



UFRJ

Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ



Novos Materiais para Manufatura Avançada

Marcelle Talone Madruga

Trabalho de Conclusão do Mestrado Profissional realizado no Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Adelaide Maria de Souza Antunes

Co-orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Flávia Maria Lins Mendes

RIO DE JANEIRO

2019



1 Introdução.....	3
2 Objetivo.....	5
3 Justificativa	5
4 Referencial Teórico	5
4.1 Manufatura avançada.....	5
4.2 Novos Materiais.....	9
5 Prospecção Tecnológica	12
6 Metodologia	13
6.1 Publicações.....	14
6.2 Patentes	15
6.3 Critérios de avaliação.....	17
7 Resultados.....	18
7.1 Publicações.....	18
7.2 Documentos de Patentes	27
8 Aspectos Relevantes do Resultado	39
8.1 Impressão 3D de materiais	39
8.2 Sensores	44
8.3 Circuito Integrado.....	48
8.4 Nanomateriais	50
8.5 Demais Classificações	51
9 Considerações Finais	53
Referências.....	55
Anexo 1.....	66
Anexo 2.....	81



UFRJ

1 Introdução

Nos últimos anos iniciou-se uma discussão mundial a respeito da tendência de mudança no ambiente industrial ocasionada pela Indústria 4.0 (Liao, Deschamps, Loures & Ramos, 2017). Este termo foi lançado pelos alemães em janeiro de 2011 por meio da Aliança de Pesquisa Indústria-Ciência, tradução livre de Industry-Science Research Alliance (FU)¹, e em novembro do mesmo ano o termo foi adicionado pelo Governo Federal Alemão ao seu plano de ação High-Tech Strategy 2020 (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013). Entretanto, o conceito também está sendo conhecido como a Quarta Revolução Industrial (Schwab, 2017) ou Manufatura Avançada (PCAST & PITAC, 2011). Como é um assunto relativamente novo, ainda não é possível dizer que existe uma consolidação do nome a qual está sendo endereçado este tema e, por isso, ideias similares são atribuídas como Internet Industrial, Indústria Integrada, Indústria Inteligente ou Manufatura Inteligente (Hermann, Pentek & Otto, 2015). Porém, a partir da leitura especializada é possível entender a abrangência do tema, que não corresponde apenas a máquinas e sistemas inteligentes conectados, mas também à combinação de tecnologias novas e existentes que interagem entre si criando novas possibilidades na indústria, ou seja, uma nova forma de manufatura e serviços (Schwab, 2017). Por exemplo, permitir que fábricas tenham mais controle sobre atividades autônomas e que a automação atue mais intensamente na produção e em atividades preventivas e corretivas. Também cria condições para que linhas de produção possam ser capazes de fabricar tantos produtos de massa quanto personalizados. A interação das tecnologias também tem o potencial de impactar a cadeia produtiva com a disponibilidade de informações em tempo real para fornecedores e clientes, o que pode provocar mudanças como no tamanho e no escopo de centros de distribuição (IEDI, 2017). Assim, pelo potencial de impacto, alguns países, como Estados Unidos da América (EUA) e Alemanha, lançaram programas visando estimular ações que insiram os países na quarta revolução industrial por meio do desenvolvimento e adoção de novas tecnologias, além do aperfeiçoamento das existentes, e principalmente no desenvolvimento de interação entre elas (Lu, 2017).

¹¹¹¹Órgão consultivo central em política de inovação que visa a implementação e o desenvolvimento da Estratégia de Alta Tecnologia do governo federal alemão.



Como as tecnologias são as principais impulsionadoras deste novo cenário industrial e considerando a abordagem que apresenta a indústria 4.0 como uma fusão e interação de tecnologias nos domínios físico, digital e biológico (Schwab, 2017), vale listar algumas delas. A tabela 1 apresenta exemplos de tecnologias associadas aos respectivos domínios (físico, digital e biológico), bem como uma breve descrição destas tecnologias:

Tabela 1: Exemplos de Tecnologias 4.0

Domínio	Exemplos de tecnologia	Breve Descrição
Físico	Veículos autônomos	Carro sem condutor humano e drones.
	Impressoras 3D	Também conhecido como manufatura aditiva. Impressão tridimensional de um objeto a partir de um modelo digital.
	Robótica avançada	A robótica deixa de ser apenas para tarefas programadas e controladas. Robôs mais adaptáveis. Tendência crescente de colaboração homem – máquina.
	Novos materiais	Mais leves, mais resistentes, recicláveis e adaptativos.
Digital	Internet das coisas	Tem como objetivo conectar coisas (produtos, serviços, etc) e pessoas via redes de comunicação, como a Internet.
	Bitcoin e blockchain	Bitcoin é uma moeda digital não controlada pelos Bancos Centrais. Blockchain é a estrutura de dados descentralizada, programável, criptografada, sem o controle de um único usuário ou autoridade e pode ser inspecionada por todos que participam da rede.
	Big data	Conjunto de técnicas e ferramentas computacionais que analisa e avalia grandes volumes de dados.
	Inteligência artificial	Capacidade dos computadores em realizar tarefas associadas exclusivamente a inteligência humana.
Biológico	Biologia sintética	Customiza organismos reescrevendo o DNA.

Fonte: Elaboração própria a partir de informações apresentadas por Schwab, 2017.

Dentre os exemplos listados na tabela 1, ressalta-se a tecnologia de novos materiais, que são considerados materiais mais leves, mais fortes, recicláveis e adaptativos (Schwab, 2017). Importante observar que existe semelhança entre os termos novos materiais e materiais avançados. Staehle (1995) considera que ambos estão na categoria que inclui materiais com alta relação resistência-peso, maior tenacidade, características eletrônicas especiais, características magnéticas especiais ou microestruturas especiais. Mais recentemente, na avaliação de Featherston & O'Sullivan (2014), o termo materiais avançados está geralmente associado a materiais com propriedades significativamente novas ou aprimoradas e esta terminologia pode variar conforme prioridades e estratégias das diversas partes interessadas, como agências, conselhos, instituições.



2 Objetivo

Identificar a tendência de utilização de novos materiais na manufatura avançada por meio da prospecção tecnológica utilizando documentos de patentes e literatura técnica científica.

3 Justificativa

Novos materiais estão entre as tecnologias habilitadoras da manufatura avançada - ou Indústria 4.0. Isto confirma a necessidade e importância de mapear as recentes pesquisas, desenvolvimentos e tecnologias neste subtema, buscando também identificar os atores relevantes.

4 Referencial Teórico

4.1 Manufatura avançada

Em 2013 foi publicado o relatório “Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0” (Kagermann, Wahlster, and Helbig 2013), sendo esta a referência mais citada sobre a quarta revolução industrial no estudo de LIAO et al. (2017), que analisaram artigos acadêmicos publicados até junho de 2016 e onde a definição de quarta revolução industrial foi relacionada a internet das coisas e a sistemas *ciber*-físicos.

O relatório citado tinha como objetivo elaborar as primeiras recomendações de implementação da indústria 4.0 para o governo alemão e foi elaborado por representantes da sua indústria, academia, associações profissionais, governo e coordenado pela Acatech (Academia Nacional de Ciência e Engenharia, tradução livre). Desta forma, buscando destacar algumas das principais características que os autores apresentam sobre o tema, é apresentada a Tabela 2 contendo as características da indústria 4.0 e as consequências que esta proporciona ao mercado:



Tabela 2: Características da indústria 4.0

Características	Consequências
Produtos com identificação única e rastreados a qualquer momento, com informação do seu histórico e situação do momento. Também conhecimento do processo de fabricação e dos parâmetros dentro dos quais funcionam otimamente, além da capacidade de reconhecer sinais de desgaste ao longo do seu ciclo de vida.	<u>Produtos inteligentes</u> . São características além do rastreamento dos produtos.
Os sistemas de produção estão verticalmente conectados aos processos de negócio dentro das plantas fabris e unidades das empresas, além de horizontalmente conectados a redes que podem ser gerenciadas em tempo real, do momento que uma ordem de tarefa é apresentada até a sua saída.	<u>Digitalização de todas as etapas e a consequente integração digital dos processos</u> em toda a cadeia de valor, ou seja, do chão de fábrica às unidades de negócio da empresa e dos seus fornecedores e clientes. São características além da integração vertical e horizontal conhecida até a terceira revolução industrial.
Requisitos de um único cliente poderão ser endereçados e um pedido individual poderá ser fabricado de forma economicamente viável.	<u>Customização na linha de produção</u> .
A dinâmica do negócio e do processo de fabricação permitirá mudanças repentinas na produção e também apresentar uma resposta flexível a interrupções e falhas de fornecedores, por exemplo. Transparência fim a fim no processo de manufatura facilitará a tomada de decisão	<u>Agilidade e disponibilidade da produção</u> , minimizando prejuízos financeiros.
Sistemas ciber-físicos que compreendem máquinas, sistemas de armazenamento e de produção que são capazes de trocar informações de forma autônoma, desencadeando ações e controles entre eles e de forma independente.	<u>Melhorias no processo industrial</u> envolvendo manufatura, engenharia, uso de materiais, "supply chain" (cadeia de suprimentos) e o gerenciamento do ciclo de vida.
Potencial de tratar alguns dos desafios que o mundo atual enfrenta, como eficiência de energia e recursos, produção urbana e mudança demográfica.	A integração física e digital entre os processos têm o <u>potencial de otimizar toda a produção</u> , o que contribui para redução do consumo de recursos, como energia, e redução de emissões poluidoras, por exemplo.
Um sistema inteligente de manutenção e assistência técnica retira a necessidade de ter profissionais executando atividades rotineiras, permitindo que eles possam focar em atividades criativas e de valor agregado. Organizações de trabalho flexíveis permitirão que os seus colaboradores possam combinar de forma mais efetiva o trabalho, a vida privada e o contínuo desenvolvimento profissional.	Melhor equilíbrio entre a vida pessoal e a profissional. Entretanto, haverá o desafio de novos treinamentos provocado pela <u>mudança de perfis de emprego e competência</u> . O trabalho deverá ser organizado de forma que promova o contínuo aprendizado.

