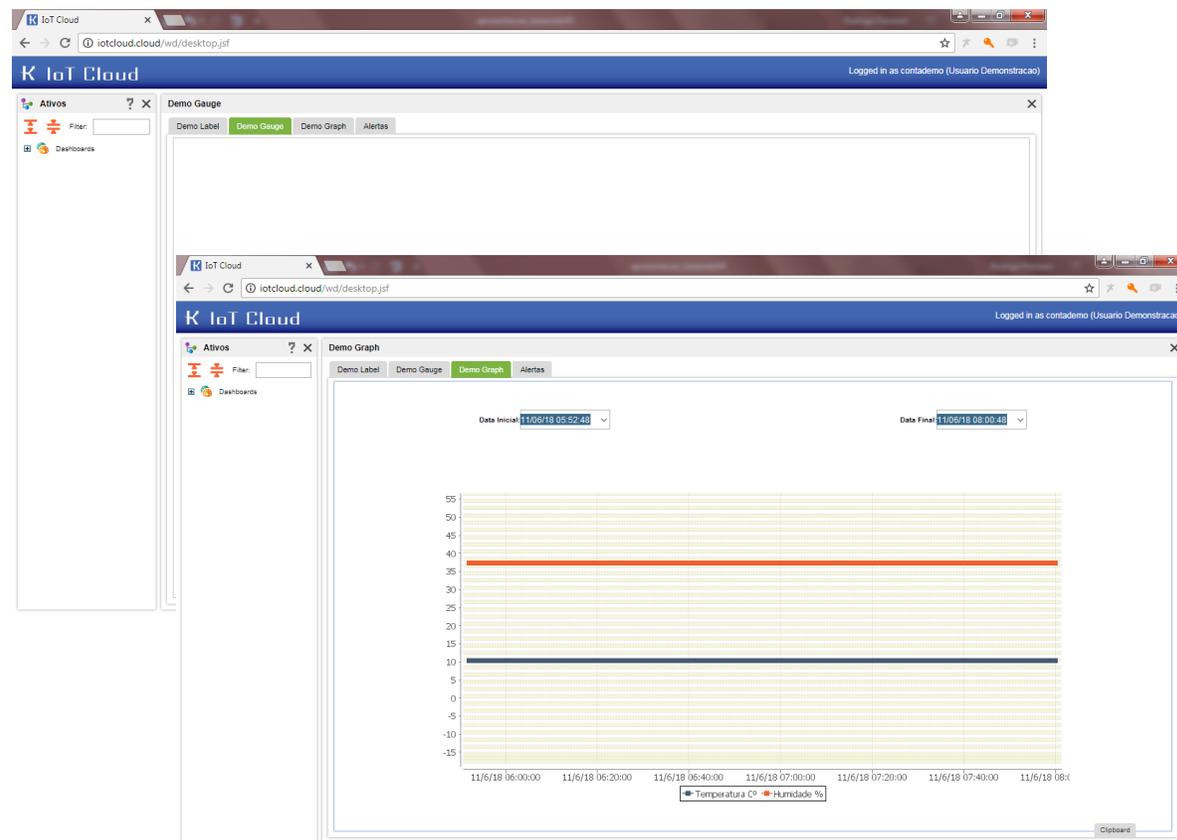
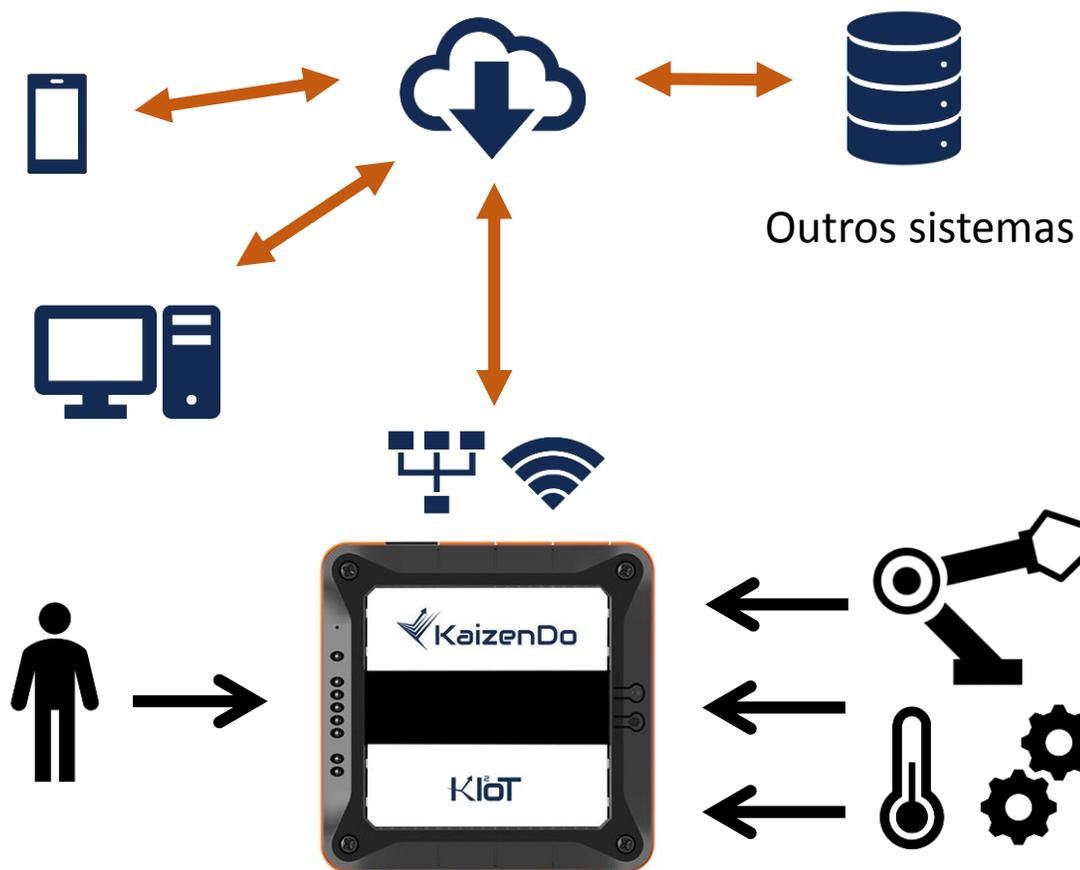
Tomada de decisão baseada em melhores informações



