

PROJETO INDÚSTRIA 2027

Riscos e Oportunidades para o Brasil
diante de Inovações Disruptivas

Detalhamento dos Impactos sobre os Sistemas Produtivos

Agroindústria

	Inteligência Artificial	Redes de Comunicação	Internet das Coisas (IoT)	Produção Inteligente e Conectada
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Deep Learning para agricultura de precisão: por exemplo, para identificar quantidade de água nas plantações, controle de rebanho, processamento de imagens de satélites); -Sistemas Automáticos de Irrigação -Monitoramento da “Saúde” das Plantações -Utilização de drones para monitoramento das lavouras e rebanhos, cuja performance pode ser ampliada através das tecnologias de <i>Deep Learning</i> (para imagens) e <i>Machine Learning</i> e <i>Machine Learning</i> na produção: por exemplo, produção de leite (reconhecimento facial e corporal de vacas); -Sistema especialista capaz de realizar análises complexas da saúde, do estado de reprodução de animais individuais ou grupos de animais, para acompanhar a produção e recomendar medidas operacionais a serem tomadas para melhorar o desempenho da fazenda -<i>Machine Learning</i> no varejo: por exemplo, para criar produtos personalizados e dietas pessoais. 	<ul style="list-style-type: none"> -Coleta de dados, integração e coordenação das operações no campo, via redes sem fio. -Nas redes fabris locais, controle em tempo real das operações. -Rastreabilidade do produto (etiquetas eletrônicas). -Sistemas de Mesh Networking and Hop Networking via o uso de estações digitais que funcionam com repetidores 	<p>Sistemas integrados para:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Manutenção preditiva e preventiva das máquinas e implementos agrícolas. -Otimização de estoques, com ajuste da produção à demanda (inclusive troca de safras em resposta a tendências de consumo pré-identificadas). -Otimização da logística de armazenamento e distribuição das safras. -Otimização do uso de insumos, defensivos e sementes -Gestão ambiental e de uso de recursos (energia, água, solo). -Monitoramento de e ajuste a condições meteorológicas. -Blockchain technology e QR technology no relacionamento com o consumidor 	<ul style="list-style-type: none"> -Soluções baseadas em redes wireless para otimização on-line da cadeia de valor; -Sistema computacional para seleção de plantas que usa visão robótica para a classificação de mudas de acordo com seu potencial de crescimento; -Sistemas de irrigação inteligente; -Ferramentas de business intelligence aplicado a agroindústria; -Plataformas autônomas para a agricultura de precisão; -Robôs e drones para uso na lavoura e aquisição de dados no campo; -Tecnologias para monitoramento da produção e rastreamento de produtos. -Manutenção preditiva
<i>Impactos</i>	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aumento da produtividade. -Desenvolvimento de novos produtos. -Aumento de barreiras à entrada associadas aos investimentos produtivos. 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Principais impactos se darão na cadeia logística. -Redes de comunicação para inovações de produto e de processo associadas a outros clusters. 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Interconexão da cadeia de negócios -Fazenda conectada e flexível -Inovações de processos levando a inovações organizacionais. -Crescente diferenciação de produtos -Mudanças potenciais nos sistemas de certificação e auditoria 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aumento de produtividade e qualidade da produção agroindustrial, especialmente nos grandes cultivos, através do uso combinando das TICs

	Materiais avançados	Nanotecnologia
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Nanomateriais e materiais funcionais, como para embalagens dotadas de sensores inteligentes (linha do frio). -Materiais funcionais e de alto-desempenho, como para embalagens biodegradáveis, retardadores de amadurecimento de vegetais, embalagens transparentes impermeáveis à gases e à umidade. 	<p>Muitas das inovações já empregam métodos de nanotecnologia, principalmente em 3 frentes: sensoriamento e controle para agricultura de precisão, sensoriamento para controle de qualidade e atendimento a normas internacionais, e uso de nanomateriais e processos para melhorar alimentos e embalagens.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sensores e instrumentação para agricultura de precisão – 5 anos (já em uso, inovação incremental). -Liberação controlada de nutrientes para o solo – 5 anos (já em uso, inovação incremental). -Sensores, línguas e narizes eletrônicos para controle de qualidade – 10 anos (inovação incremental). -Procedimentos e métodos para satisfazer requisitos da regulação internacional, principalmente no que concerne a protocolos de controle de qualidade – 5 anos (já em uso, inovação incremental). -Alimentos enriquecidos com nutrientes e remédios, e nanocomidas (e.g. chocolate com sabor sem açúcar) – 10 anos (inovação incremental, cuja implementação enfrenta problemas de regulação) -Embalagens inteligentes, inclusive comestíveis – 5 anos. Potencial disruptivo.
<i>Impactos</i>	<p>Moderado</p> <ul style="list-style-type: none"> -Exclusão de setores com baixa tecnologia e resistentes às mudanças. -Impacto sobre a cadeia de distribuição (transporte e estocagem); menor necessidade de utilização de frigoríficos. -Impacto sobre a demanda (maior longevidade dos produtos). 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -A agricultura de precisão, se amplamente difundida, pode modificar fortemente a relação custo/performance das agroindústrias no Brasil, fortalecendo sua posição competitiva. Sensores amplamente disponíveis, baratos e flexíveis implicarão redução de custos, por exemplo. Apesar destes ganhos (significativos), considera-se que estas serão inovações neutras, pois os ganhos de produtividade não serão suficientes para causar modificações disruptivas na agroindústria. -Os nanoalimentos podem abrir nichos de mercado importantes para algumas empresas. Porém também terão implicações neutras pois só certos nichos de mercado serão afetados; não o sistema como um todo. -Impactos associados a regulações internacionais virão de forma gradual e lenta ao longo dos próximos 5 a 10 anos. Isto implica a necessidade de acompanhar e/ou mesmo liderar as discussões em fóruns internacionais.

	Biotecnologia Vegetal e Animal	Armazenamento de Energia
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Tornar plantações mais resistentes a pragas e condições meteorológicas. -Adaptar plantas a condições específicas de solo e clima. -Tornar as plantas resistentes a pesticidas. -Melhorar matriz gênica de rebanho e, principalmente de corte, diminuindo a idade de abate. -Aumentar produtividade de rebanhos leiteiros. -Melhorar imunologia de rebanhos, incluindo genética de espécies mais rústicas e mais bem adaptadas para condições de clima tropical e de doenças mais prevalentes nesses climas. -Na avicultura e suinocultura, existe um grande gargalo no controle mais efetivo das doenças virais cujas vacinas apresentam eficiência variável em função das linhagens virais cuja diversidade varia de acordo com os diferentes pontos de produção. 	<ul style="list-style-type: none"> -Baterias recarregáveis para ferramentas de pequeno porte – 1-5 anos. -Baterias recarregáveis de alta densidade para tratores e maquinário – 5-10 anos. -Células de hidrogênio para tratores e maquinário – 10-20 anos. -Baterias recarregáveis e placas fotovoltaicas (PVs) para eletricidade sustentável e autônoma nas fazendas – 5-10 anos.
<i>Impactos</i>	<p>Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -A edição gênica através da tecnologia Crispr/Cas9 pode abrir espaços para que empresas pequenas e médias possam colocar produtos melhorados no mercado. Como consequência, pode ocorrer uma reorganização do setor de produção de sementes especialmente para nichos específicos. A barreira regulatória tende a cair com as novas técnicas (transgenia). -A biotecnologia pode levar à customização da produção agrícola, aumentando a competição, e diminuindo as margens de preço das sementes. -Na pecuária e avicultura, matrizes mais produtivas e de maior qualidade devem impactar o uso de antibióticos e os métodos de produção intensiva, diminuindo a barreira sanitária e aumentando a aceitação social. - Podem ocorrer mudanças disruptivas nas indústrias a montante da agricultura, pela integração da indústria de sementes num pacote informacional viabilizado pelas TICs cujo domínio ainda está em jogo, inclusive com entrada de grandes players de Big Data, mas que coloca a indústria de máquinas agrícolas em posição estratégica, ao ser capaz de prover um pacote para o agricultor 	<p>Moderado</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aumento de eficiência e produtividade: -Aumento de barreiras à entrada (maiores investimentos e vantagens de custos). -Maior sustentabilidade ambiental (atender exigências regulatórias).