Fonte: Elaboração própria a partir de informações apresentadas por Kagernmann, Wahlster, and Helbig 2013

O referente relatório também serviu de base para o lançamento da "Industrie 4.0 Platform", que é uma plataforma liderada por membros do governo federal alemão, representantes da indústria, academia e associações. O trabalho de grupos temáticos visando selecionar tópicos e recomendar ações é uma das atividades da plataforma (Kagernmann, Wahlster, and Helbig 2013).



UFRJ

Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ



Os EUA também tratam o tema por meio da interação de múltiplos agentes. A iniciativa foi lançada em 2011 pelo governo federal americano por meio da parceria “Advanced Manufacturing Partnership” (AMP) que seguiu a orientação do relatório divulgado pelo Conselho Presidencial de Assessores em Ciência e Tecnologia (PCAST & PITAC, 2011). Desta forma, por meio do programa “Manufacturing USA”, onde atualmente fazem parte 14 institutos de inovação, indústria, academia e parceiros do governo, os agentes dialogam e cooperam entre si visando restaurar a proeminência dos EUA na manufatura, e como consequência, aumentar a competitividade industrial, o crescimento econômico e fortalecer a segurança nacional. Cada instituto tem a sua especialidade tecnológica e são resultados de uma parceria público-privada. Por meio de um acordo cooperativo, o financiamento federal é igualado ou excedido pelo financiamento da indústria privada e de outras fontes não federais. O programa é operado pelo Escritório do Programa Nacional de Manufatura Avançada (tradução nossa), que tem sede no Departamento de Comércio e parceria com outros departamentos (“Manufacturing USA”).

A China, outra nação com forte relevância econômica, também lançou uma iniciativa relacionado ao tema. O Made in China (MIC) 2025, inspirado na ação do Governo Alemão, foi apresentado em 2015 e tem o objetivo principal de modernizar a capacidade industrial do país, reduzir a dependência de tecnologia estrangeira e criar empresas chinesas que possam competir globalmente por meio de inovação tecnológica própria (ISDP, 2018). Ao contrário da iniciativa *bottom-up* adotada por outros países, como Alemanha e Estados Unidos, a estratégia chinesa utiliza uma abordagem *top-down*, onde o grupo inter-ministerial “Leading Small Group for Constructing a Manufacturing Superpower”, chefiado pelo vice-primeiro-ministro, é responsável pelo planejamento macro-estratégico e coordenação, e o Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação é responsável pela implementação das políticas (WÜBBEKE et al., 2016).

No Brasil, o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) publicaram em 2016 o documento “Perspectivas de Especialistas Brasileiros: Sobre a Manufatura Avançada no Brasil”, que foi resultado de uma ação de curto prazo estabelecida pela Força-Tarefa de



Manufatura Avançada. Este documento é um registro de *workshops* realizados com especialistas representando instituições públicas, empresas privadas, associações, federações e outras instituições. Neste relatório, os especialistas apontam cinco propostas temáticas apresentadas como prioritárias. Também foram identificados a relação dos temas com os seus respectivos subtemas, conforme a lista a seguir:

1. Convergência e Integração Tecnológica: Digitalização/Ciberfísico; Gestão da Informação e do Conhecimento Tecnológico; Gestão de Big Data; IA/IoT; Interoperabilidade; Máquinas Híbridas; Novos Materiais; Robótica Colaborativa; Sensores/Atuadores.
2. Desenvolvimento de Cadeias Produtivas: Mecanismos de Inserção; Definição de Setores Prioritários; Análise de Lacunas; Definição de Tecnologias Prioritárias; Fortalecimento da Tríplice Hélice; Propriedade Industrial.
3. Recursos Humanos: Habilidade Básica; Habilidade Cognitiva; Habilidade em Gerência de Recurso; Habilidade Sistêmica; Habilidade Social; Habilidade Técnica; Integração Academia-Empresa; Investimento.
4. Regulação: Legislação; Fomento e Incentivos; Marco Regulatório.
5. Infraestrutura: Desenvolvimento de Infraestrutura; Acesso à Infraestrutura; Acesso ao Fomento; Necessidade de Banda Larga; Necessidade de Energia.

Seguindo com as ações de elaboração da estratégia nacional de manufatura avançada, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) lançou em dezembro de 2017 o Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) para Manufatura Avançada no Brasil, ProFuturo ou Produção do Futuro. O plano está baseado na Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2016-2022 e nas recomendações do documento citado acima - Perspectivas de Especialistas Brasileiros sobre Manufatura Avançada no Brasil. A pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria e o estudo contratado da Academia Alemã de Ciência e Engenharia (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften - Acatech) pela Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit – GIZ - GmbH) em cooperação com a Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha, também contribuíram



com dados que foram considerados na elaboração do Plano. Como resultado, foram identificados cinco desafios:

1. Convergência e integração tecnológica em manufatura avançada para aumento da competitividade.
2. Recursos humanos para o desenvolvimento da manufatura avançada.
3. Manufatura avançada para fortalecimento das cadeias produtivas.
4. Promoção das infraestruturas como instrumento de suporte a iniciativas em manufatura avançada.
5. Regulação como indutora da inovação e da mudança tecnológica.

A implementação é conduzida pelo MCTIC, com apoio de estrutura de gestão constituída pelo Comitê de Governança, pela Secretaria Técnica e pelo Fórum Consultivo. O Comitê conta com a participação de instituições governamentais, acadêmicas e empresariais.

Posteriormente, em outubro de 2018, o MCTIC em parceria com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) lançou a Plataforma de Mapeamento de Iniciativas Brasileiras. O intuito é subsidiar as ações de implementação do ProFuturo, pois a coleta de informações sobre os projetos de manufatura avançada que estão em atividade no País poderá auxiliar na identificação de possíveis pontos de atenção na execução da estratégia nacional de manufatura avançada (MCTI, 2018).

4.2 Novos Materiais

O desenvolvimento e aplicação de materiais tem papel relevante na evolução das sociedades. Considerando a evolução dos materiais a partir do fim do século XIX, tem-se os novos materiais sintéticos e outras matérias-primas que foram exploradas como carvão, petróleo e gás natural. Posteriormente, durante o século XX, foram as macroestruturas ou superpolímeros, ligando as unidades moleculares em cadeias super longas (por exemplo, polietileno, estireno, teflon). E desde o final dos anos 1970, segue a customização da estrutura atômica dos materiais, criando, manipulando e reconfigurando unidades



moleculares ou atômicas dentro de uma ampla gama de categorias de materiais (Aschhoff et al.,2010). Deve-se ter em mente que a utilização de materiais e os projetos de engenharia mudam continuamente e que o ritmo desta mudança se acelera. Como mencionado por Smith & Hashemi (2012), a busca por novos materiais é contínua e não há como prever os avanços de longo prazo.

A consciência da importância dos materiais no desenvolvimento tecnológico aumentou nas últimas décadas e, por isso, a elaboração de estudos prospectivos sobre materiais é uma prática em diferentes países (CGEE, 2010). Adicionalmente, o interesse nos materiais avançados é justificado pela estimativa de que a taxa de aplicação dos novos materiais desenvolvidos nos últimos anos é cerca de três vezes maior em comparação com os novos materiais que entraram no mercado no período de 1900-1960 (Aschhoff et al.,2010).

O início da quarta revolução industrial e o esforço dos países de maior relevância econômica em elaborar planos de governo voltados ao desenvolvimento de novas tecnologias reforça a relevância do tema, dado que os materiais avançados ou novos materiais estão incluídos em suas ações de fomento.

A definição clara e objetiva do que são os “materiais avançados” ou “novos materiais” ainda está em construção. Na União Europeia, esta definição está descrita no programa de pesquisa e inovação da União Europeia, “Horizon 2020”, que apoia o desenvolvimento das tecnologias habilitadoras identificadas pela Comissão Europeia em 2009. Este documento aponta as seguintes características dos materiais avançados quando comparadas aos convencionais: apresentam melhores propriedades físico-químicas, como por exemplo, condutividade, peso e durabilidade, além de apresentarem desempenho aprimorado em ambientes ou processos exigentes, como ambientes de maior exigência em temperatura e umidade ou em processos que demandam melhor capacidade elétrica ou redução de tamanho. (Aschhoff et al.,2010).

O Governo dos EUA também inclui o tema materiais avançados entre as áreas tecnológicas identificadas como prioritárias (NSTC, 2016). Entre as características apontadas estão: mais



leves, mais fortes, mais duráveis, mais reativos, capazes de transformar o calor residual em eletricidade e capazes de produzir novos produtos com funções inéditas.

No Brasil, a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (Encti) 2016|2022, que orienta a implementação de políticas públicas de CT&I e que foi divulgada pelo Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações em 2016, inclui materiais avançados entre as tecnologias habilitadores-chave, ou seja, estão entre as tecnologias que criam condições para o estabelecimento da manufatura avançada em diferentes setores da economia, como: energético, metalúrgico, automobilístico, celulose e papel, química e petroquímica, entre outros.

Adicionalmente, o Plano ProFuturo, descrito na seção anterior, reforça a importância do desenvolvimento de novos materiais quando o mantém entre as tecnologias referenciais (*technology drivers*), que são os objetos do Plano para manufatura avançada do MCTIC.

Outra iniciativa nacional é o Projeto Indústria 2027, ação da Confederação Nacional da Indústria (CNI) e da Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI), cujo resultado dos estudos foram apresentados em maio de 2018 e objetiva contribuir na elaboração da estratégia nacional de manufatura avançada. Foram identificadas tendências e o potencial disruptivo de tecnologias no horizonte de cinco a dez anos. Como resultado da análise, materiais avançados estão entre as tecnologias relevantes para a indústria, com intensidade de mudança tecnológica predominantemente incremental e onde o estágio atual convive tecnologias maduras, em seleção e em mutação.

Para o referido Projeto, os materiais avançados são considerados aqueles que adicionam novas características aos materiais tradicionais ou são materiais novos com desempenho superior em uma ou mais características de sua aplicação comercial. O estudo divide materiais avançados em cinco grupos: nanomateriais, materiais autorreparáveis e/ou funcionais, materiais de elevado desempenho, materiais de fontes renováveis, produtos da biorrefinaria e terras raras.