Performance analytics

Caso de aplicação da Kaizendo em empresa do setor automotivo

Dados de produção de processos e de outras bases de dados, de diferentes setores da fábrica, podem ser combinados, correlacionados e analisados para melhorar a cadeia de evidências de causas/efeitos de problemas (Brock, 2017)



Correlações: qualidade, fornecedores, produção, distribuição, desempenho, paradas...



IoT Cloud
iotcloud.cloud/wd/desktop.jsf

Logged in as **demoModel** (Usuario Demonstracao)

Controle de Acesso
Please, enter your username and password:
User:
Password:
Login Cancel

Lista de Variáveis

Humidade	55.54
Temperatura	27.13

Histórico + Gráficos
Data Inicial: 11/06/18 05:52:48 Data Final: 11/06/18 08:00:48
Gráfico de Temperatura e Humidade.

Gauges
Temperatura °C: 20.11

Alarmes

Type	Time	Level	Source	Key	Message	Trigger	Cause
Active	10.06.2018 21:19:06	3	demoModel	<Not Set>	temperatura Alta		State of 'temperatura' in 'demoModel'

Possibilidade de Customização de Funcionalidades e Telas por Usuário

Controle de Acesso

Lista de Variáveis

Histórico + Gráficos

Gauges

Alarmes



Performance analytics

- **Vantagens:**

- Informações são coletadas e disponibilizadas online
- Análise baseada em dados
- Possibilidade de realizar correlações não triviais

- **Barreiras:**

- Infraestrutura de comunicação na fábrica
- Conectividade das máquinas e equipamentos
- Interoperabilidade entre sistemas novos e já existentes
- Transformação de projeto em prática (competência)



Ranking dos critérios (por Área de Decisão)

Capacidade			Gestão			Processos de Produção			Supply Chain		
Pos.	Critério	Qtde	Pos.	Critério	Qtde	Pos.	Critério	Qtde	Pos.	Critério	Qtde
1º	Confiabilidade	101 (28%)	1º	Confiabilidade	129 (31%)	1º	Confiabilidade	133 (27%)	1º	Confiabilidade	87 (31%)
2º	Qualidade	82 (22%)	2º	Custo	93 (22%)	2º	Qualidade	127 (26%)	2º	Qualidade	53 (19%)
3º	Custo	62 (17%)	3º	Flexibilidade	83 (20%)	3º	Custo	85 (17%)	3º	Custo	50 (18%)
4º	Velocidade	61 (17%)	4º	Velocidade	57 (14%)	4º	Velocidade	81 (16%)	4º	Velocidade	47 (16%)
5º	Flexibilidade	59 (16%)	5º	Flexibilidade	54 (13%)	5º	Flexibilidade	70 (14%)	5º	Flexibilidade	45 (16%)