Insumos Básicos

	Inteligência Artificial	Redes de Comunicação	Internet das Coisas (IoT)	Produção Inteligente e Conectada
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	Utilização de <i>machine learning</i> para: -Manutenção Preditiva -Otimização de operações / logística (tempo real) -Análise Preditiva -Identificação de novas tendências / anomalias -Processamento de Dados Não-Estruturados -Alocação de Recursos	-Nas indústrias de insumos a principal aplicação das redes é no controle de processos, integração com a cadeia de fornecedores e rastreamento de produtos finais especiais.	- Sistemas integrados e inteligentes de otimização da cadeia de suprimentos e de distribuição - Demanda por energia e, especificamente, baterias para sensoriamento e monitoração de dispositivos variados com ênfase em microbaterias de estado sólido	-Interconexão inteligente da cadeia de negócios (logística, estoques, suprimento, distribuição) -Virtualização dos sistemas de gestão empresarial, que permitam reduzir custos, especialmente de energia. -Supercomputadores e drones com sensores capazes de elaborar mapas tridimensionais de recursos naturais em tempo real. -Manutenção preditiva.
<i>Impactos</i>	Potencial Disruptivo -Aumento da produtividade, com diminuição de custos (vantagens absolutas de custos para quem adotar as tecnologias). -Impactos mais pronunciados na logística/ cadeia supridora e distribuidora	Potencial Disruptivo -Redes internas terão impactos otimizadores de processo	Potencial Disruptivo -Impactos a montante na cadeia produtiva, com aumento de demanda por insumos específicos -Demanda por desenvolvimento de produtos intermediários específicos	Potencial Disruptivo -Aumentos de produtividade e qualidade de processos produtivos. -Impactos relevantes ao longo da cadeia de suprimentos e distribuição

	Materiais avançados	Nanotecnologia	Biociencia	Armazenamento de Energia
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<p>Não são esperadas inovações de produto relevantes. Poderão surgir produtos aperfeiçoados para nichos ou usos específicos como ligas leves de elevado desempenho com adição de terras raras</p> <ul style="list-style-type: none"> -Novas ligas mais resistentes e leves poderão tomar o lugar de ligas tradicionais -A indústria de bens duráveis deve aumentar o emprego de polímeros, materiais compósitos e ligas leves (em substituição aos metais ferrosos) -Manufatura aditiva demandará desenvolvimento de filamentos poliméricos, cerâmicos, vítreos e metálicos de alto desempenho. 	<p>O uso de nanotecnologias em qualquer indústria que utiliza grandes quantidades de materiais, como a construção civil, não é tão óbvio como em outras áreas.</p> <p>Mesmo assim há espaços de aplicação de compósitos, de polímeros por exemplo, para a construção ou em substituição em metais em estruturas.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Adição de nanopartículas para melhorar propriedades de aços e ligas – 5 anos (inovação incremental). -Recobrimento anticorrosão – 5 anos (inovação incremental) -Compósitos – 10 anos (pode ser disruptiva). 	-Não aplicável.	<p>A eletrificação da mineração diminuirá custos, aumentará a produção e a sustentabilidade. Isto aparece como irreversível no médio prazo, a modernização das minas é imperativa para continuar competitivo num mercado global.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Tendência à robotização da mineração e eletrificação dos equipamentos (o que não é possível por fios, mas sim baterias, por conta da necessidade de confiabilidade no fornecimento de energia) -Uso de baterias também em lugares remotos (por exemplo, bateria para refrigeração de alimentos).
<i>Impactos</i>	<p>Moderado</p> <ul style="list-style-type: none"> -É possível vislumbrar efeito parcial de substituição de insumos, atualmente dominantes, por ligas ou compósitos de desempenho superior de elevado valor agregado, para usos específicos em nichos de mercado. 	Moderado.	Não aplicável.	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Impactos em nichos: o impacto das baterias se evidencia em países com grandes minas subterrâneas e/ou remotas. -Impactos neutros: aumento de produtividade e qualidade de processos produtivos.

Química

	Inteligência Artificial	Redes de Comunicação	Internet das Coisas (IoT)	Produção Inteligente e Conectada
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Personalização dos produtos químicos (insumos) através de big data analytics. -<i>Deep learning</i> no desenvolvimento de novos produtos (também os algoritmos de GAN), para acelerar o desenvolvimento e diminuir os custos de P&D. -Análise de patentes e publicações na área química através de PLN e <i>deep learning</i>. -GAN e RNA para testar novas entidades moleculares químicas. -Modelos virtuais de elementos sintéticos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Nas plantas fabris, as redes darão suporte à monitoração de parâmetros dos processos, controle de operações unitárias, supervisão de áreas de risco e segurança para os operadores. As especificidades do processo e estrutura da planta pesam muito na escolha da tecnologia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas integrados e inteligentes de otimização da cadeia de suprimentos e de distribuição - Demanda por energia e, especificamente, baterias para sensoriamento e monitoração de dispositivos variados com ênfase em microbaterias de estado sólido e atendimento aos clientes finais. - Informações derivadas dos clientes podem alimentar não só a entrega física mas também refinar a compreensão do comportamento e desempenho do produto em utilização. 	<ul style="list-style-type: none"> -Uso de impressão 3D na transformações de plásticos -Impactos a montante na cadeia produtiva, com aumento de demanda por insumos específicos -Demanda por desenvolvimento de produtos intermediários específicos -Robôs para inspeção na petroquímica; -Robôs para detecção de vazamentos que auxiliam na segurança em indústrias químicas e petroquímicas. -Manutenção preditiva.
<i>Impactos</i>	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Oportunidades para novos modelos de negócio para atuar no mundo conectado. -Impactos diferentes para petroquímica/química de commodities (aumentos de eficiência) de um lado e defensivos e especialidades de outro: oportunidades para novos entrantes. 	<p>Moderado</p> <ul style="list-style-type: none"> -Redes internas não tendem a criar impactos significativos se utilizadas de forma isolada. 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Impactos a montante na cadeia produtiva, com aumento de demanda por insumos específicos -Empresas podem repensar modelo de negócio para ofertar não mais produtos mas serviços -Demanda por desenvolvimento de produtos intermediários específicos - Ajustante, oportunidades para novos modelos de negócio principalmente em defensivos e especialidades 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aumento de produtividade e qualidade de processos produtivos -Impactos relevantes ao longo da cadeia de suprimentos e distribuição -Desenvolvimento de novos polímeros e sistemas através de manufatura aditiva

	Materiais avançados	Nanotecnologia	Biotecnologia	Armazenamento de Energia
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	Dentre as tecnologias mais relevantes destacam-se insumos químicos derivados de fontes renováveis e os produtos da biorrefinaria integrada, como furfural, óleos, o. fusel, alcoóis, pectina, etc. - Outras tecnologias relevantes incluem bioquímicos, bioplásticos e outros biopolímeros. -Materiais poliméricos para impressão 3D	A nanotecnologia está intimamente ligada à química verde por esta lidar com produção de nanomateriais a partir dos mais diversos processos: -Produção de materiais de fontes menos tóxicas, seguras, biodegradáveis e rentáveis – 5 anos (inovação incremental) -Nanopartículas sintetizadas a partir de plantas, micróbios ou outros recursos naturais – aplicações em nanomedicina e cosméticos – 5 anos (inovação incremental) -Reações eficientes em termos energéticos. Processos que utilizam água como solvente – 5 anos (já é feito, inovação incremental).	- Incorporação de novas bases de conhecimento, em particular a biotecnologia avançada e biologia sintética - Tecnologias avançadas em bioprocessos poderão tornar mais eficientes rotas de fermentação, catálises e outras e permitir sínteses de novos bioprodutos a partir de açúcares simples	-Espera-se contribuições da indústria química no desenvolvimento de soluções que potencializem o armazenamento eletroquímico de energia.
<i>Impactos</i>	Disruptivo - Desenvolvimento de novos materiais biobased e a entrada no mercado tradicional na indústria petroquímica de empresas de outros setores como o de papel e celulose e ingredientes para alimentos -Por outro lado, subsetores de eucalipto (celulose e papel), soja (óleo química), laranja (óleo, pectina, etc.) podem ser impactados pela difusão de outros materiais renováveis	Potencial Disruptivo -Os impactos dos materiais menos tóxicos, mais seguros e/ou sustentáveis não serão desprezíveis, pois parte da indústria petroquímica ficará em risco. Mas os efeitos tendem a ser de mais longo prazo até que o volume de material produzido com as novas tecnologias seja significativo. Isso não deve ocorrer em 5 ou 10 anos.	Disruptivo - Empresas químicas investem em laboratórios de biotecnologia (biologia sintética), abrindo oportunidades de novos mercados -Impactos significativos sobre a produtividade dos bioprocessos - Oportunidades para a abertura de novas rotas para o desenvolvimento de novos produtos	Moderado -Oportunidades para inovações relacionadas à geração e armazenamento eletroquímico de energia.