5 Prospecção Tecnológica

Os estudos de prospecção tecnológica auxiliam na identificação de tecnologias promissoras, assim como apontam para possibilidades de negócios e parcerias. Também variam na complexidade do escopo. Desta forma, podem abranger desde o estudo específico de uma empresa até englobar um setor ou toda uma sociedade (Borschiver e Silva, 2016).

A prospecção tecnológica usa diferentes métodos de captação, tratamento e análise de informações para subsidiar os processos de tomada de decisão (Ribeiro, 2018). Por meio de diversos métodos, o estudo prospectivo visa perceber novas tendências, necessidades, novos comportamentos e seus fatores condicionantes. O resultado visa proporcionar um conjunto de informações ou dados destinados a fundamentar decisões de governos e de corporações.

A análise bibliométrica e a análise de mapeamento de patentes estão entre as técnicas de tratamento e análise das informações obtidas. Com a avaliação de artigos publicados sobre um tema, a bibliometria identifica o perfil de esforços em uma determinada tecnologia emergente, e o mapeamento das patentes, por meio de dados como identificação dos inventores, titulares e tipos de tecnologias, provê informações sobre tendências tecnológicas (Ribeiro, 2018).

Apesar da análise de dados de publicação científica e depósito de patentes apresentar limitação em reproduzir a realidade, os indicadores identificados no resultado desta técnica são informações importantes que contribuem para a compreensão do avanço da tecnologia na atualidade (Amaral et al. 2018).



6 Metodologia

Para atender ao objetivo deste trabalho cujo foco principal está em observar as tendências de aplicação de novos materiais na manufatura avançada, foram coletados e tratados os dados selecionados em publicações científicas e depósitos de documentos de patentes.

A partir da análise do referencial teórico, foram escolhidas as palavras chaves similares a manufatura avançada. Vale ressaltar que a internet das coisas e sistemas ciber-físicos foram adicionados, pois também estão associados a definição da quarta revolução industrial por alguns atores, como LIAO et al. (2017), citados no referencial teórico.

Ainda na seleção do universo de busca, foi feita a opção de restringi-lo utilizando a área de conhecimento que tem relação com o tema materiais. Para tanto, foi verificado a abrangência da ciência dos materiais. Esta área pesquisa principalmente a estrutura interna, propriedades e processamento dos materiais, ao passo que a engenharia dos materiais busca utilizar os conhecimentos básicos e aplicados aos materiais visando que estes sejam utilizados em produtos acabados e viáveis para comercialização. Entretanto, embora a ciência dos materiais esteja na ponta do conhecimento básico e a engenharia dos materiais esteja no conhecimento aplicado, não existe uma linha divisória entre elas quando considerado o conhecimento sobre materiais (Smith & Hashemi, 2012). Adicionalmente, os autores verificam a relação da ciência e engenharia dos materiais com a ciência básica e com as outras áreas da engenharia (mecânica, elétrica, civil, química, etc) e observam que embora a ciência básica possa ser considerada na base da relação e as outras áreas da engenharia possam ser visualizada na área mais extrema desta relação, nota-se que as ciências aplicadas (como cerâmica e ciência dos polímeros), estão no centro desta relação. Desta forma, os autores concluem que “a engenharia e a ciência dos materiais formam uma ponte entre as informações sobre materiais oriundas das ciências básicas e as várias áreas da engenharia”. Isto posto, este estudo emprega a ciência de materiais como área de conhecimento selecionada.



6.1 Publicações

Para busca de publicações foi utilizada a base Compendex, disponível no Portal de Periódicos Capes/MEC. A Compendex é uma base de dados com informações de engenharia que são validadas e indexadas por engenheiros usando o Engineering Index Thesaurus na plataforma de busca Engineering Village. A plataforma disponibiliza opções de refinamento de busca e adiciona vocabulário controlado, que é utilizado para padronizar a maneira como os artigos são indexados. Engineering Index foi fundado em 1884 e posteriormente foi combinado ao Compendex. Está disponível somente por meio da plataforma de busca Engineering Village publicado pela Elsevier. Dados de dezembro de 2016 disponibilizados pela Elsevier informam que o Ei Compendex tinha registros de 77 países entre 190 disciplinas de áreas da engenharia, mais de 11 milhões de artigos de periódicos publicados em mais de 3000 periódicos e cerca de 6 milhões de artigos de conferência nesta data (Elsevier, 2018).

Vale observar que utilizando resumo, título e assunto, a pesquisa é feita nos seguintes campos: resumo, título, título traduzido, termo controlado (*Controlled/Subject terms*), cabeçalho principal (*Main Heading*) e termo não controlado (*Uncontrolled terms*). O termo controlado é o vocabulário controlado usado para indexar registros no Compendex e pode ser encontrado no Ei Thesaurus. Compreende uma lista de termos usados com o objetivo de “descrever o conteúdo de um documento da maneira mais específica e consistente possível” (Elsevier, 2018). O cabeçalho principal também é um vocabulário controlado e representa o tema principal do documento. Por outro lado, os termos não controlados são derivados do resumo e das palavras-chave do autor e não da atribuição do Engineering Index Thesaurus. Adicionalmente, o código de classificação é uma hierarquia numérica de categorias de assuntos gerais e é utilizado para limitar a pesquisa na área apropriada.

A pesquisa utilizando a base de dados Compendex, foi realizada utilizando a combinação dos seguintes termos: "fourth industrial revolution" OR "Industry 4.0" OR "Industrie 4.0" OR "advanced manufacturing" OR "smart industry" OR "industrial internet" OR "smart manufacturing" OR "cyber-physical system" OR "internet of things". Os seguintes critérios



foram utilizados: (1) inicialmente a busca utilizando as palavras chaves foi realizada no título, resumo ou assunto da publicação utilizando o operador OR entre os termos; (2) em seguida, foi restrito ao código de classificação “material science”; (3) e, na sequência, foi limitado a documentos em língua inglesa. A tabela 3 apresenta os resultados das buscas em cada etapa da metodologia.

Tabela 3: Critérios de Busca das Publicações

Base de Dados	Compendex	
Período de busca	1884-2018	
Data da realização da Busca	20/06/2018	
ESTRATÉGIA DE BUSCA		Número de Publicações
Título/Resumo/Tópico	("fourth industrial revolution" OR "Industry 4.0" OR "Industrie 4.0" OR "advanced manufacturing" OR "smart industry" OR "industrial internet" OR "smart manufacturing" OR "cyber-physical system" OR "internet of things")	41.557
Código de Classificação	Material Science (código 951)	554
Idioma	Inglês	533

Considerando os critérios de busca apresentados, o resultado corresponde a 533 publicações. Estas publicações foram extraídas da base e foram validadas a partir da leitura do título, resumo, termo controlado, cabeçalho principal e termo não controlado.

6.2 Patentes

A busca por documentos de patentes foi realizada na base Derwent Innovation Index, uma plataforma de pesquisa composta por uma coleção de dados globais de patentes que fornece um conjunto abrangente de documentos de texto completo e desenhos técnicos (Clarivate Analytics, 2019). A base de dados Derwent Innovations Index (DII) organiza as patentes por família, listando juntos todos os documentos referentes a uma mesma invenção. O período de busca disponível na base é de 1963 até o presente e coleta dados de 42 escritórios de patentes no mundo (Portal Periódico Capes, 2017). Nesta pesquisa, o



acesso à Derwent Innovations Index, também foi realizado via Portal Periódicos CAPES/MEC. A estratégia de busca, realizada no dia 25 de junho de 2018, levou em consideração as palavras chaves relacionadas a indústria 4.0 obtidas a partir de pesquisa bibliográfica. Utilizando a função de pesquisa avançada, os termos, elencados na tabela 4, foram buscados nos tópicos dos documentos que abrange título, resumo e palavras chaves dos documentos. Vale resaltar que o período de busca foi de 1963 até a data da busca. Um segundo filtro foi realizado com objetivo de restringir os materiais avançados. Para tanto, utilizou-se a categorização da base subject areas, onde foi selecionada a área de Ciências dos Materiais.

Tabela 4: Estratégia de Busca das Patentes

Base de Dados	Derwent Innovation Index	
Período de busca	1963-2018	
Data da realização da Busca	25/06/2018	
ESTRATÉGIA DE BUSCA		Número de Patentes
Tópico	("fourth industrial revolution" OR "Industry 4.0" OR "Industrie 4.0" OR "advanced manufacturing" OR "smart industry" OR "industrial internet" OR "smart manufacturing" OR "cyber-physical system" OR "internet of things")	17.533
Áreas de Assunto (subject areas)	Materials Science	208

Os 208 documentos de patentes recuperados foram extraídos da base em sua versão completa para validação e categorização a partir da leitura dos títulos e resumos.

Optou-se neste estudo por fazer a busca considerando a área de conhecimento e não utilizar a classificação internacional de patente (IPC – *International Patent Classification*). Como avaliado por Aschhoff et al. (2010), usar os sistemas de classificação de patentes para identificar avanços na tecnologia de materiais é desafiador, pois é possível identificar as diferentes áreas que reportam aos diferentes tipos de materiais, como metais, polímeros e cerâmicos, porém é difícil identificar se as patentes estão relacionadas as características



de um material avançado. Em adição, é difícil identificar a classificação de patente para alguns dos tipos de materiais avançados, como biomateriais, por exemplo.

6.3 Critérios de avaliação

Após a seleção inicial das publicações e dos documentos de patente obtidas por meio das bases de dados, foi feita uma categorização a partir da leitura. Os documentos foram classificados em “manufatura avançada” e “novos materiais” baseado nos seguintes critérios:

Para o tema manufatura avançada foram considerados os produtos ou áreas tecnológicas apresentadas no Plano ProFuturo (tabela 5). Assim, foram selecionados os documentos que explicitamente mencionavam tais produtos ou áreas tecnológicas, assim como, os documentos cujo objeto de estudo ou reivindicação pudesse ser aplicado em tais produtos ou áreas tecnológicas, ainda que não explicitamente mencionado.