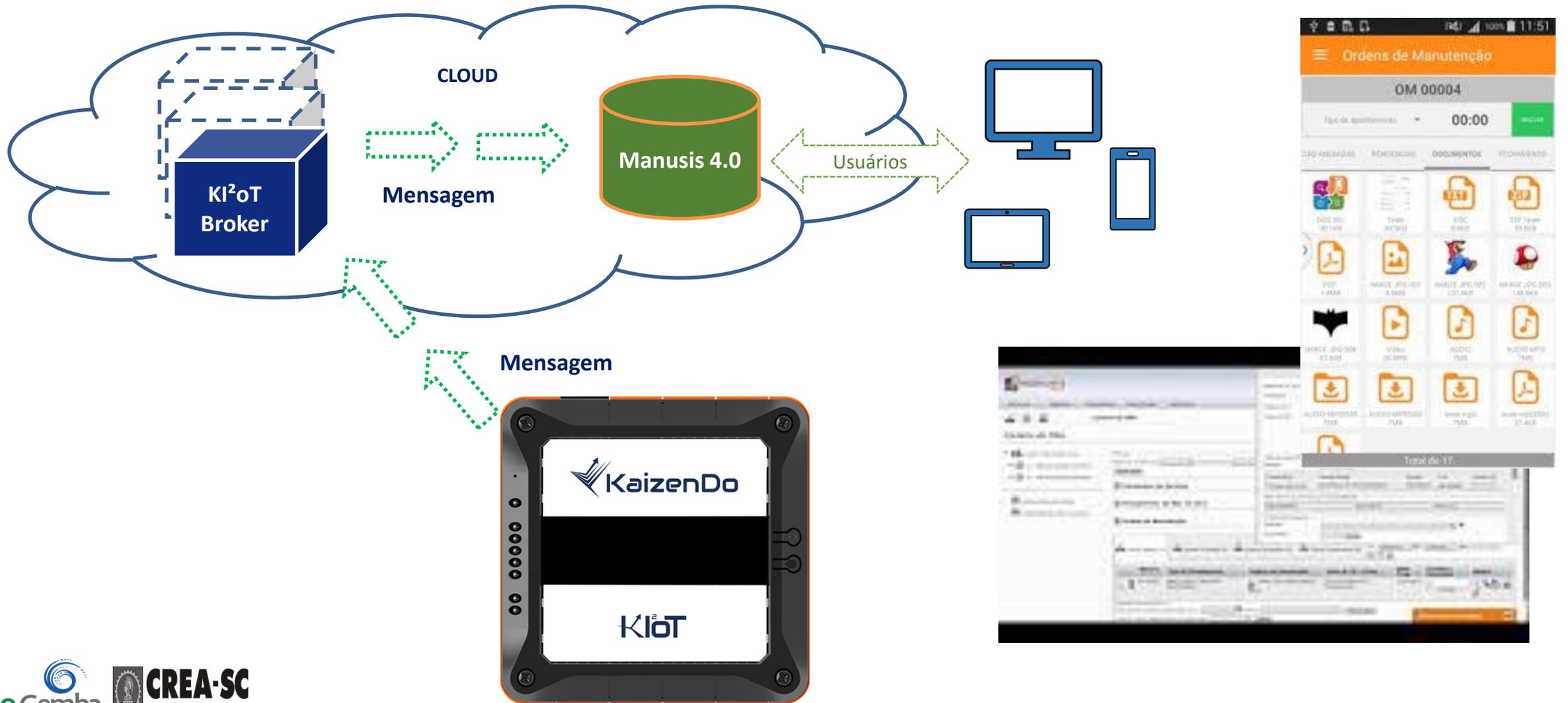
Processo operando com maior disponibilidade



Manutenção em nuvem

Parceria entre Kaizendo e Wert

Dispositivos de coleta de dados de sensores via IoT consolidam informações em nuvem que servem para a empresa ou terceiros acompanharem o estado da máquina/equipamento e atuar sempre que necessário, de forma mais efetiva (Mourtzis *et al.*, 2016)