Petróleo & Gás

	Inteligência Artificial	Redes de Comunicação	Internet das Coisas (IoT)	Produção Inteligente e Conectada
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Deep Learning</i> para caracterização de reservatórios. -<i>Machine Learning</i> (através de monitoramento remoto e <i>wireless</i>) para: monitoração do desempenho dos poços, monitoração da perfuração, e manutenção preditiva da planta de E&P. -Análise de dados não-estruturados gerados na E&P (<i>data analytics</i> dos poços, através de RNA, por exemplo) para identificação de tendências e padrões com base em dados sobre equipamentos, vibrações sísmicas, permeabilidade de estratos e gradientes térmicos. -Transformação dos dados em imagens 3D. 	<ul style="list-style-type: none"> -Na fase de exploração de petróleo, em que os recursos de comunicação são utilizados relativamente por pouco tempo, a comunicação por satélite (VSAT, <i>Very Small Aperture Terminal</i>) é solução conveniente embora com limitações na capacidade, latência e custo relativamente elevado. Enlaces de rádio também constituem uma alternativa. -A produção de petróleo offshore faz uso de redes de fibras ópticas há muitos anos para a comunicação entre plataformas e litoral. As tecnologias foram desenvolvidas a partir da experiência com cabos ópticos submarinos. Redes de comunicação sem fio de longa distância (LTE, enlaces de rádio na faixa de micro-ondas) concorrem com a fibra óptica nessa aplicação. -Outra tecnologia de interesse: sensores de fibra óptica. Certas propriedades de propagação do sinal óptico na fibra são afetadas por fatores físicos externos como pressão, temperatura, vibrações sísmico-acústicas, entre outros. A detecção dessas alterações no sinal óptico prevê meios de sensoriamento muito úteis na indústria do petróleo. -Uso de fibras ópticas na inspeção de tubulações de oleodutos e poços de exploração e produção de petróleo. 	<ul style="list-style-type: none"> -IoT com potencial de se tornar pervasiva nesta indústria -Sensorização de toda a cadeia para ganhos de eficiência, redução de custos em larga escala com potencial utilização de IA -Dispositivos de IoT permitirão a otimização preditiva de ativos para perfuração. 	<ul style="list-style-type: none"> -Virtualização dos sistemas de gestão empresarial, que permitem reduzir os custos especialmente de energia; -Veículos autônomos submersos (AUV) para auxiliar nas pesquisas oceanográficas e exploração de petróleo e gás; -Robôs para procedimentos de inspeção e pintura. -Manutenção preditiva -Gerações avançadas de equipamentos mais leves e compactos, com eletrônica embarcada e uso intensivo de materiais avançados permitirão métodos de produção de baixo custo
<i>Impactos</i>	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aceleração do processo de P&D - Aumento de produtividade e qualidade de processos produtivos. 	<p>Moderado</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aumento de eficiência produtiva através tecnologias de redes de comunicação. -No entanto, adoção de novas tecnologias (por imposição de fornecedores, por exemplo) podem levar à canibalização de investimentos não amortizados. 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Impactos sobre a produtividade das atividades de P&D (menores custos), bem como sobre o ciclo de vida dos poços (maior vida útil de campos de produção). 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aumento de produtividade e qualidade de processos produtivos. -Aumento da eficiência da exploração de petróleo e gás.

Iniciativa: CNI – Confederação Nacional da Indústria	Execução Técnica: Inst. de Economia da UFRJ Inst. de Economia da UNICAMP	Realização: IEL – Inst. Euvaldo Lodi
---	--	---

	Materiais avançados	Nanotecnologia	Biotecnologia	Armazenamento de Energia
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<p>O setor de petróleo e gás é talvez um dos setores que sofre maior pressão por novas tecnologias de materiais avançados. Considerando a produção e exploração de petróleo em águas profundas, merecem destaques materiais poliméricos com elevada resistência a temperaturas e a agentes químicos como CO₂, H₂S, hidrocarbonetos, água e sal. Em elevadas profundidades a produção é considerada mais crítica, pois é mais dependente de materiais flexíveis e resistentes a fadiga.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Materiais avançados de elevada performance (metais, polímeros e seus nanocompósitos e compósitos), com foco na redução de custo da prospecção. -Materiais flexíveis poliméricos com elevada resistência à temperatura e a agentes químicos como CO₂, H₂S, hidrocarbonetos, água e sal -Auxiliares para a perfuração, materiais para a completção de poços e outros aditivos (biodegradáveis/verdes). 	<ul style="list-style-type: none"> -Aumento da capacidade de extrair petróleo – estudos de prospecção de meios porosos com ressonância magnética e outros métodos de nanotecnologia - 5 anos (já usados - inovação incremental). -Nanocatalisadores para refinamento de petróleo - 10 anos (inovação incremental). -Sensoriamento para monitorar funcionamento de equipamentos e segurança dos poços de extração - 5 anos (já usado - inovação incremental). -Monitoramento em tempo real de características da emulsão - 5 anos (inovação incremental). -Redução de perdas de energia durante produção com sistemas inteligentes - 10 anos (inovação incremental). -Criação de novos materiais derivados de petróleo (e.g. indústria de plástico) - 5 anos (já em uso, inovação incremental) 	-Não aplicável.	<ul style="list-style-type: none"> -Tendência à robotização do E&P e eletrificação dos equipamentos. -Uso de baterias para eletrificação de equipamentos de grande porte -Uso de baterias em lugares remotos
<i>Impactos</i>	<p>Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -O maior benefício que pode ser obtido dos materiais avançados é a redução do custo de prospecção, o que no limite pode tornar viável poços economicamente caros de se explorar. 	<p>Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Com essas inovações, pode-se viabilizar a extração de petróleo no pré-sal com custos mais baixos. 	Não aplicável	<p>Moderado</p> <ul style="list-style-type: none"> -Equipamentos de exploração e nas refinarias com maior eficiência

Bens de Capital

	Inteligência Artificial	Redes de Comunicação	Internet das Coisas (IoT)	Produção Inteligente e Conectada
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<p>IA fundamental para máquinas inteligentes, sensorizadas, e que aprendem; bem como para desenvolvimento de capacitações cognitivas dos BK/equipamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Identificação de anomalias -Manutenção Preditiva. -Otimização de operações / logística (tempo real) -Processamento de Dados Não-Estruturados. Exemplos para máquinas e implementos agrícolas: -Drones para pulverização de plantações. -Micro Plantador Autônomo (AMP), grupo de robôs autônomos (“enxame”)que cuida das plantações e colheitas. -Robôs de colheita de produtos frescos. -Trator Autônomo. -Hortibot ou Robô de capina, para remover plantas daninhas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Generalização do uso de protocolos de comunicação wireless em máquinas e equipamentos -No segmento de máquinas e sistemas industriais, pode-se encontrar redes como parte essencial do sistema, redes embarcadas, quando o sistema é composto por muitos módulos ou se estende por uma área de alguns metros ou dezenas de metros -Nos equipamentos de GTD – geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, redes elétricas inteligentes necessitarão de equipamentos já produzidos de modo compatível com os meios e protocolos da <i>smart grid</i> -Adoção potencial de tecnologia <i>blockchain</i> no setor GTD. 	<ul style="list-style-type: none"> -Desenvolvimento de dispositivos conectados (Máquinas e Implementos Agrícolas; Máquinas Ferramenta; Motores e Outros Bens Seriados), com capacidade própria de processamento. -A demanda de IoT por energia provida através de captação externa (<i>energy harvesting</i>) implicará desenvolvimento de equipamentos de GTD específicos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Digitalização generalizada das máquinas e dos processos implicará capacidade de interação, acumulação de dados e aprendizado permitindo a virtualização e otimização abrangente da gestão -Sistema computacional para seleção e rastreamento de partes e componentes. -Tecnologias para monitoramento da produção e rastreamento de produtos. -Robôs de montagem, solda e pintura. -Manufatura aditiva. -Manutenção preditiva de processos -Desenvolvimento de produtos por tecnologias de virtualização. -Tecnologias que auxiliam na mobilidade, como o uso de sensores e controladores em tempo real que permite delegar funções aos equipamentos.
<i>Impactos</i>	<p>Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Potencial para geração de novos produtos com capacidade cognitiva e autonomia operacional -Aumento da produtividade, com diminuição de custos 	<p>Moderado</p>	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aumento do potencial de desenvolvimento de produtos diferenciados -Aumento da eficiência de processos 	<p>Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aumento de produtividade e qualidade de processos produtivos -Maior eficiência e precisão e menor lead time no desenvolvimento de produtos. -Reorganização de cadeias produtivas