Tabela 5: Produtos ou Áreas tecnológicas

Objetos Inteligentes	Sistemas ciberfísicos, IoT, robótica, inteligência artificial, manufatura aditiva, realidade aumentada, sensoriamento;
Conectividade	Comunicação entre objetos inteligentes: Plataforma de comunicação, interoperabilidade;
Habilitadores	Digitalização, Big Data, computação em nuvem;
Integradores	Plataformas tecnológicas, integração de sistemas;
Provedores	Simulação e modelagem, serviços inteligentes de internet, segurança cibernética.

Fonte: Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) para Manufatura Avançada no Brasil, ProFuturo (MCTIC, 2017)

Para o tema novos materiais, foi considerada a similaridade dos termos novos materiais e materiais avançados observado no referencial teórico. Desta forma, foram selecionados os documentos que explicitamente tratam de materiais que “agregam novas características a materiais tradicionais ou são materiais novos com desempenho superior em uma ou mais



características de sua aplicação comercial” (Projeto Indústria 2027). Também foram selecionados os documentos cujos materiais com tais características pudessem ter aplicação no objeto de estudo ou reivindicação, ainda que não explicitamente mencionado.

Os documentos que foram classificados em ambos os temas, manufatura avançada e novos materiais, receberam uma taxonomia com o propósito de identificar e relacionar o seu objeto de estudo ou reivindicação a uma possível aplicação na manufatura avançada. O resultado será apresentado adiante.

7 Resultados

7.1 Publicações

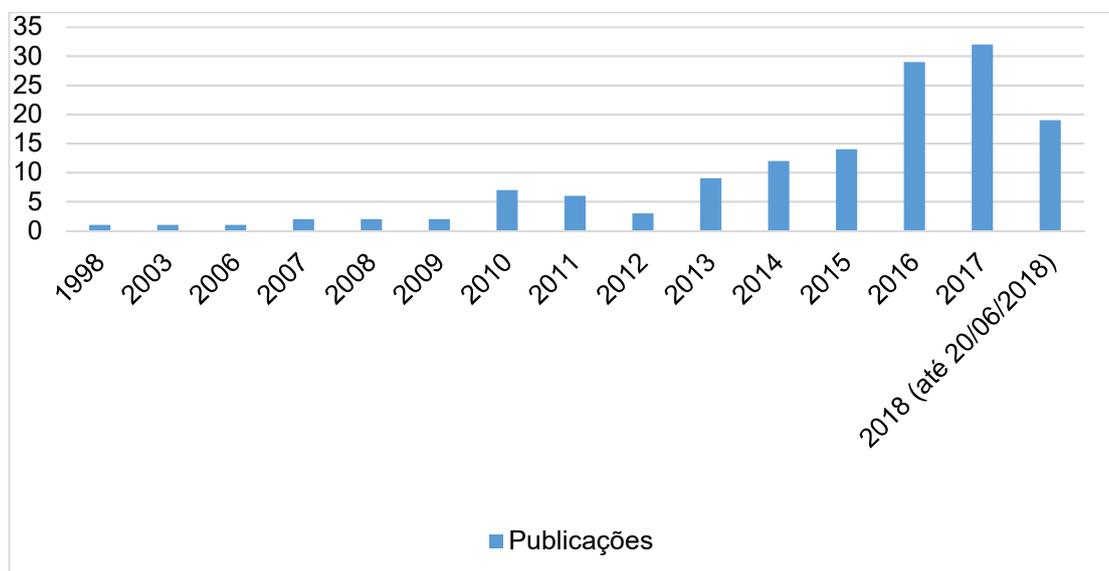
Das 533 publicações avaliadas, 140 foram validadas após leitura por apresentarem relação com ambos os temas analisados: manufatura avançada e novos materiais.

Foi observado que a palavra-chave manufatura avançada adicionou muitos resultados relacionados aos produtos ou áreas tecnológicas do Plano Profuturo, porém sem relação com novos materiais. Isto representou 289 publicações das 533 avaliadas. Foram excluídos também os resultados repetidos, o que representou 15 publicações, e as 89 publicações que não apresentaram relação com o tema manufatura avançada.

Desta forma, considerando as 140 publicações selecionadas, foi elaborado o gráfico 1 que mostra a distribuição por ano de publicação. Historicamente, o tema manufatura avançada ou indústria 4.0 passou a ter maior destaque a partir de 2011, entretanto, na literatura científica observa-se um aumento crescente a partir de 2013. O pico do resultado aconteceu em 2017 com 32 publicações. Entretanto, nota-se que antes mesmo do término do primeiro semestre de 2018, o resultado já mostrava um número de cerca de 60% do resultado no ano de 2017.



Gráfico 1: Publicações relacionadas a Manufatura Avançada e Novos Materiais

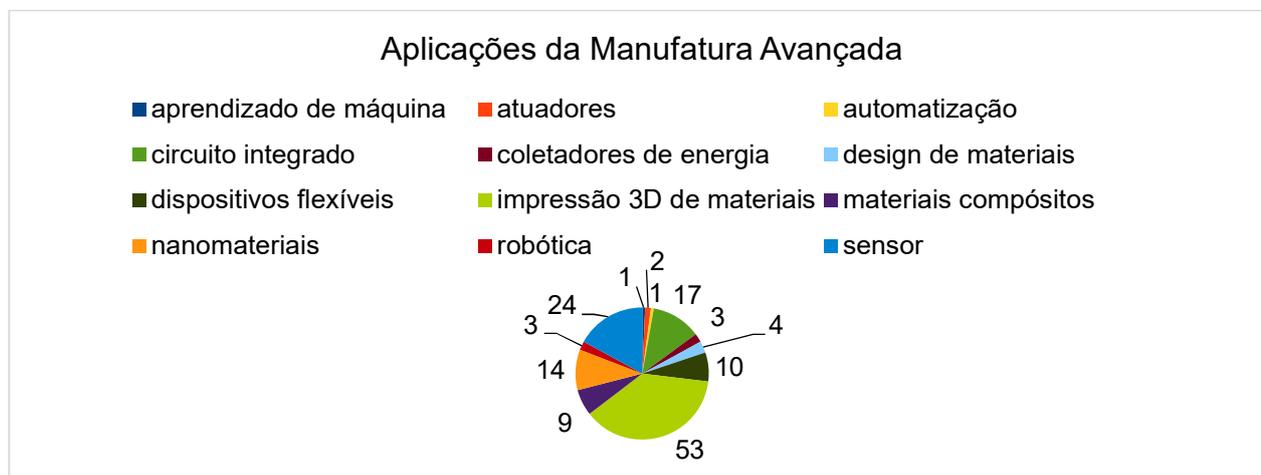


Fonte: Elaboração própria a partir da base Compendex

Como descrito no item 6.3, os documentos classificados em ambos os temas, manufatura avançada e novos materiais, receberam uma taxonomia. No caso das publicações, foram identificadas as seguintes aplicações: aprendizado de máquina, atuadores, automatização, circuito integrado, coletores de energia (*energy harvesters*), design de materiais, dispositivos flexíveis, impressão 3D de materiais, materiais compósitos, nanomateriais, robótica, sensor. Desta forma, o gráfico 2 mostra a relação das publicações a possíveis aplicações na manufatura avançada.



Gráfico 2: Aplicações da Manufatura Avançada



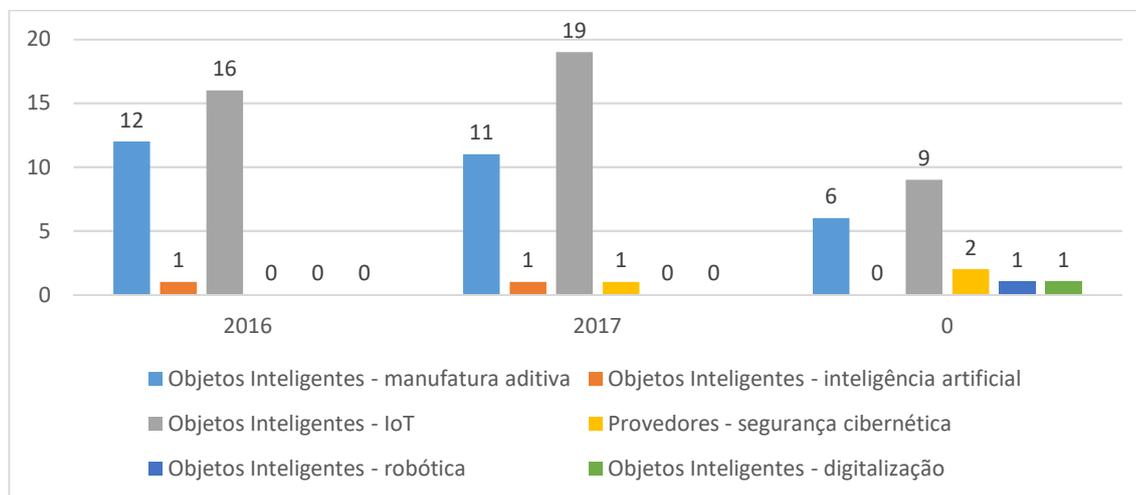
Fonte: Elaboração própria a partir da base Compendex. Período: 1884-2018 (até 20/06/2018)

A aplicação em impressão 3D de materiais representou cerca de 38% do resultado, seguido de sensor, circuito integrado e nanomateriais, com cerca de 16%, 12% e 10%, respectivamente. O conjunto das demais aplicações teve cerca de 24% de participação no resultado. Esta avaliação considerou apenas as aplicações e não a sua relação com os produtos ou áreas tecnológicas.

Dado que os últimos três anos do período da busca foram os que tiveram o maior número de publicações, verificou-se a participação dos produtos referenciados no Plano ProFuturo neste período. Desta forma, o gráfico 3 mostra a distribuição das publicações por aplicação identificada a um produto ou área tecnológica apresentadas na tabela 5.