Manutenção em nuvem

- **Vantagens:**

- Especialização da manutenção
- Antecipação de defeitos
- Aumento da disponibilidade dos equipamentos

- **Barreiras:**

- Coleta e processamento de dados
- Heterogeneidade de equipamentos
- Infraestrutura de comunicação



Ranking dos critérios (por Área de Decisão)

Capacidade			Gestão			Processos de Produção			Supply Chain		
Pos.	Critério	Qtde	Pos.	Critério	Qtde	Pos.	Critério	Qtde	Pos.	Critério	Qtde
1º	Confiabilidade	101 (28%)	1º	Confiabilidade	129 (31%)	1º	Confiabilidade	83 (27%)	1º	Confiabilidade	87 (31%)
2º	Qualidade	82 (22%)	2º	Custo	93 (22%)	2º	Garantia de entrega no prazo	127 (26%)	2º	Qualidade	53 (19%)
3º	Custo	62 (17%)	3º	Qualidade	83 (20%)	3º	Garantia de entrega no prazo	85 (17%)	3º	Custo	50 (18%)
4º	Velocidade	61 (17%)	4º	Flexibilidade	57 (14%)	4º	Velocidade	81 (16%)	4º	Velocidade	47 (16%)
5º	Flexibilidade	59 (16%)	5º	Velocidade	54 (13%)	5º	Flexibilidade	70 (14%)	5º	Flexibilidade	45 (16%)



Almoxarifado digital para peças MRO

Projeto de cooperação entre a PUCPR e Renault com recursos da Fundação Araucária

Em vez de comprar peças consumíveis em processo em grande volume de fornecedores, um contrato de fornecimento do projeto CAD das peças é celebrado e as mesmas são produzidas por manufatura aditiva na própria fábrica apenas quando necessário (Disner *et al.*, 2016)





Almoxarifado digital para peças MRO

- **Vantagens:**

- Peças são produzidas conforme necessidade
- Menor custo e maior ganho para todos

- **Barreiras:**

- Seleção das peças possíveis de serem produzidas
- Seleção da tecnologia de manufatura aditiva
- Parceria com os fornecedores



Outras aplicações...

- *Robótica colaborativa*: aplicação de robôs que colaboram com operadores em postos de trabalho, principalmente de montagem, agilizando montagens complexas em que é necessário grande flexibilidade e precisão (Masinga *et al.*, 2015).
- *Sistemas de visão inteligentes*: uso de imagens obtidas diretamente do processo produtivo para a avaliação de atributos de qualidade dos produtos (dimensões, forma, cor e aspecto, dentre outros) e sua realimentação imediata na linha de produção para a correção de problemas por meio de *dashboards* (Advani *et al.*, 2015).



Outras aplicações...

- *Mineração de dados/processos de defeitos*: defeitos de produtos detectados pelas concessionárias são usados para avaliar problemas em processos e determinar se prazos de garantia estão de acordo com a capacidade dos processos produtivos (Valerio *et al.*, 2017).
- *Chatbots*: algoritmos inteligentes podem ser conectados às diferentes bases de dados de informações de produção para, automaticamente, buscar respostas para perguntas simples que dependem de correlação e análise de dados e que, manualmente, levariam muito tempo para serem respondidas (Rahman *et al.*, 2017).
- *Big Data para manutenção*: por meio de dispositivos de coleta de dados via IoT é possível coletar um grande volume de dados *online* de sensores fisicamente instalados em equipamentos e tratar esses dados com algoritmos inteligentes de forma a melhorar o esforço de manutenção preditiva, evitando-se perdas por paradas (Cordeiro *et al.*, 2017).



Três frentes da aplicação de tecnologias





Sugestão: repositório de casos de aplicação

<http://www.plattform-i40.de>

KONTAKT AKTUELLES GLOSSAR FAQ GEBÄRDENSPRACHE LEICHTE SPRACHE EN

PLATTFORM INDUSTRIE 4.0

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Bundesministerium für Bildung und Forschung

Industrie 4.0 In der Praxis Plattform Suchbegriff eingeben

Landkarte der deutschen Industrie 4.0-Anwendungsbeispiele jetzt auch auf English
Mit der englischen Übersetzung der Landkarte werden Use Cases präsentiert, die international beispielgebend sind.



Perguntas a responder...