	Materiais avançados	Nanotecnologia
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<p>-Alguns setores que demandam máquinas e implementos agrícolas têm condições de implementar um sistema produtivo dentro dos moldes da biorrefinaria; portanto, todos os bens de capital associados a biorrefinarias podem se beneficiar das inovações do cluster.</p> <p>-No caso das máquinas ferramentas: equipamentos para processos de biorrefinaria (conversão do bagaço de cana e do eucalipto em nanofibras de celulose, novos equipamentos para o setor de óleo, celulose, lignina); equipamentos para a produção e processamento dos nanotubos de carbono; sistemas para fabricação de fibras têxteis a partir de novos insumos como nanocelulose; equipamentos para produção de fibra de carbono e para o processamento de terras raras e fabricação de ímãs permanentes; equipamentos de processamento de materiais com fluido supercrítico (extração de óleos, processamento de biomassa).</p> <p>-No caso de motores e outros bens seriados a principal tecnologia diz respeito aos motores elétricos leves de elevada potência que requerem terras raras.</p> <p>-No caso de equipamentos GTD: Motores elétricos serão empregados de forma crescente em máquinas e implementos agrícolas. Máquinas e ferramentas deverão ser impulsionadas somente por motores elétricos, sejam estacionárias ou móveis.</p>	<p>-Avanços em agricultura de precisão - 5 anos (já em curso, inovação incremental).</p> <p>-Tratores e máquinas com computadores de bordo, sistemas automáticos de aquisição de dados, sensores de análises químicas e biológicas, dispositivos inteligentes para dispersão de agrotóxicos - 10 anos (inovação potencialmente disruptiva com máquinas inteligentes).</p> <p>-Eletrônica miniaturizada, armazenamento de energia miniaturizado, funcionamento e autônomo de dispositivos eletrônicos portáteis e redes de sensores sem fio - 10 anos (inovação incremental)</p> <p>-Microsupercapacitores e nanobaterias para implantes médicos - 10 anos (inovação incremental).</p> <p>-Armazenamentos de dados com alta densidade - 10 anos (inovação potencialmente disruptiva).</p> <p>-Células a combustível ou sólidos nanoestruturados para armazenamento eficiente de hidrogênio - 10 anos (inovação potencialmente disruptiva).</p> <p>-Nanofotônica para as comunicações - 10 anos (inovação incremental).</p> <p>-Produção de veículos e equipamentos com nanomateriais ultraduros, à base de carbono – 10 anos (inovação incremental).</p> <p>-Dispositivos e equipamentos fabricados com impressão 3D – 5 anos (inovação incremental).</p>
<i>Impactos</i>	<p>Potencial Disruptivo</p> <p>-O setor de bens de capital é especialmente impactado, uma vez que materiais avançados demandam processos sofisticados e com elevado grau de controle.</p> <p>-O cluster cria oportunidade para geração de produtos inovadores e adaptados para cada foco setorial: oportunidades de entrada.</p>	<p>Potencial Disruptivo</p>

	Biotecnologia	Armazenamento de Energia
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	-n/a	<ul style="list-style-type: none"> -Baterias recarregáveis para redes inteligentes de distribuição elétrica (1-5 anos). -Baterias recarregáveis de alta densidade de energia para maquinário (5-10 anos). -Células a combustível de hidrogênio para rede elétrica doméstica e microrredes (5-10 anos). -Baterias recarregáveis e placas fotovoltaicas (PVs) (5-10 anos).
<i>Impactos</i>	Não aplicável	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Tecnologia instrumental para redes inteligentes de distribuição de eletricidade. -Aumento da sustentabilidade ambiental -Contribuição para atender exigências regulatórias. -Aumento da segurança energética -Para equipamentos de transporte, implicações similares para a indústria automotiva

Automotiva

	Inteligência Artificial	Redes de Comunicação	Internet das Coisas (IoT)	Produção Inteligente e Conectada
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Tecnologias de inteligência artificial para desenvolvimento do carro conectado (curto prazo) e, posteriormente, do carro autônomo (após 2026). -<i>Automotive data analytics</i>. -<i>Machine Learning</i> para: <ul style="list-style-type: none"> -Identificação de novas tendências/anomalias -Manutenção Preditiva -Otimização de operações/logística (tempo real) -Otimização de preços e produtos -Personalização Radical -Predição -Processamento de dados não-estruturados -Pacote de serviços ao consumidor: <ul style="list-style-type: none"> -Sistemas avançados de assistência ao motorista (ADAS); interface homem-máquina (IHM); suporte de info-entretenimento (“infotainment”); e serviços de habilitação que fornecem acesso à conectividade, à computação e à nuvem. -Pacote automotivo de serviços subjacentes. 	<p>Setor cujo produto final já tem redes de controle embarcadas e, ao mesmo tempo, é objeto de grandes esforços de P&D com vistas a uma mudança de paradigma com potencial revolucionário – o veículo autônomo.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aplicações de entretenimento multimídia a bordo -Protocolo de comunicação sem fio entre veículos (V2V), voltado primariamente para evitar colisões -Será imprescindível a incorporação crescente de práticas de segurança nos automóveis nos próximos 10 anos, independente de veículo ser autônomo ou não. 	<p>-IoT já presente na forma de veículos conectados, oferecendo serviços diferenciados (manutenção, entretenimento), uma inovação incremental.</p> <p>-Nos próximos anos, espera-se que o automóvel autônomo se torne uma realidade, o que requererá elevada capacidade computacional embarcada (SoCs), sistemas cognitivos próprios, e em tempo real.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Digitalização generalizada das máquinas e dos processos implicará capacidade de interação, acumulação de dados e aprendizado permitindo a virtualização e otimização abrangente da gestão -Avanço da robotização inteligente na linha de montagem -Manufatura aditiva -Sistema computacional para seleção e rastreamento de partes e componentes. -Tecnologias para monitoramento da produção e rastreamento de produtos. -Manutenção preditiva de processos -Desenvolvimento de produtos por tecnologias de virtualização. -Tecnologias que auxiliam na mobilidade, como o uso de sensores e controladores em tempo real que permite delegar funções aos veículos.
<i>Impactos</i>	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Incremento da eficiência do P&D -Ruptura do regime tecnológico, levando a oportunidades para novos entrantes. -Ruptura no transporte público em médio prazo: <i>transportation pods</i>. -Ruptura na mobilidade individual, com o serviço de compartilhamento de carros (<i>car sharing</i>) em longo prazo. 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Novos modelos de negócio por parte das montadoras (coleta de dados + IA). -Tecnologias de redes são importantes para viabilizar a inovação disruptiva dos carros autônomos (disponibilidade de rede pública com baixa latência são essenciais para adoção em larga escala). 	<p>Potencial Disruptivo</p> <p>-Impactos sobre o potencial de se adicionar valor aos automóveis com a inclusão de sensores habilitando serviços diferenciados. No caso de manutenção preditiva, poderá haver impactos sobre a cadeia de distribuição e manutenção (inclusive sobre demanda de peças de reposição).</p>	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aumento de produtividade e qualidade de processos e mudanças nas características do produto. -Maior eficiência e precisão e menor lead time no desenvolvimento de produtos. -Interconexão da cadeia de valor para trás e para frente