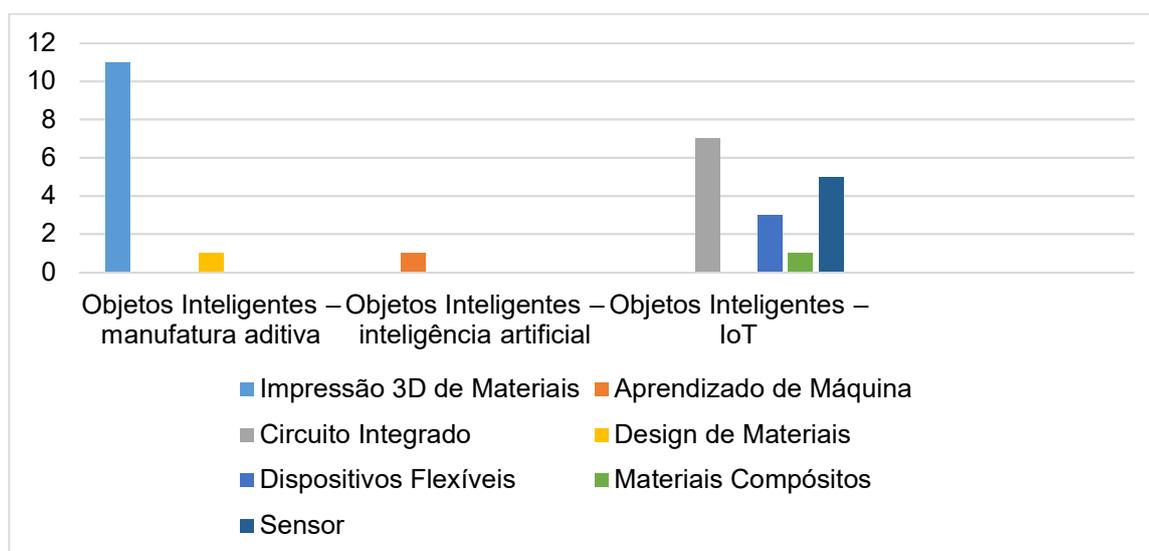
Gráfico 3: Distribuição dos Produtos ou Áreas Tecnológicas



Fonte: Elaboração Própria a partir da base Compendex

Em 2016, internet das coisas (IoT – *internet of things*) e manufatura aditiva foram as áreas dominantes. O mesmo resultado se repete em 2017 e no parcial de 2018. Desta forma, para avaliar quais possíveis aplicações foram identificadas dentro destas áreas tecnológicas foram elaborados os gráficos 4, 5 e 6.

Gráfico 4: Aplicação dos Produtos ou Áreas Tecnológicas no ano de 2016

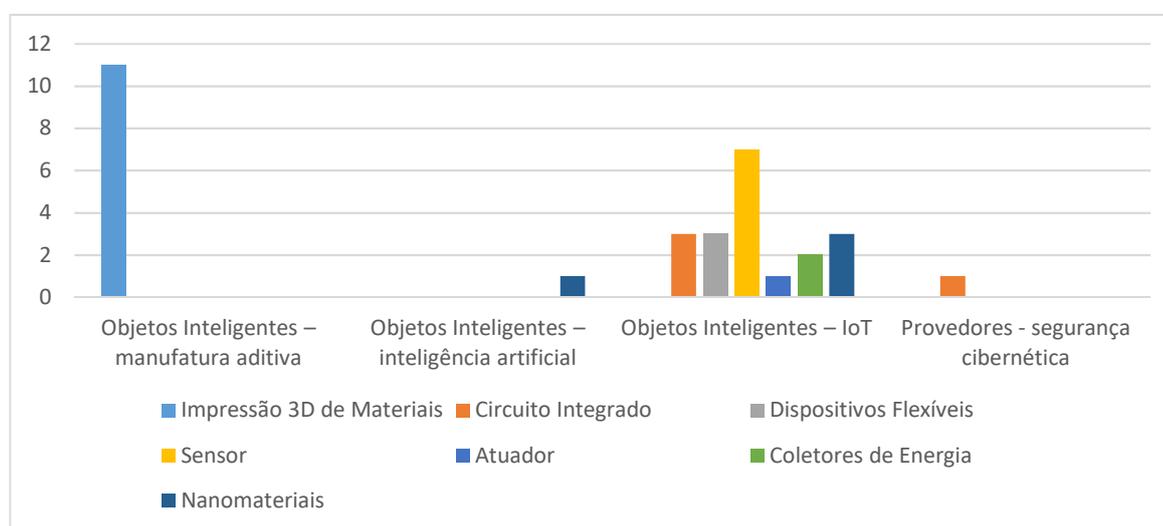


Fonte: Elaboração própria a partir da base Compendex



Em 2016, as aplicações identificadas dentro da manufatura aditiva foram a impressão 3D de materiais e design de materiais. Sendo que a primeira se destacou com 11 publicações contra uma aplicação em design de materiais. Na área internet das coisas, houve uma distribuição entre quatro possíveis aplicações. Circuito integrado, sensor, dispositivos flexíveis e materiais compósitos formaram o resultado nas seguintes participações: 7, 5, 3 e 1 documento respectivamente.

Gráfico 5: Aplicação dos Produtos ou Áreas Tecnológicas no ano de 2017

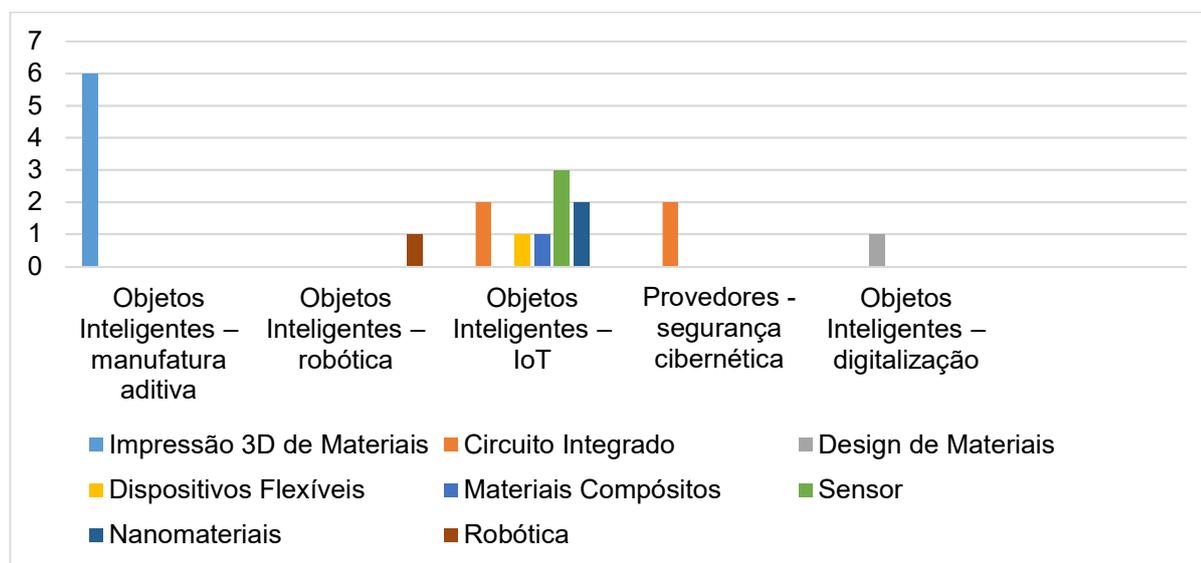


Fonte: Elaboração própria a partir da base Compendex

Em 2017, novamente a área tecnológica internet das coisas foi a que apresentou a maior variedade de possíveis aplicações, que estão distribuídas entre sensor, nanomateriais, circuito integrado, dispositivos flexíveis, coletores de energia e atuador. Juntas estas aplicações somaram 19 publicações. A segunda área mais representada foi novamente a manufatura aditiva com 11 publicações.



Gráfico 6: Aplicação dos Produtos ou Áreas Tecnológicas no parcial de 2018 (até 20/06/2018)



Fonte: Elaboração própria a partir da base Compendex

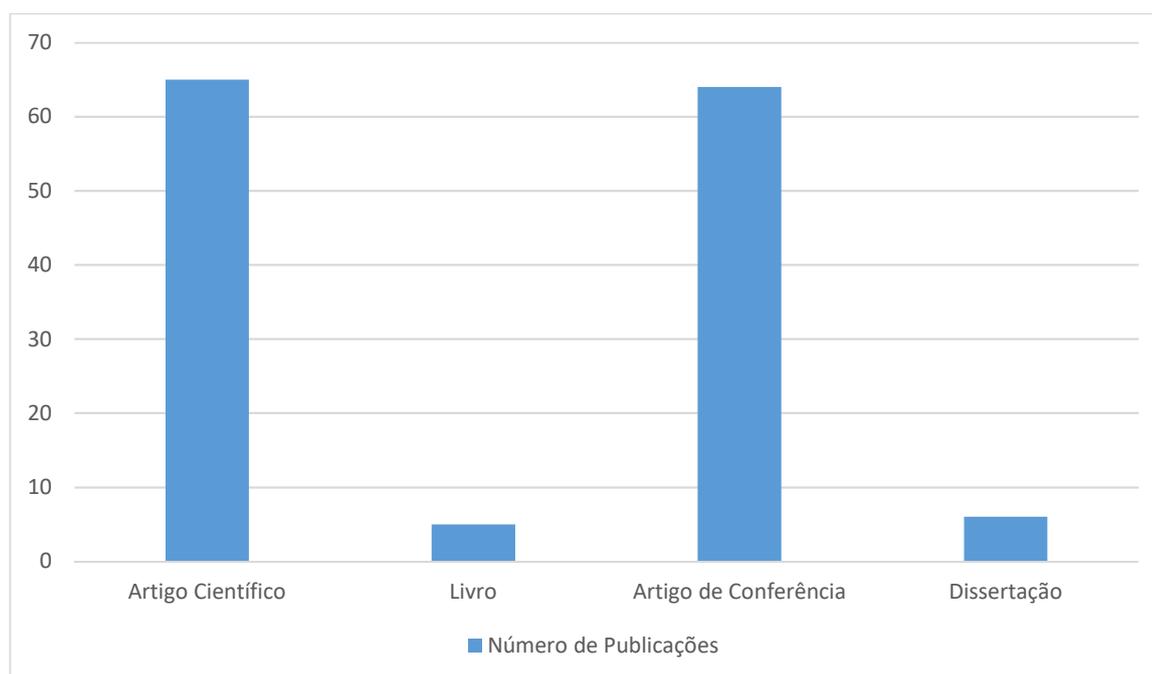
No resultado parcial de 2018, as aplicações identificadas para internet das coisas foram circuito integrado, sensor, nanomateriais, dispositivos flexíveis, materiais compósitos e atuador, que somam 9 publicações. Em segundo, aparece a impressão 3D de materiais relacionada a manufatura aditiva e representada em 6 publicações.