O que se entende por
Indústria 4.0? ✓

Com qual objetivo as
empresas estão
aplicando tecnologias
da Indústria 4.0? ✓

Como as tecnologias
tem sido aplicadas? ✓

Como essas
aplicações tem sido
desenvolvidas?

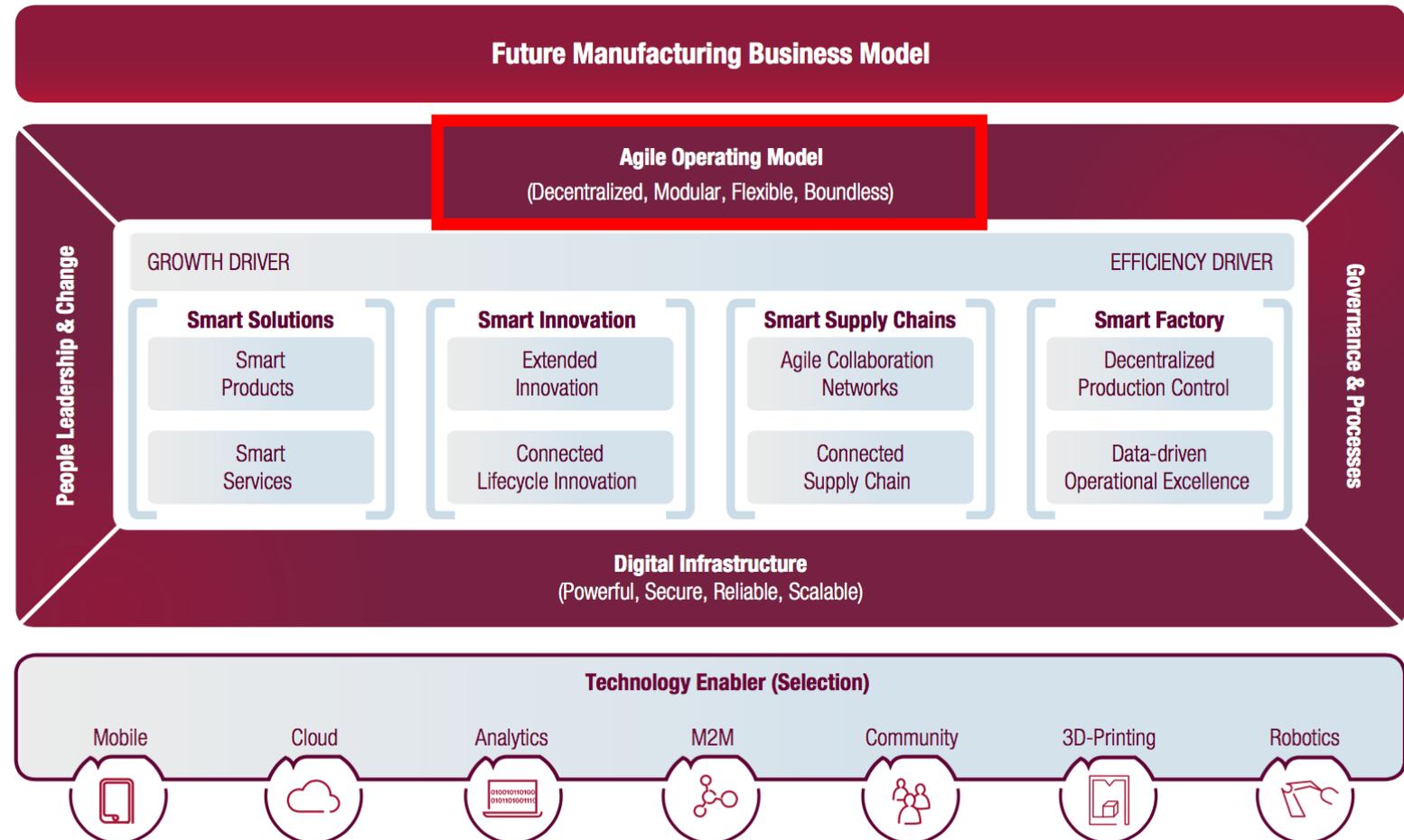
Como o lean pode se
beneficiar da
Indústria 4.0?



Como desenvolver essas aplicações?