	Materiais avançados	Nanotecnologia	Armazenamento de Energia
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<p>Motores elétricos são, dependentes de materiais avançados formados por ligas metálicas contendo terras raras para alcançar baixo peso e elevado rendimento. Materiais leves e resistentes como os compósitos reforçados com fibra de carbono já estão sendo testados em veículos conceito de grandes montadoras e montadoras de carros esportivos, com destaque os compósitos a base de fibra de carbono. Novas ligas metálicas mais leves e resistentes também devem provocar inovações que, embora relevantes, podem não ser exatamente disruptivas, uma vez que poderão ocorrer via desenvolvimento incremental de materiais empregados atualmente (exceção são os metais vítreos e os processos de solda e revestimento). Atualmente os ímãs permanentes apresentam 25% do valor máximo teórico de potência magnética e são muito caros; um aumento significativo no valor de potência e/ou uma redução acentuada do preço podem gerar inovações disruptivas. Tecnologias estratégicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Materiais estruturais avançados (compósitos) e os processos para a sua fabricação. -Fibras de carbono derivadas de fontes renováveis. -Terras raras, em especial para motores elétricos de elevado desempenho e baixo peso. 	<ul style="list-style-type: none"> -Carros autônomos – toda parte de “hardware”, de matéria, inclusive eletrônica -10 anos (com potencial de inovação disruptiva). -Compósitos e plásticos de alto desempenho - 5 anos (já em uso, inovação incremental). -Baterias, células a combustível para propulsão elétrica, e captação de energia -10 anos (com potencial de inovação disruptiva). -Sensores onipresentes - 5 anos (já em uso, inovação incremental). -Janelas eletrocromáticas e displays - 5 anos (já em uso, inovação incremental). -Pinturas - 5 anos (já em uso, inovação incremental). -Componentes e dispositivos fabricados com impressão 3D – 5 anos (inovação incremental). 	<ul style="list-style-type: none"> -Baterias recarregáveis e células a combustíveis para veículos de passeio (1-5 anos). -Baterias recarregáveis de alta densidade de energia para veículos de transporte de passageiros (5-10 anos). -Células a combustível de hidrogênio para veículos de transporte de passageiros (5-10 anos). -Baterias recarregáveis e células a combustíveis para veículos pequenos (e.g. motocicletas) (1-5 anos).
<i>Impactos</i>	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Impacto sobre competências técnicas das montadoras (em motor a combustão interna) e investimentos afundados associados a essas competências. -Impacto sobre a cadeia produtiva, com novas demandas tecnológicas (fornecedores) e menor necessidade de manutenção (distribuidoras/concessionárias). -Redução de peso e aumento de performance de veículos elétricos e híbridos 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Como insumos para a introdução de novos componentes de veículos, a nanotecnologia deve provocar impactos disruptivos ao longo da cadeia automotiva, no médio prazo -Empresas estabelecidas podem introduzir novos componentes a partir de esforços próprios ou por aquisição de empresas. -Novos entrantes podem se estabelecer, ameaçando aqueles estabelecidos. -A multiplicidade de aplicações não permite a antecipação de trajetórias empresariais ou a intensidade de mudanças nas estruturas de mercado. 	<p>Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Países e cidades já indicam datas para fim da permissão de circulação de veículos a diesel e/ou gasolina -Tecnologia instrumental para a eletrificação da frota de veículos leves. -Impacto disruptivo nas competências da indústria baseada em motores a combustão interna. -Oportunidades de entrada para novas empresas. -Barreiras à entrada em caso de grandes avanços tecnológicos se tornarem proprietários.

Aeronáutica & Defesa

	Inteligência Artificial	Redes de Comunicação	Internet das Coisas (IoT)	Produção Inteligente e Conectada
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Machine Learning</i> (IA + sensores) para monitorar e analisar de forma detalhada o desempenho das aeronaves: (i) identificar causas das anomalias; (ii) manutenção preditiva; (iii) desenvolvimento detalhado de novos projetos de aeronaves. -IA para operação das aeronaves: (i) piloto automático inteligente, que aprende a gerenciar emergências (aprendizagem de máquina supervisionada e RNA); (ii) simulação de situações de emergência (<i>data analytics</i> e <i>reinforcement learning</i>); (iii) tecnologia de som na cabine do piloto, com acionamento de comandos por voz. -Tratamento de imagens: armas inteligentes, imageamento de satélite. -Maior capacidade de transmissão dos satélites de comunicação. -IA aplicada aos sistemas C³IS: (i) defesa em nível tático e estratégico; (ii) controle de tráfego aéreo. 	<ul style="list-style-type: none"> -Redes embarcadas de controle da aeronave usam padrão próprio para o protocolo de comunicação interna, mas a segurança é mandatória (natureza do negócio e regulação nacional e internacional), resultando em prazos e custos elevados. -Fibras ópticas nos sistemas de comando das aeronaves (aviônica e atuadores) e nos sistemas dedicados militares (controle de armas) e civis (entretenimento). -Redes de sensores que visam extrair informações sobre o estado físico (estrutural) das aeronaves, para manutenção preditiva (maior disponibilidade e menores custos). -Projetos complexos, quantidade de componentes e crescente digitalização, uso da tecnologia de <i>blockchain</i> (5-10 anos). -Sistemas C³IS civis e militares: maior capacidade e segurança (avanço das tecnologias de criptografia). 	<ul style="list-style-type: none"> -Demanda por tecnologias de armazenamento e estocagem de dados, para posterior processamento, no caso de IoT não embarcada. -Aviões e drones requererão sensores com capacidade computacional bastante elevada, quando IoT for utilizada de forma embarcada. -Usos atuais de IoT na aviação civil: (i) monitoramento de combustível / motor; (ii) monitoramento de sistemas; (iii) monitorando da localização dos ativos (aeronaves); (iv) etiquetagem inteligente de bagagem; (iv) <i>token</i> de identificação do passageiro. -Uso do IoT na área militar: (a) Integração dos sistemas C³IS, com armas inteligentes e plataformas aéreas (aviões e drones), possibilitando as denominadas ("guerra em rede"); (b) operações com "enxames" de drones autônomos (micro e pequeno porte). 	<ul style="list-style-type: none"> -Processo I: (i) tecnologias para monitoramento, manutenção e otimização da produção; (ii) digitalização generalizada das máquinas e dos processos implicará em capacidade de interação, acumulação de dados e aprendizado, permitindo a virtualização e otimização das atividades produtivas, de desenvolvimento e gestão. -Processo II: manufatura aditiva para componentes complexos de aeronaves (exemplo, o uso de compósitos de matriz cerâmica em turbinas). -Produtos: avanços na produção permitem o desenvolvimento de novos projetos de aeronaves, com inovações incrementais (5-10 anos) ou disruptivas (>10 anos). -Robôs em aplicações militares (robôs para missões de segurança e defesa) e civis (robôs copilotos para reduzir carga de trabalho dos pilotos).
<i>Impactos</i>	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Diminuição de custos de desenvolvimento das aeronaves. -Maior disponibilidade e diminuição de custos operacionais das aeronaves. -Aumento da precisão, eficiência, confiabilidade e segurança. 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> - A adoção de tecnologia de <i>blockchain</i>, que pode causar rupturas na cadeia produtiva de aeronaves. -Tecnologias de rede (capacidade e segurança): avanços incrementais, contínuos e transformadores. 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Tecnologias de IoT habilitadoras para inovações incrementais e radicais (aviões/drones autônomos). 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aumento de produtividade e qualidade de processos produtivos e produtos -Maior eficiência e precisão e menor <i>lead time</i> no desenvolvimento. -Inovações nos projetos das aeronaves como um todo, dos seus sistemas e componentes.