Com os resultados acima observamos a tendência de interesse dos pesquisadores na área tecnológica internet das coisas, pois esta apresenta a maior participação em número e variedade de possíveis aplicações. Considerando o resultado nos três períodos, 80 publicações, 55% das publicações estão relacionadas a internet das coisas. Entre as aplicações, o sensor e o circuito integrado são as duas mais comuns, com 14 e 12 publicações respectivamente. Adicionalmente, também foi verificado a aplicação em dispositivos flexíveis, nanomateriais, atuador, materiais compósitos e coletor de energia, com os números 7, 5, 2, 2 e 1, respectivamente. Na sequência, a segunda maior área de interesse é a manufatura aditiva, com cerca de 36% de publicações, porém com uma tendência de aplicação focada em impressão 3D de materiais.



No gráfico 7 são apresentados os tipos de documentos que formaram o conteúdo do resultado. É possível verificar que artigo em publicação acadêmica e artigo de conferência são os dois tipos predominantes no resultado.

Gráfico 7: Tipos de Publicações relacionadas a Manufatura Avançada e Novos Materiais



Fonte: Elaboração própria a partir da base Compendex. Período: 1884-2018 (até 20/06/2018)

Os dados trabalhados foram dispostos na tabela 6 onde foi feita a classificação dos 140 documentos selecionados. Como demonstração, segue a tabela a seguir com os vinte primeiros documentos selecionados. A tabela completa está apresentada no anexo 1.



Tabela 6: Classificação das Publicações relacionadas a Manufatura Avançada e Novos Materiais

Título	Autor	Pode ser aplicado a um dos produtos ou área tecnológica do Profuturo (vide tabela 5)	Agrega novas características a materiais tradicionais ou são materiais novos com desempenho superior; ou tais materiais podem ser aplicados	Taxonomia sobre possível aplicação	O documento aborda a/o	Manufatura Avançada
<i>Thermodynamically consistent microstructure prediction of additively manufactured materials</i>	Smith, Jacob; Xiong, Wei; Cao, Jian; Liu, Wing Kam	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Incorpora propriedades termodinâmica e avalia a evolução da microestrutura em processos de manufatura aditiva aplicado em metais.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>An Automated Image Analysis Framework for Thermal Barrier Coating Porosity Measurement</i>	Chen, Wei-Bang; Lu, Yongjin; Gao, Song; Zhang, Chengcui; Li, James; Ogunbunmi, Olayinka S.; Pradhan, Ligaj; Ramsundar, Pallant; Zimmerman, Ben	Sim	Sim	Automatização	Técnica de revestimento de barreira térmica automatizada baseada em análise de imagem.	Habilitadores - Digitalização
<i>A fully automated approach for classification of microstructures in thermal barrier coating microscopic images</i>	Chen, Wei-Bang; Li, James; Zimmerman, Ben	Sim	Sim	Aprendizado de máquina	Técnica de revestimento de barreira térmica baseada em aprendizado de máquina.	Objetos inteligentes – inteligência artificial
<i>Effect of autogenous laser weld on microstructure and mechanical properties of inconel 617 nickel alloy</i>	Adamiec, Janusz; Kocurek, Robert	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Efeito da solda a laser (laser welding) na microestrutura e propriedades mecânicas da liga Inconel 617	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>The effect of ultrasonic excitation on the electrical properties and microstructure of printed electronic conductive inks</i>	Bournias-Varotsis, Alkaios; Harris, Russell A.; Friel, Ross J.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Manufatura aditiva ultrassônica (Ultrasonic Additive Manufacturing -UAM)	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Materials testing standards for additive manufacturing of polymer materials: State of the art and standards applicability</i>	Forster, Aaron M.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Métodos de teste padrão de polímeros e compósito de polímeros a partir dos processos de fabricação aditiva.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Phenomenology of Shape Memory Alloys</i>	Antonucci, Vincenza; Martone, Alfonso	Sim	Sim	Dispositivos flexíveis	Material com memória de forma	Objetos inteligentes – IoT



<i>The effect of laser energy input on the microstructure, physical and mechanical properties of Ti-6Al-4V alloys by selective laser melting</i>	Do, Dang Khoa; Li, Peifeng	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Investiga a evolução da microestrutura e as propriedades mecânicas da liga Ti-6Al-4V (titânio) fundidas por laser (Selective laser melting).	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Performance analysis of ball end magnetorheological finishing process with MR polishing fluid</i>	Singh, Anant Kumar; Jha, Sunil; Pandey, Pulak M.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Acabamento de superfícies complexas 3D	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Study on microstructure and formability of laser tailor-welded joints of aluminum alloy thin sheet</i>	Li, Yun Tao; Ye, Juan; Wang, Jin Kui; Song, Ji Shun; Zhang, Jian	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Analisa a microestrutura e propriedades mecânicas da liga de alumínio 6061 fundida por soldagem por feixe de laser (laser beam welding).	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Modelling for randomly oriented multi material additive manufacturing component and its fabrication</i>	Sugavaneswaran, M.; Arumaikkannu, G.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Metodologia para fabricação de materiais orientados aleatoriamente (ROMM) usando a máquina Polyjet 3D Printing	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Effect of friction stir processing on microstructure and mechanical properties of laser-processed [Formula presented] alloy</i>	Kumar, N.; Mishra, R.S.; Dahotre, N.B.; Brennan, R.E.; Doherty, K.J.; Cho, K.C.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Avalia evolução microestrutural e propriedades mecânicas na liga WE43 fundida por laser processing and friction stir processing	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Microstructure and mechanical behaviour of Ti-6Al-7Nb alloy produced by selective laser melting</i>	Chlebus, Edward; Kuz'nicka, Bogumila; Kurzynowski, Tomasz; Dybala, Bogdan	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Avalia a fusão a laser seletiva (SLM) nas propriedades mecânicas e na microestrutura da liga Ti-6Al-7Nb	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Slotted-electrical discharge diamond cut-off grinding of Al/SiC/B4C hybrid metal matrix composite</i>	Yadav, Ravindra Nath; Yadava, Vinod	Sim	Sim	Materiais Compósitos	Compósitos com matriz de metal (MMCs) híbridos e o processo de usinagem híbrida (HMP).	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Polymer structure-property requirements for stereolithographic 3D printing of soft tissue engineering scaffolds</i>	Mondschein, Ryan J.; Kanitkar, Akanksha; Williams, Christopher B.; Verbridge, Scott S.; Long, Timothy E.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Avalia polímeros que são impressos em 3D usando a técnica de estereolitografia para aplicações de engenharia de tecidos moles.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Optomagnetically Controlled Microparticles Manufactured with Glancing Angle Deposition</i>	Lawson, Joseph L.; Jenness, Nathan J.; Clark, Robert L.	Sim	Sim	Nanomateriais	Fabricação de nanoestruturas - técnica GLAD (glancing angle deposition)	Objetos inteligentes – IoT
<i>Modeling of laser-tempering process for hyper-eutectoid steels</i>	Raghavan, Satyanarayanan; Melkote, Shreyes N.; Hong, Jung-Il	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Revenimento de superfície a laser.	Objetos Inteligentes – Manufatura Aditiva



<i>Influence of process parameters on part quality and mechanical properties for DMLS and SLM with iron-based materials</i>	Delgado, Jordi; Ciurana, Joaquim; Rodríguez, Ciro A.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Avalia o DMLS (Direct Metal Laser Sintering) nas propriedades mecânicas de materiais à base de ferro e na qualidade das peças.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Bilayered polyurethane/dipole-dipole and H-bonding interaction reinforced hydrogels as thermo-responsive soft manipulators</i>	Jia, Haiyan; Huang, Zhangjun; Fei, Zhaofu; Dyson, Paul J.; Zheng, Zhen; Wang, Xinling	Sim	Sim	Atuadores	Atuadores baseados em hidrogel	Objetos inteligentes – IoT
<i>Synthesis of Fibrous Complex Structures: Designing Microstructure to Deliver Targeted Macroscale Response</i>	Dell'Isola, Francesco; Steigmann, David; Della Corte, Alessandro	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Modelagem e análise de metamateriais visando a impressão 3D de malhas microestruturadas.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva

Fonte: Elaboração própria a partir da base Compendex. Período: 1884-2018 (até 20/06/2018)

7.2 Documentos de Patentes

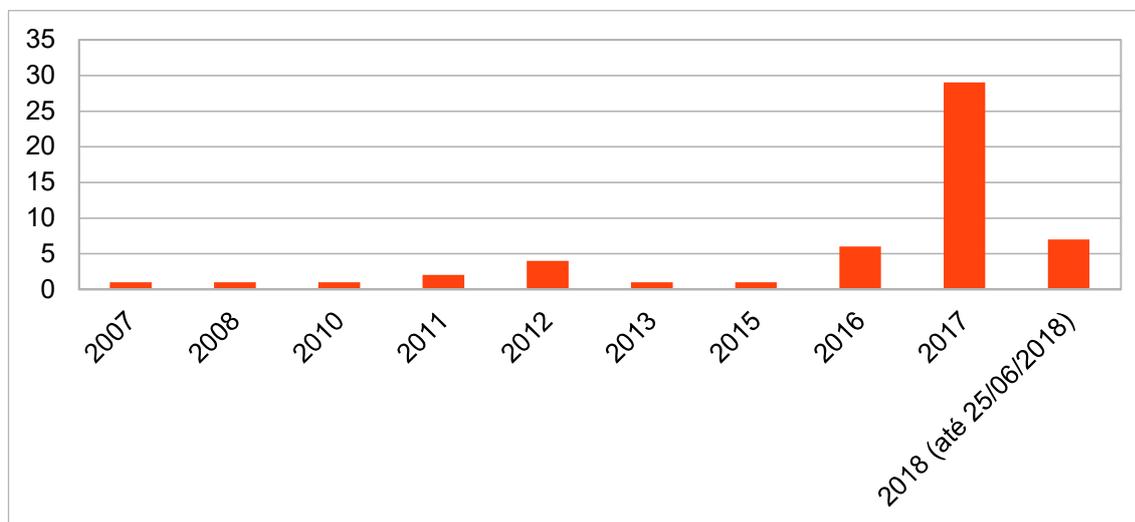
Após leitura dos 208 documentos de patente, foram selecionados e classificados como pertinentes ao estudo 53 documentos. Na análise do ano de publicação das patentes, verificou-se um aumento considerável no ano de 2017. Analisando os dados verificou-se que um mesmo depositante teve 22 patentes publicadas neste ano, o que contribuiu para o destaque no ano de 2017.