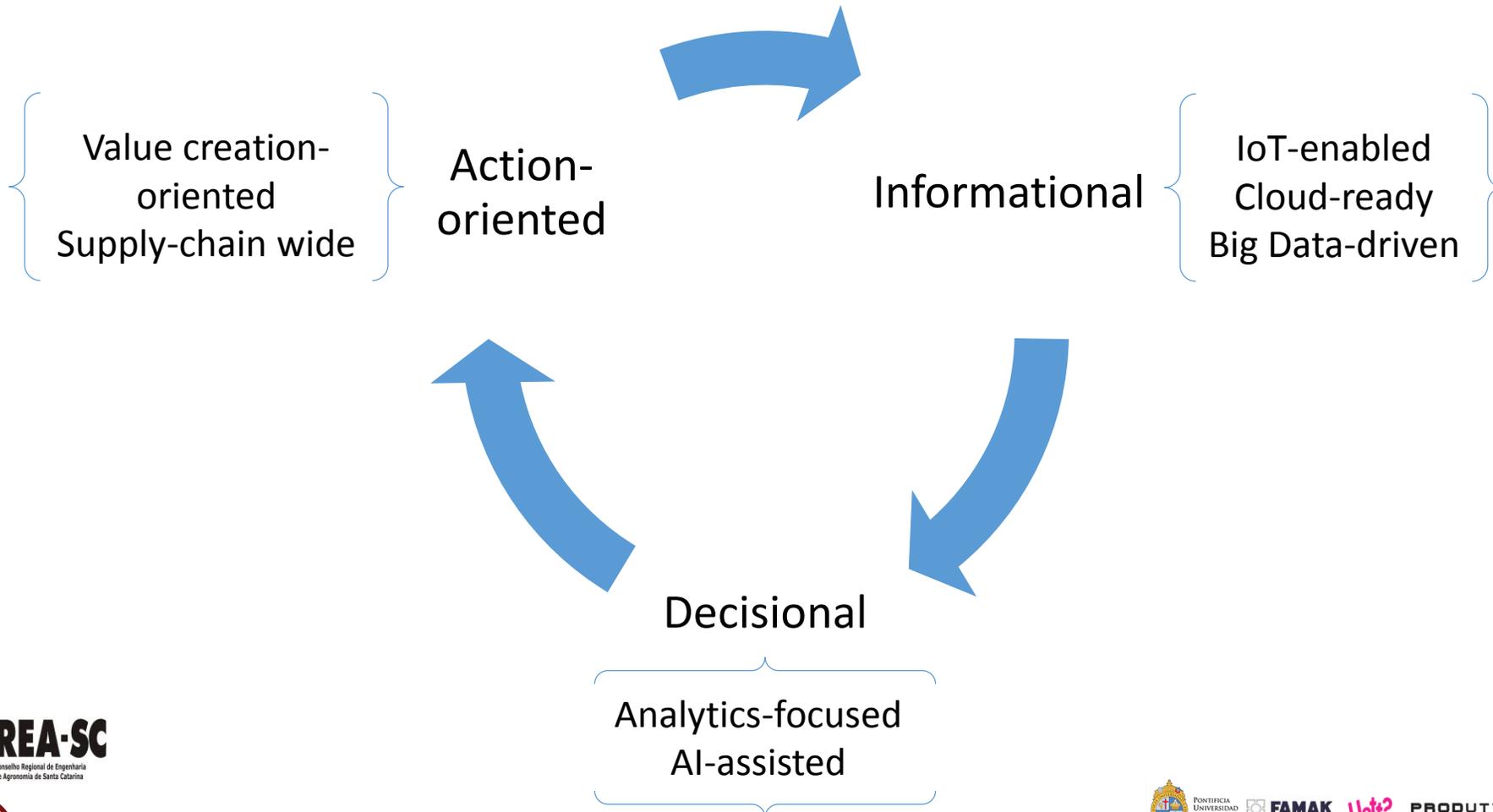
Referência:

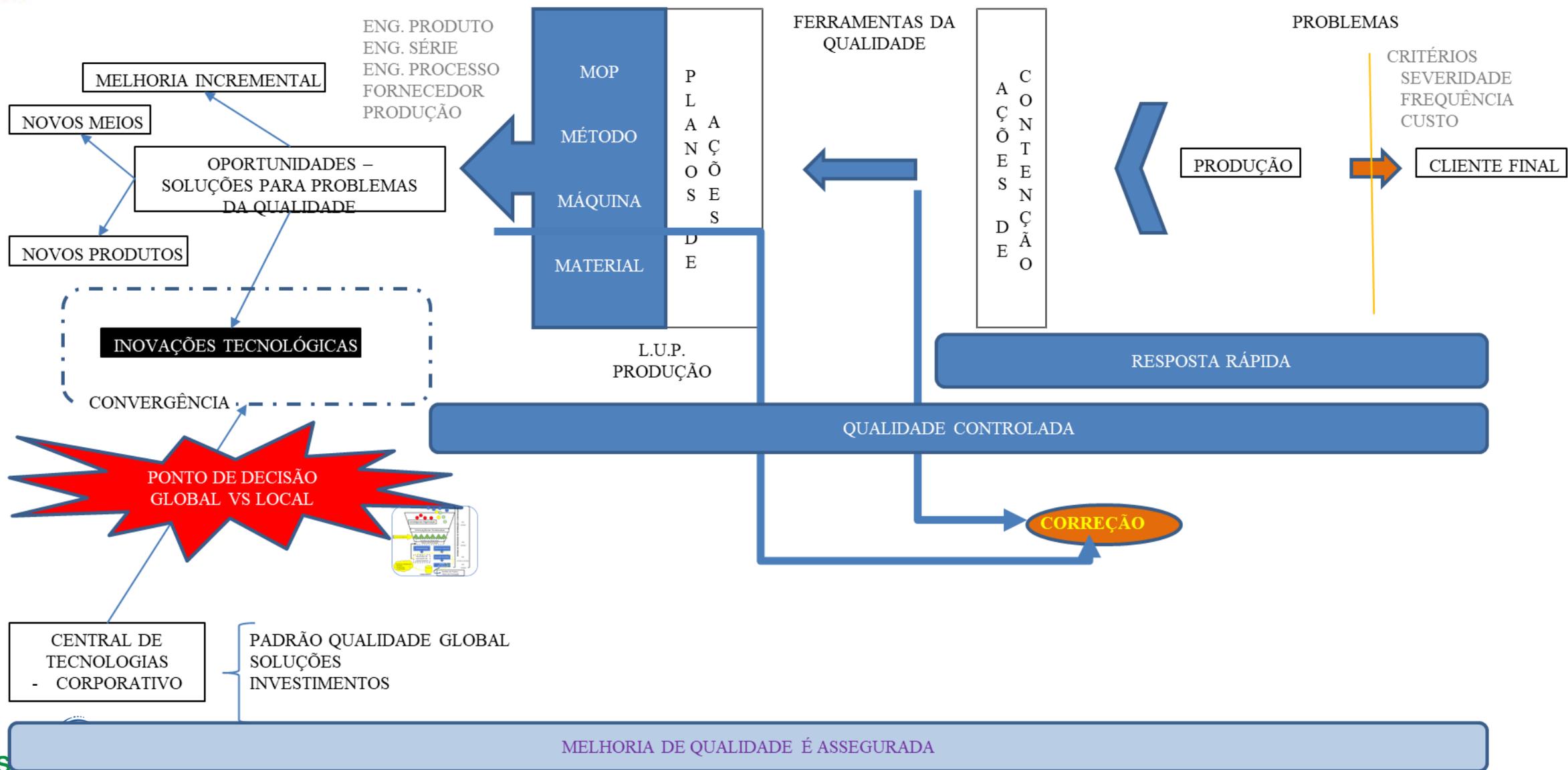
Bechtold, J., Kern, A., Lauenstein, C., & Bernhofer, L. (2014). Industry 4.0-The Capgemini Consulting View. *Capgemini Consulting*, 31.





Onde queremos chegar?







Como temos feito?

Stage 1: Creating shared understanding

- Understand the nature of transformation
- Internalize that it is a journey and not an acquisition

Stage 2: Empowering people for change

- Develop skills in technology and its application
- Integrate top management and shop-floor staff
- Incentivize learning-by-doing and learning-by-failing

Stage 3: Driving innovation through startups

- Clear definition of performance measures
- Keep focus on waste reduction and supply chain integration
- "Impossible" constraints can be eliminated



Perguntas a responder...

O que se entende por
Indústria 4.0?



Com qual objetivo as
empresas estão
aplicando tecnologias
da Indústria 4.0?



Como as tecnologias
tem sido aplicadas?



Como essas
aplicações tem sido
desenvolvidas?



Como o lean pode se
beneficiar da
Indústria 4.0?



Em resumo...

- Tecnologias ajudam a implementar a filosofia lean!

(E parece que é isso que as empresas estão buscando, mesmo sem saber)

- Mais informações
- Melhores informações
- Mais análises
- Melhores análises
- Eliminação de etapas desnecessárias

- O desafio é como implementar!