Iniciativa:
CNI – Confederação Nacional da Indústria

Execução Técnica:
Inst. de Economia da UFRJ
Inst. de Economia da UNICAMP

Realização:
IEL – Inst. Euvaldo Lodi

	Materiais avançados	Nanotecnologia	Biotecnologia	Armazenamento de Energia
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<p>A indústria aeronáutica é por definição dependente de materiais avançados. Contudo em função dos riscos envolvidos a estratégia de desenvolvimento das principais empresas é incremental e quando depois de um avanço disruptivo (Boeing 787), houve um recuo.</p> <p>Tecnologias relevantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ligas leves reforçadas com nanotubo de carbono ou de elevada entropia; impressão 3D metal e polímeros; materiais estruturais avançados (5-10 anos); -Materiais para proteção balística, com especial atenção para os vitrocerâmicos (5-10 anos); -Sistemas com terras raras: motores elétricos leves, radares, sensores optoeletrônicos, laser e interface homem-máquina (5-10 anos). 	<p>As principais contribuições da nanotecnologia devem advir dos avanços dos nanomateriais e da nanoeletrônica (processamento e automatização):</p> <ul style="list-style-type: none"> -Satélites e veículos lançadores: incrementar a redução de tamanho, peso e consumo de energia, além dos sistemas embarcados com capacidade para processar e transmitir um grande volume de informação. (1-10 anos); -Avanço no uso de nanomateriais 2D, como grafenos e outros baseados em carbono, como materiais estruturais de grande dureza e resistência, para aeronaves e equipamentos em geral (> 10 anos); -Processamento e gerenciamento de informação: sistemas de comando e controle, armamentos inteligentes; sistema de realidade virtual; veículos de reconhecimento aéreo e de combate (> 10 anos). 	n/a	<ul style="list-style-type: none"> -Baterias recarregáveis para sensores (inclusive radares) de pequeno e médio porte. -Baterias recarregáveis para drones de pequeno porte (1-5 anos). -Baterias recarregáveis de alta densidade de energia para drones de grande porte (5-10 anos). -Baterias recarregáveis de alta densidade de energia para aeronaves leves ou grandes aeronaves híbridas (10-30 anos). -Células a combustível de hidrogênio para aeronaves leves ou grandes aeronaves híbridas (30-40 anos).
<i>Impactos</i>	<p>Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Grandes mudanças nos projetos das novas aeronaves, gerando oportunidade e desafios para os fabricantes de aeronaves e aeroestruturas. -A difusão do uso de novos materiais demandará novos métodos de processamento, o que poderá gerar barreiras à entrada (altos investimentos, capacitações tecnológicas). -A maior ameaça nesse setor deve advir dos novos materiais avançados empregados de forma combinada (ligas leves de elevada resistência mecânica e térmica, compósitos, manufatura aditiva etc.), todos demandando enorme carga tecnológica. 	<p>Moderado</p> <ul style="list-style-type: none"> -Inicialmente, a área de materiais deve ser a mais impactada por meio da combinação de materiais avançados com as nanoestruturas, particularmente o grafeno, ainda assim incremental. -Tratam-se de impactos de natureza incremental por não implicarem mudanças profundas nem imediatas nas estruturas de mercado. 	Não aplicável	<p>Moderado</p> <ul style="list-style-type: none"> -Impacto inversamente proporcional ao porte e alcance das aeronaves. -Tecnologia instrumental para desenvolvimento de drones. -Baixo potencial disruptivo no horizonte de 5-10 anos. -Perspectivas de grandes impactos nas estruturas de mercado no longo prazo (> 10 anos).

Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs)

	Inteligência Artificial	Redes de Comunicação	Internet das Coisas (IoT)	Produção Inteligente e Conectada
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Desenvolvimento (prototipagem) de software de aplicações de <i>Machine Learning</i> (notadamente em <i>data analytics</i>) e de <i>Deep Learning</i>. -Desenvolvimento de aplicações em cibersegurança, como, por exemplo, para antecipação de ataques cibernéticos. -<i>Data analytics</i> para personalização e customização de produtos. -<i>Machine learning</i> para auto-atualização de softwares e correção de bugs. 	<ul style="list-style-type: none"> -As TICs são fundamentais para a evolução das redes de comunicação. Nos próximos anos ainda terá de lidar com os desafios da convergência da informática com telecomunicações. A informática têm se mostrados capaz de se reconfigurar, imprimindo suas características sobre o “velho” setor de telecomunicações. A próxima fronteira é a convergência da informática (e comunicação) com a automação. -O papel crescente do software nos sistemas de comunicação é uma das forças de transformação setorial. As tecnologias de SDN e NFV são exemplo desse processo. 	<p>Os principais impactos da Internet das Coisas está a montante, tais como:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Micro controladores, sensores e atuadores; microchips para uso embarcado; bem como capacidade de processamento distribuída (cloud e fog). Haverá grande necessidade de sensores com dimensões significativamente reduzidas, baixíssimo consumo de energia e custos compatíveis. Dentre as principais tecnologias de sensores destacam-se as de sensores baseados em Semicondutores MEMS - Micro-Electro-Mechanical Systems – que requerem técnicas e materiais de nanotecnologia. -Tecnologias de rede para processamento local (tempo real ou não), bem como para transmissão de dados. -Novos algoritmos, em linguagem compatível com os sensores e atuadores. <p>As principais tendências e horizontes temporais neste sistema dizem respeito a: fabricantes de circuitos integrados passando a prover soluções completas para IoT (5 a 10 anos); SoCs (systems-on-chips) contendo módulos de comunicação (geralmente sem fio) e sensores embarcados (5 anos); processadores Open-Source (10 anos); desenvolvimento de SoCs customizados; e necessidade de investimento em segurança e privacidade.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Digitalização generalizada das máquinas e dos processos implicará capacidade de interação, acumulação de dados e aprendizado permitindo a virtualização e otimização abrangente da gestão. -Tecnologias para aumento da precisão, confiabilidade e eficiência dos processos, incluindo monitoramento da produção e de produtos. -Manutenção preditiva -Desenvolvimento de produtos por tecnologias de virtualização.
<i>Impactos</i>	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Alto potencial de oportunidades para novos entrantes, principalmente startups, mas também para empresas estabelecidas, para aplicações relacionadas a IoT, PIC, Redes para sistemas ou atividades econômicas específicas 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -A difusão do uso de tecnologias de rede criará oportunidades para o setor, com potencial crescimento acelerado por hardware e serviços técnicos especializados. -Impacto disruptivo para empresas com portfólio de produtos concentrado em tecnologias que se tornarão obsoletas. -Aumento de barreiras à entrada associadas à tecnologias proprietárias. 	<p>Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> - É esperado que um pequeno número de casos de uso demande um volume de vendas de centenas de milhões de systems-on-chips (SoCs), e para esses casos é justificado o desenvolvimento de semicondutores específico. Existem centenas de casos de uso que gerarão demandas na ordem de até centenas de milhares de unidades por ano de SoCs “genéricos”. Por fim, há casos de usos que demandarão dezenas de milhões de dispositivos por ano custom SoCs -Arquiteturas microcontroladas, mesmo de 32 bits (vs 8 bits), em geral não permitem de forma satisfatória o uso de linguagens de programação de alto nível, restringindo significativamente o número de profissionais para o desenvolvimento de software embarcado capacitados nessas linguagens. Isto pode ser uma ameaça ou uma oportunidade para as empresas de software embarcados. 	<p>Potencial Disruptivo</p> <p>Impactos cumulativos poderão levar a impactos disruptivos no longo prazo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aumento de produtividade e qualidade de processos produtivos. -Maior eficiência e precisão e menor lead time no desenvolvimento de produtos.

Iniciativa: CNI – Confederação Nacional da Indústria	Execução Técnica: Inst. de Economia da UFRJ Inst. de Economia da UNICAMP	Realização: IEL – Inst. Euvaldo Lodi
---	--	---

	Materiais avançados	Nanotecnologia
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<p>A interação dos sistemas de TICs com os materiais avançados se dá em diversas frentes: (i) materiais avançados compõem partes de componentes como baterias e circuitos eletrônicos), (ii) as TICs são necessárias para o gerenciamento e controle de sistemas produtivos sofisticados dos materiais avançados; e (iii) novas aplicações relacionadas com os materiais como mineração, reciclagem e otimização de processos de produção são também afetados.</p> <p>-O grafeno e os nanotubos de carbono possuem propriedades excepcionais (elevada condutividade elétrica e térmica aliadas à leveza e à possibilidade de produzir filmes praticamente transparente) que devem permitir a fabricação de novos dispositivos. O grafeno e outros compostos 2D apresentam também outras propriedades magnéticas que permitem seu uso inovador em outras áreas como bloqueadores de interferência eletromagnética, por exemplo.</p> <p>-A eletrônica orgânica engloba os polímeros condutores, substratos e os processos para fabricação de circuitos eletrônicos orgânicos, dentre os quais tem se destacado a eletrônica impressa (roll-to-roll, jato de tinta, silkscreen, etc.) dos polímeros condutores e semi-condutores sobre substrato isolantes ou condutores flexíveis ou rígidos. Essa tecnologia deve permitir a produção de circuitos eletrônicos em larga escala, com custos muito reduzidos, miniaturizados e personalizados, com aplicações tais como sensores, embalagens inteligentes, telas.</p>	<p>A nanoeletrônica deve dar contribuições abrangentes em todo setor de hardware das TICs. Uma lista apenas ilustrativa é apresentada a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dispositivos eletrônicos com componentes com 25 nm ou menores - 5 anos (inovação incremental). -Circuitos eletrônicos impressos em diferentes substratos, e eletrônica flexível -10 anos (inovação incremental) -Células fotovoltaicas impressas gerando eletricidade a partir da luz solar em fachadas e janelas - 10 anos (inovação incremental) -Sistemas nanoeletrônicos de diagnóstico médico - 10 anos (inovação incremental) -Tatuagens eletrônicas: monitoramento de sinais vitais - 5 anos (inovação incremental). -LEDs de grandes áreas para iluminação e nanolasers - 10 anos (inovação potencialmente disruptiva). -Sensores onipresentes para Internet das Coisas - 10 anos (inovação potencialmente disruptiva).
<i>Impactos</i>	<p>Potencial Disruptivo</p> <p>-Uma nova base tecnológica deve surgir. A oportunidade que se vislumbra está relacionada com o advento de novos processos e materiais para a fabricação de circuitos eletrônicos. A principal ameaça advém do fato de que certas regiões do globo já se destacam como produtoras quase exclusivas desses materiais e produtos.</p>	<p>Potencial Disruptivo</p> <p>-Com a inovação dos circuitos eletrônicos impressos em diferentes substratos e da eletrônica flexível, abrem-se oportunidades de aplicações variadas, principalmente em dispositivos de baixo custo. No período de 10 anos não há perspectivas de se alterar a indústria de hardware, ou seja, de substituir os chips de alto desempenho fabricados com silício. Portanto, essa inovação provavelmente não será disruptiva.</p>