Importante destacar que novamente a palavra-chave manufatura avançada adicionou muitos resultados na busca feita na base de dados, o que correspondeu a 187 documentos. Entretanto, quando verificado a sua relação com novos materiais ou materiais com novas características, o resultado foi reduzido para 53. Foram também excluídos 20 documentos que não tinham relação com manufatura avançada e um documento repetido.

Considerando os 53 documentos de patentes selecionados, o gráfico 8 apresenta a distribuição dos documentos por ano de publicação.



Gráfico 8: Patentes Publicadas relacionadas a Manufatura Avançada e Novos Materiais



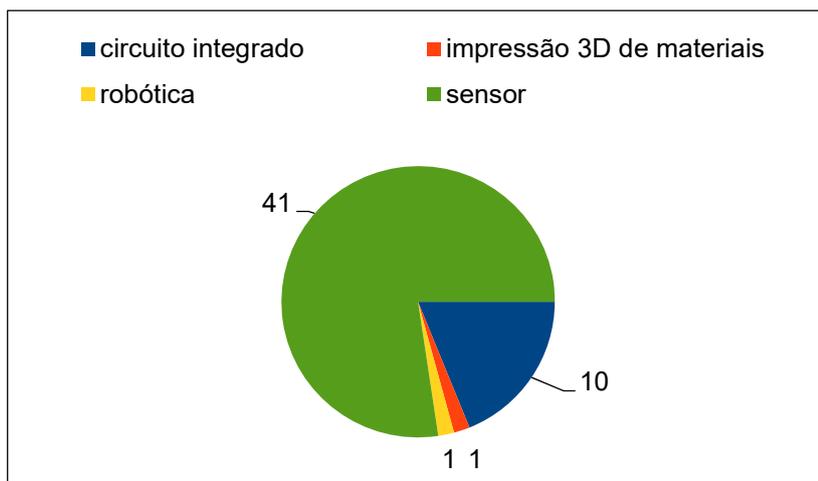
Fonte: Elaboração própria a partir da base Derwent Innovation Index. Período: 1963-2018 (até 25/06/2018)

Como feito com as publicações, os documentos de patentes classificados em ambos os temas, manufatura avançada e novos materiais, receberam uma taxonomia. Ao contrário das publicações, foi identificado um número menor de possíveis aplicações relacionadas aos temas analisados nos documentos de patentes. Desta forma, a taxonomia foi restrita a: circuito integrado, impressão 3D de material, robótica e sensor.



O gráfico 9 mostra a distribuição das possíveis aplicações da manufatura avançada identificadas nos documentos de patentes.

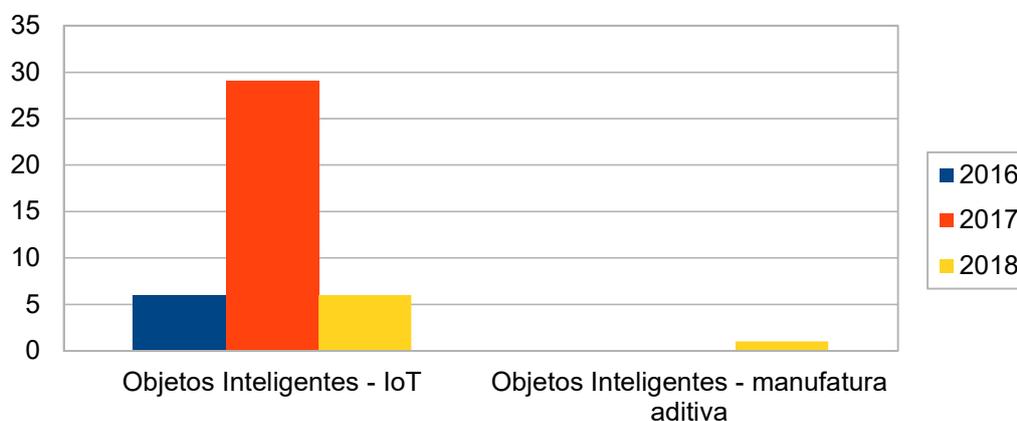
Gráfico 9: Aplicações da Manufatura Avançada



Fonte: Elaboração própria a partir da base Derwent Innovation Index. Período: 1963-2018 (até 25/06/2018)

Posteriormente foi analisado a distribuição dos produtos ou áreas tecnológicas considerando os anos de 2016, 2017 e a parcial de 2018 (gráfico 10). Na sequência observou-se quais as possíveis aplicações estão relacionadas a tais produtos ou áreas tecnológicas (gráfico 11, 12 e 13) neste período.

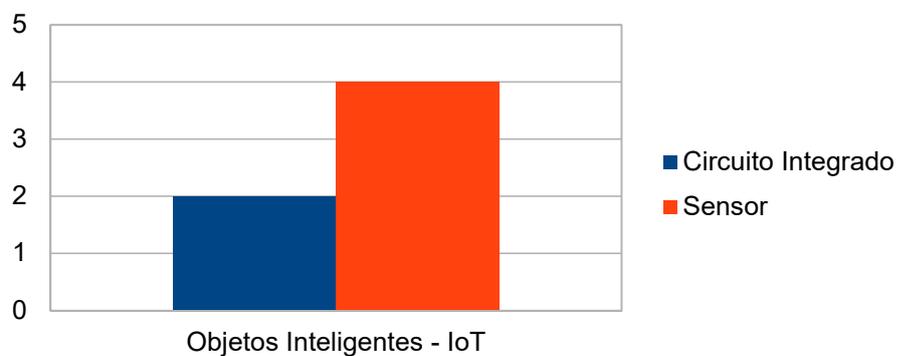
Gráfico 10: Distribuição dos Produtos ou Áreas Tecnológicas



Fonte: Elaboração própria a partir da base Derwent Innovation Index.

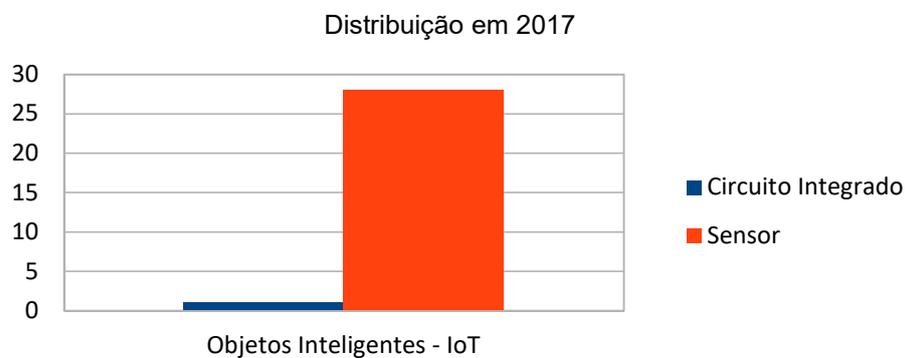


Gráfico 11: Aplicação dos Produtos ou Áreas Tecnológicas no ano de 2016



Fonte: Elaboração própria a partir da base Derwent Innovation Index.

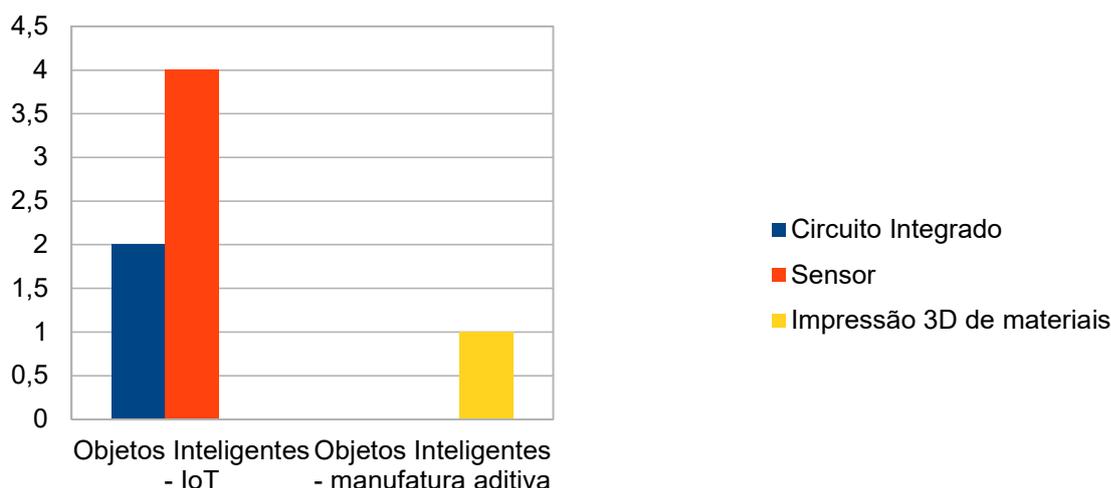
Gráfico 12: Aplicação dos Produtos ou Áreas Tecnológicas no ano de 2017



Fonte: Elaboração própria a partir da base Derwent Innovation Index.



Gráfico 13: Aplicação dos Produtos ou Áreas Tecnológicas no parcial de 2018 (até 25/06/2018)



Fonte: Elaboração própria a partir da base Derwent Innovation Index.