E nisso a Indústria 4.0 também pode se beneficiar da filosofia lean!



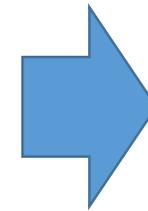
Perguntas a responder...

O que se entende por Indústria 4.0? ✓

Com qual objetivo as empresas estão aplicando tecnologias da Indústria 4.0? ✓

Como as tecnologias tem sido aplicadas? ✓

Como essas aplicações tem sido desenvolvidas? ✓



Como o lean pode se beneficiar da Indústria 4.0?





Leituras sugeridas...

- Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(3), 811-833.
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10.
- Rüttimann, B. G., & Stöckli, M. T. (2016). Lean and Industry 4.0 - twins, partners, or contenders? a due clarification regarding the supposed clash of two production systems. *Journal of Service Science and Management*, 9, 485-500.
- Kolberg, D., & Zühlke, D. (2015). Lean automation enabled by industry 4.0 technologies. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1870-1875.
- Mrugalska, B., & Wyrwicka, M. K. (2017). Towards lean production in industry 4.0. *Procedia Engineering*, 182, 466-473.
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. D. F. R., & Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, 55(12), 3609-3629.



Referências - Tecnologias

- BECHTOLD, J. et al. Industry 4.0 - The Capgemini Consulting View. Capgemini Consulting, p. 1–31, 2014.
- BISCHOFF, J. et al. Erschließen der Potenziale der Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand. agiplan, Fraunhofer IML, ZENIT, p. 1–401, 2015.
- DUJIN, A.; GEISLER, C.; HORSTKÖTTER, D. Industry 4.0 The new industrial revolution How Europe will succeed. Roland Berger Strategy Consultants, p. 1–24, 2014.
- REINHARD, G.; JESPER, V.; STEFAN, S. Industry 4.0: Building the digital enterprise. Price Waterhouse Coopers, p. 1–39, 2016.
- WEE, D. et al. Industry 4.0 - how to navigate digitization of the manufacturing sector. McKinsey & Company, p. 1–62, 2015.



Referências - Aplicações

- Advani, S., Kestur, S. and Narayanan, V., 2015, December. Intelligent Vision Systems: Exploring the State-of-the-Art and Opportunities for the Future. In *Nanoelectronic and Information Systems (iNIS), 2015 IEEE International Symposium on* (pp. 77-82). IEEE.
- Brock, T.R., 2017. Performance Analytics: The Missing Big Data Link Between Learning Analytics and Business Analytics. *Performance Improvement*, 56(7), pp.6-16.
- Cordeiro, G. O., Deschamps, F. and de Lima, E.P., 2017. Developing a Big Data/Analytics project: a case study in the auto industry. In *IIE Annual Conference. Proceedings* (pp. 1753-1758). Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).
- Disner, N.A.A., Deschamps, F. and de Lima, E.P., 2016. A Framework for Applying Additive Manufacturing to Consumable Process Parts. In *ISPE TE* (pp. 651-661).
- Masinga, P., Campbell, H. and Trimble, J.A., 2015, December. A framework for human collaborative robots, operations in South African automotive industry. In *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2015 IEEE International Conference on* (pp. 1494-1497). IEEE.



Referências - Aplicações

- Mourtzis, D., Vlachou, E., Milas, N. and Xanthopoulos, N., 2016. A cloud-based approach for maintenance of machine tools and equipment based on shop-floor monitoring. *Procedia CIRP*, 41, pp.655-660.
- Rahman, A.M., Al Mamun, A. and Islam, A., 2017, December. Programming challenges of chatbot: Current and future prospective. In *Humanitarian Technology Conference (R10-HTC), 2017 IEEE Region 10* (pp. 75-78). IEEE.
- Shinohara, A.C., da Silva, E.H.D.R., de Lima, E.P., Deschamps, F. and da Costa, S.E.G., 2017. Critical Success Factors for Digital Manufacturing Implementation in the Context of Industry 4.0. In *IIE Annual Conference. Proceedings* (pp. 199-204). Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).
- Valerio, D.O., Santos, E.A.P., Loures, E.F.R. and Cestari, J.M.A.P., 2017. APPLICATION OF PROCESS MINING IN AFTER-SALES ON AN AUTOMOTIVE INDUSTRY. *DEStech Transactions on Engineering and Technology Research*, (icpr).