	Biociencia	Armazenamento de Energia
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<ul style="list-style-type: none"> -A biociencia moderna seja ela vegetal, animal, industrial ou humana, é dependente da bioinformática /e-Science (big-data enabled medicine), incluindo o uso de IoT e sensores para monitorar parâmetros médicos e aplicação de drogas (e ainda, biochips deglutíveis e biodegradáveis). -Desenvolvimento de métodos de bioinformática e custo-performance de processamento de dados. Maior custo não é o de sequenciamento, mas de análise dos dados genômicos. -Aperfeiçoamento dos algoritmos para análise genômica e sua adaptação para uso clínico. -Necessidade de desenvolvimento de bancos de biodados (biobancos). 	<ul style="list-style-type: none"> -Tecnologias de armazenamento de energia baterias são fundamentais, neutros, e habilitadoras para são aparelhos móveis e sensores criados pelo setor de TICs (sobretudo aqueles de IoT e os chamados “micro-electro-mechanical systems”/MEMs). -São também fundamentais para garantir confiabilidade e segurança energética dos grandes servidores, inclusive para o <i>backup</i> das redes. -Redes diversificadas que incluam utilização de baterias em horários específicos também irão requerer soluções tecnológicas do setor.
<i>Impactos</i>	<p>Moderado</p> <p>Impactos neutros a montante: criação de demanda específicas e customizadas para o setor de TICs (softwares/algoritmos, capacidade de processamento, capacidade de armazenamento)</p>	<p>Moderado</p> <p>-Surgimento de demandas tecnológicas específicas.</p>

Bens de Consumo

	Inteligência Artificial	Redes de Comunicação	Internet das Coisas (IoT)	Produção Inteligente e Conectada
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Robôs domésticos (inclusive robôs para idosos, estimado em 20 BUS\$ em 2020) e robôs de entregas. -Atividades ocupacionais; atividades físicas e práticas de exercícios, jogos e controle de medicação -Manutenção preditiva no setor de eletrodomésticos (<i>machine learning</i>). Outros exemplo de uso em eletrodomésticos: <ul style="list-style-type: none"> -Painel inteligente com reconhecimento de voz e PLN -Forno de Microondas com <i>Deep Learning</i>. -Mercado de varejo: busca virtual, moda robótica (recomendações de compra personalizadas), vestiários eletrônicos, <i>chatbots</i> (lojas virtuais). -Várias aplicações de algoritmos de <i>Machine Learning</i> nos processos produtivos de bens de consumo. 	<ul style="list-style-type: none"> -Setor em que as redes serão usadas para acompanhamento do ciclo de vida dos produtos, especialmente no caso de bens duráveis, como os da linha branca por exemplo. -A rastreabilidade do produto pode ser importante também no que tange bens de consumo não-duráveis, por exemplo, quando há regulamentação que atribui ao fabricante a responsabilidade pelo descarte do produto. 	<ul style="list-style-type: none"> -A IoT é instrumental para o sensoriamento e monitoração de vários dispositivos dos mais variados portes, portanto, seu impacto sobre esta indústria se dá a jusante. -Tendência de desenvolvimento de dispositivos de pequeno porte, como sensores “vestíveis”, ou seja, que o usuário carrega consigo, como roupas, óculos, relógios, joias, ou em aplicações remotas como em áreas rurais. 	<ul style="list-style-type: none"> -Digitalização generalizada das máquinas e dos processos implicará capacidade de interação, acumulação de dados e aprendizado permitindo a virtualização e otimização abrangente da gestão -Ferramentas de <i>business intelligence</i> especialmente voltadas ao consumidor. -Soluções baseadas em Wi-Fi e redes para auxílio a tomada de decisão. -Manufatura aditiva -Tecnologias para monitoramento da produção e rastreamento de produtos -Manutenção preditiva de processos. -Desenvolvimento de produtos por tecnologias de virtualização. -Uso de impressoras e máquinas 3D para bens de consumo personalizados.
<i>Impactos</i>	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Criação de novos mercados consumidores. -Novos modelos de negócio. -Quebra de vantagens associadas a ativos específicos na cadeia de distribuição -Transformação de produtos e criação de novos produtos 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Potencial impacto sobre toda a cadeia de valor. -Novos modelos de negócio e de relacionamento com clientes. -Potencial de gerar inovações de produto e de processo 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Demanda crescente por dispositivos conectados já existentes (inovação incremental). -Abertura de novos mercados (inovação radical), com oportunidade de entrada de novos agentes. -Novos modelos de negócio, com novos serviços a montante e a jusante habilitados pela IoT (por exemplo, máquinas de lavar conectadas criando novos serviços para os consumidores e para os fornecedores de sabão em pó) 	<p>Potencial Disruptivo</p> <p>Acúmulo de inovações poderá levar a impactos disruptivos no longo prazo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aumento de produtividade e qualidade de processos produtivos. -Maior eficiência e precisão e menor lead time no desenvolvimento de produtos. -Impressoras 3D permitirão ao consumidor a produção de seu próprio produto em nichos específicos

	Materiais avançados	Nanotecnologia	Bio- tecnologia	Armazenamento de Energia
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<p>No setor têxtil e de vestuário, inovações importantes são esperadas envolvendo o uso de materiais carregados com nanopartículas com capacidade de conferir propriedades funcionais aos têxteis como bloqueio da radiação UV, atividade fungicida e bactericida, atividade de repelência de insetos, dentre outras. Os materiais que devem provocar inovação disruptiva são:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Tecidos com propriedades especiais obtidas via morfologia e adição de nanomateriais como tecidos autolimpantes, permeáveis, repelente de insetos, com sensores incorporados. -Tecidos fabricados com nanocelulose, e tecidos sintéticos funcionais combinados com biopolímeros (nanocelulose, quitosana). 	<ul style="list-style-type: none"> -Tecidos repelentes a água, óleo e resistentes a vinco - 5 anos (em curso, inovação incremental). -Tecidos antichamas - 5 anos (em curso, inovação incremental). -Tecidos com propriedades bactericidas, anti-odor, com proteção contra radiação UV - 5 anos (em curso, inovação incremental). -Fibras têxteis com maior estabilidade térmica, antiestática, com atenuação de microondas e radiação eletromagnética - 5 anos (em curso, inovação incremental). -Sensores de temperatura, umidade e pressão incorporados em matrizes têxteis - 10 anos (inovação incremental). -Nova moda com cores e texturas obtidas de nanomateriais - 10 anos (inovação incremental). -Diminuição da poluição causada por corantes - 5 anos (em curso, inovação incremental). -Vestuário conectado em sistemas de Internet das Coisas - 10 anos (com potencial disruptivo). 	-Não aplicável.	-A difusão de robôs domésticos é crescente, pelas novas características que estão sendo desenvolvidas: inteligência e alta mobilidade. Tais robôs assim como novos dispositivos portáteis e móveis bem como produtos de IoT, demandarão baterias de diferentes portes.
<i>Impactos</i>	<p>Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> - A difusão dessas tecnologias na indústria de bens de consumo, especialmente na cadeia têxtil-vestuário-calçados, se dá por meio da incorporação das novas tecnologias nos seus insumos - A substituição da matéria prima poderá causar ruptura na cadeia produtiva, criando barreiras à entrada no caso de tecnologias proprietárias. - As indústrias usuárias deverão mudar processos produtivos e mix de produtos o que pode resultar impactos disruptivos. 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -O sistema têxtil e vestuário já se beneficia de nanotecnologia. -Como insumos para a introdução de incrementais e radicais ao longo da cadeia têxtil e vestuário. Empresas estabelecidas podem introduzir novos produtos, a partir de esforços próprios ou por aquisição de empresas. Novos entrantes podem se estabelecer, ameaçando aqueles estabelecidos. A multiplicidade de aplicações não permite a antecipação de trajetórias empresariais ou a intensidade de mudanças nas estruturas de mercado. 	Não aplicável	Moderado -Surgimento de oportunidades de desenvolvimento de novos produtos eletroportáteis associados ao uso no lar e na vida cotidiana

Farmacêutica

	Inteligência Artificial	Redes de Comunicação	Internet das Coisas (IoT)	Produção Inteligente e Conectada
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Medicina personalizada através de <i>machine learning</i> -<i>Deep learning</i> no desenvolvimento de novos medicamentos inclusive utilizando também os algoritmos de GAN, para acelerar o desenvolvimento e diminuir os custos; -Análise de patentes, dados genômicos e publicações na área das ciências da vida através de PLN e <i>deep learning</i> -GAN e RNA para testar novas entidades moleculares candidatas a novos medicamentos -<i>Machine Learning</i> para diversos processos na área farmacêutica: <ul style="list-style-type: none"> -Alocação de Recursos -Análise Preditiva -Descoberta de novas tendências/anomalias -Otimização de preços e produtos 	<ul style="list-style-type: none"> -Demandas de rastreabilidade similares à da indústria de alimentos -Possibilidade de servitização alterando o modelo de negócios das farmacêuticas, que passariam a "empresa de cuidados de saúde": <ul style="list-style-type: none"> -Uso de sensores e serviços digitais em tratamentos continuados. -Oferecer orientações e apoio <i>online</i> aos pacientes em associação à classe médica. -Possibilidades de colher dados em campo para testes clínicos, acompanhamento da performance dos medicamentos, bem como novas formas de gestão do ciclo do produto. 	<ul style="list-style-type: none"> -Dispositivos conectados para uso médico-hospitalar (por exemplo, diagnóstico e monitoramento) e do paciente (monitoramento contínuo com diagnóstico preventivo). -Dispositivos conectados para otimizar a cadeia logística, inclusive atividades de P&D. 	<ul style="list-style-type: none"> -Digitalização generalizada das máquinas e dos processos implicará capacidade de interação, acumulação de dados e aprendizado permitindo a virtualização e otimização abrangente da gestão -Tecnologias para monitoramento da produção e rastreamento de produtos. -Manutenção preditiva de processos. -Desenvolvimento de produtos por tecnologias de virtualização. -Manufatura aditiva.
<i>Impactos</i>	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Maior produtividade e efetividade do P&D; taxa de mudança tecnológica mais acelerada. -Disruptivo para modelos de negócio baseado em medicamentos genéricos. -Oportunidades para novos entrantes. 	<p>Moderado</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aumento da eficiência e da taxa de avanço técnico. -Diversificação da área de atuação das farmacêuticas, com oportunidade de entrada para agentes de outros setores. 	<p>Moderado</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dispositivos conectados têm potencial de otimizar e gerar crescentes e novas demandas por medicamentos. -Impacto sobre a produtividade das atividades de P&D. -Diminuição dos custos logísticos. 	<p>Moderado</p> <ul style="list-style-type: none"> - Impactos neutros, cujo acúmulo poderá levar a impactos disruptivos no longo prazo: -Aumento de produtividade e qualidade de processos produtivos. -Maior eficiência e precisão e menor lead time no desenvolvimento de produtos.

	Materiais avançados	Nanotecnologia
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<p>A possibilidade de inovação disruptiva em materiais avançados aplicados ao setor farmacêutico abrange diversas tecnologias, como sistemas de sensoriamento e dosagem de medicamentos, liberação controlada de fármacos, sistemas preventivos, tecidos e filmes para terapias, dentre outros:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Filmes e géis poliméricos para a liberação controlada de fármacos -Sensores, sistemas de TIC e materiais para controle de dosagem de medicamentos -Implantes ativos contendo fatores de crescimento, antiinflamatórios e outros (biovidros, biovitrocerâmicas e biopolímeros). -Tecidos e filmes ativos (p. ex. bactericida) para queimados e internados de longa duração. Biovidros, biovitrocerâmicas e biopolímeros. <p>No caso de biofármacos, podem ser considerados materiais avançados estratégicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Materiais para liberação controlada e /ou localizada; incluindo blendas, nanocompósitos, fibras. -Materiais ativos: Biovidros e biopolímeros. 	<p>No impacto para este sistema, levou-se em conta não apenas os biofármacos, mas a indústria farmacêutica e do setor de saúde em geral. Além das inovações possíveis associadas à nanotecnologia, em que se enfatiza aplicações finais, há que se ressaltar a relevância de pesquisas em nanociências, orientadas aos mecanismos de ação de agentes patogênicos e ação de fármacos. Dessas pesquisas, experimentais, teóricas ou de simulação computacional, surgem designs para novos fármacos e melhorias em fármacos existentes. Surgem novas terapias, como a termoterapia e a terapia fotodinâmica. Portanto, em algumas das inovações abaixo estarão incorporados conhecimentos de ciência básica em nanociência:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Biofármacos: microorganismos ou células modificadas geneticamente - 5 anos (inovação incremental). -Fitomedicamentos - 5 anos (inovação incremental). - Drogas extraídas de organismos marinhos - 5 anos (inovação incremental). - Terapia gênica: uso de genes normais para substituir genes defeituosos - 10 anos (inovação incremental). -Terapia fotodinâmica, termoterapia, imunoterapia - 5 anos (inovação incremental). -Medicina personalizada: fármacos adaptados à genética do indivíduo - 10 anos (com potencial de inovação disruptiva). -Combate a bactérias super-resistentes - 5 anos (inovação incremental). -Liberação controlada - 5 anos (já é feito, inovação incremental). -Órgãos artificiais, pele artificial e engenharia de tecidos - 10 anos (inovação incremental).
<i>Impactos</i>	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -As tecnologias tendem a gerar inovações de produto, com alto requerimento de esforços em P&D, que podem resultar em tecnologias proprietárias (patentes), que configuram importante barreira à entrada. -Impacto maior sobre empresas com foco em medicamentos genéricos. 	<p>Potencial Disruptivo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Do ponto de vista de ciência e tecnologia prevê-se que avanços em nanomedicina serão disruptivos na próxima década. Entretanto, como é longo o tempo de maturação de produtos em medicina, devido à necessidade de testes clínicos e aprovação de agências regulatórias, considera-se que apenas a medicina personalizada terá caráter disruptivo para a indústria e em um horizonte de 10 anos. -A indústria brasileira de capital nacional terá espaços em nichos do mercado de biofármacos.

	Biotecnologia	Armazenamento de Energia
<i>Principais tecnologias/ Usos</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Diagnósticos (através de marcadores genômicos) e prognósticos específicos para cada (perfil de) paciente -Drogas (novas moléculas) específicas para cada doença (por exemplo, subtipos de tumores, ou doenças cardiovasculares) -Farmacogenômica e Biomarcadores: previsão das diferentes respostas de indivíduos a medicamentos através do estudo de biomarcadores genéticos, isto é, de variações que ocorrem no genoma dos indivíduos e que estão correlacionadas com essas respostas. -Engenharia Genética, Edição Genômica e Biologia Sintética: (a) uso combinado de engenharia genética com técnicas avançadas de biologia celular, (b) novas metodologias de edição genômica, (c) uso terapêutico de micro RNAs (miRNA) e RNAs não codificantes de cadeia longa (lncRNAs), e (d) metodologias emergentes para engenharia do código genético e do metabolismo celular. -Terapias celulares: Medicina Regenerativa, Células-tronco e Biomateriais -Pesquisas clínicas, focadas na resposta individual e não na resposta média à terapia 	<p>-A utilização no setor farmacêutico de nanorobôs, próteses e órgãos autônomos, e de outras soluções baseadas em microeletrônica deverão demandar tecnologias de armazenamento de energia, muitas vezes em escalas nanoscópicas (mas também em escalas maiores).</p>
<i>Impactos</i>	<p>Disruptivo</p> <p>Algumas das inovações são de produto que demandam inovações de processo, novos insumos e abrem novos mercados principalmente no campo da saúde humana e também animal.</p> <p>-Por modificarem radicalmente a base técnica de conhecimentos sobre os fármacos tradicionais, as biotecnologias também podem implicar mudanças organizacionais nas empresas que buscam introduzi-los.</p>	<p>Moderado</p> <p>- Abertura de novos nichos de mercado</p>