Ao contrário das publicações onde a manufatura aditiva teve uma participação considerável no resultado, no caso dos documentos de patentes esta área tecnológica foi inexpressiva. Por outro lado, novamente a internet das coisas foi o resultado de maior relevância em conjunto com as aplicações em sensor e em circuito integrado. Considerando o resultado nos três períodos, 42 documentos de patente, cerca de 98% dos documentos receberam a classificação em internet das coisas. Neste conjunto, 36 documentos estão relacionados a aplicação em internet das coisas e 5 documentos relacionados a aplicação em sensor e 1 documento relacionado a aplicação em circuito integrado.

Importante ressaltar que no caso das patentes a identificação da relação do objeto com as características de um material avançado não foi tão evidente. Por meio da leitura do resumo da patente, esta relação não se mostrou explícita em muitos casos, adicionando uma dificuldade na classificação dos documentos. Porém foi possível avaliar a sua aplicação. Desta forma, como previsto na metodologia, foram selecionados os documentos onde materiais com novas características ou materiais novos com desempenho superior pudessem ter aplicação, ainda que não explicitamente mencionado.



Assim, foram considerados, por exemplo, os documentos que dentro do escopo de manufatura avançada utilizaram material semicondutor. Como avaliado por Aschhoff et al. (2010), os semicondutores estão entre as áreas de aplicação mais importantes para materiais avançados.

A tabela 7 mostra os países que receberam maior número de depósito das patentes. China e Estados Unidos são os principais, com destaque para China que recebeu 31 depósitos. Neste ponto vale considerar que dentro deste conjunto estão as 22 patentes depositadas na China por Nanjing Jinsonghan Electric Power SCI em 2017 e que todas estão relacionadas a estrutura laser de fibra ótica para uso em dispositivos de internet das coisas.

Tabela 7: Local de Depósito das Patentes

LOCAL DE DEPÓSITO	NÚMERO DE PATENTES DEPOSITADAS
EPO	1
França	1
Alemanha	5
Estados Unidos da América	15
Japão	2
República da Coreia	6
Singapura	1
Taiwan	2
China	31
PCT	2

Fonte: Elaboração própria a partir da base Derwent Innovation Index. Período: 1963-2018 (até 25/06/2018)

A tabela 8 apresenta os depositantes das patentes, que inclui a Intel, Samsung e IBM, empresas conhecidas globalmente. Entre os principais produtos da empresa americana sediada na Califórnia Intel Corp estão os microprocessadores, chipsets, processadores embarcados e produtos de memória e armazenamento. A Samsung Electronics Co. LTD, da Coreia do Sul, produz diversos produtos eletrônicos, como telefones celulares, tablets, painéis LCD e OLED, computadores, monitores e impressoras, além de eletrodomésticos.



A International Business Machines Corporation, IBM, sediada em Nova York, oferece tecnologia e serviços corporativos, que inclui soluções de análise e armazenamento de dados, soluções de software e hardware, suporte técnico, entre outros. Adicionalmente, a LG Innotek Co. LTD, do grupo LG e com sede na Coreia do Sul, desenvolve materiais e componentes para diferentes indústrias, como automotiva, e semicondutores. Tanto a Intel quanto a LG Innotek Co. LTD depositaram suas patentes em 2018. A Samsung Electronics Co. LTD apresentou em 2016 as duas patentes que aparecem neste resultado. A IBM depositou as patentes em 2017 e 2018.

A Globalfoundries, que também se destaca na tabela 8 por ser a empresa com o segundo maior número de patentes, é uma empresa da indústria de semicondutores fundada em 2009 sediada na Califórnia. Projeta e fabrica semicondutores para o setor de tecnologia, além oferecer serviços e soluções, como soluções de radiofrequência para aplicativos IoT.

Os 17 depositantes individuais encontrados no resultado foram agrupados na tabela.

Tabela 8: Nome dos Depositantes da Patente relacionadas a Manufatura Avançada e Novos Materiais

DEPOSITANTES	NÚMERO DE PATENTES DEPOSITADAS
Int business machines corp	3
Jiangsu internet things res dev cent	1
Lg innotek co ltd	1
Intel corp	1
Samsung electronics co ltd	2
Globalfoundries	5
Depositantes individuais	17
Korea institute industrial technology	1
Univ seoul nat sci & technology res	1
Applied materials inc	1
Gh kanto gakuin	1
Taiwan semiconductor mfg co ltd	1
Univ southeast	1



Stmicroelectronics grenoble 2 sas	1
Skyworks solutions inc	1
Nanjing jinsonghan electric power sci	22
Nanjing huibang intelligent technology	2
Wuxi mingni electronic technology co ltd	2
Chinese acad sci shanghai microsystem	1
Shanghai inst microsystem & information	1
Seiko epon corp	1
Soitec silicon on insulator technologies	1
Commissariat energie atomique	1
Nederlandse org toegepast	1

Fonte: Elaboração própria a partir da base Derwent Innovation Index. Período: 1963-2018 (até 25/06/2018)

Como na análise das publicações, os dados trabalhados foram dispostos em uma tabela onde foi feita a classificação dos 53 documentos selecionados. A título de demonstração, segue a tabela 9 com os vinte primeiros documentos selecionados. A tabela completa está disponível no anexo 2.

Tabela 9: Classificação dos documentos de patentes relacionadas a manufatura avançada e novos materiais

Título	Nome do Depositante	Pode ser aplicado a um dos produtos ou área tecnológica do Profuturo (vide tabela 5)	Agrega novas características a materiais tradicionais ou são materiais novos com desempenho superior; ou tem aplicação em tais materiais	Taxonomia sobre possível aplicação	O documento aborda a/o	Manufatura Avançada
<i>Method of forming photovoltaic device used to power LEDs, by conformally forming layer of type III-V semiconductor material on triangular-shaped islands for textured surface of photovoltaic device, and forming LED on textured surface</i>	INT BUSINESS MACHINES CORP (IBMC-C)	Sim	Sim	Sensor	Método de formação de dispositivo fotovoltaico usado para alimentar LEDs. Envolve crescimento epitaxial de material semiconductor.	Objetos inteligentes – IoT



	GLOBAL FOUNDRIES INC (MUBA-C)					
<i>Method for forming metal gate electrode structure of application-specific integrated circuit of e.g. CPU, involves replacing material of placeholder electrode structure with conductive electrode material to form gate electrode structure</i>	GLOBALFOUNDRIES DRESDEN MODULE ONE & CO (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES INC (MUBA-C)	Sim	Sim	Circuito Integrado	Método para formação da estrutura do eletrodo gate de metal do circuito integrado.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Fabricating transistor, comprises forming first cavity in crystalline semiconductor region, forming first semiconductor material, forming second cavity, forming second semiconductor material and forming drain and source regions</i>	GLOBALFOUNDRIES INC (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES DRESDEN MODULE ONE & CO (MUBA-C)	Sim	Sim	Circuito Integrado	Método para fabricação de transistor com desempenho superior. Utiliza hidróxido de tetrametil-amônio que proporciona capacidades superiores de etch-stop.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Method for fabricating semiconductor device e.g. integrated circuit (IC) used in e.g. CPU, involves forming strain-inducing semiconductor alloy in semiconductor region by using spacer element as mask</i>	KRONHOLZ S (KRON-Individual); BOSCHKE R (BOSC-Individual); WIATR M (WIAT-Individual); JAVORKA P (JAVO-Individual); GLOBALFOUNDRIES DRESDEN MODULE ONE & CO (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES INC (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES DRESDEN MODULE ONE & CO (MUBA-C)	Sim	Sim	Circuito Integrado	Método para fabricar dispositivo semiconductor. O comportamento de oxidação dos materiais semicondutores (siliceto de metal) do eletrodo gate é modificado.	Objetos inteligentes – IoT



<p><i>Method of manufacturing semiconductor device e.g. integrated circuit, involves forming hard mask so as to cover right semiconductor region/right gate electrode structure and to expose spacer layer</i></p>	<p>LENSKI M (LENS-Individual); RUTTLOFF K (RUTT-Individual); MAZUR M (MAZU-Individual); SELIGER F (SELI-Individual); OTTERBACH R (OTTE-Individual); GLOBALFOUNDRIES DRESDEN MODULE ONE & CO (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES INC (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES DRESDEN MODULE ONE & CO (MUBA-C)</p>	Sim	Sim	Circuito Integrado	<p>Método para fabricar dispositivo semicondutor. Forma uma camada espaçadora acima das regiões semicondutoras e estruturas de eletrodos gate.</p>	Objetos inteligentes – IoT
<p><i>Multi-layer wiring substrate for e.g. electronic device, has first wiring pattern formed on side of substrate body, where insulating layers and substrate body are coated with silver nano-particle ink using contactless printing technology</i></p>	<p>KOREA INST IND TECHNOLOGY (KTEC-C)</p>	Sim	Sim	Sensor	<p>Substrato multicamada para um dispositivo eletrônico. Utiliza tinta de nano partículas de prata.</p>	Objetos inteligentes – IoT
<p><i>Method for fabricating radio frequency fully depleted silicon on insulator devices, involves constructing localized areas of wafer comprising radio circuits and passive devices, where thin buried oxide layer extends into areas of wafer</i></p>	<p>INT BUSINESS MACHINES CORP (IBMC-C)</p>	Sim	Sim	Circuito Integrado	<p>Método para fabricar wafer (fina fatia de material semicondutor) de silício para circuitos digitais usando a tecnologia FD-SOI.</p>	Objetos inteligentes – IoT
<p><i>Method of forming electrically conductive circuit pattern of transparent material, involves depositing metal element on transparent material through reduction reaction of metal element contained in light absorbing solution</i></p>	<p>UNIV SEOUL NAT SCI & TECHNOLOGY RES (USEO-C)</p>	Sim	Sim	Sensor	<p>Método de formação de circuito eletricamente condutor de material transparente, usado como eletrodo transparente em tela sensível ao toque.</p>	Objetos inteligentes – IoT
<p><i>Method of forming energy storage device, involves delivering filtered molten metal to three dimensional printing device, and forming metal film on substrate by printing filtered molten metal on substrate</i></p>	<p>APPLIED MATERIALS INC (APMA-C)</p>	Sim	Sim	Impressão 3D de material	<p>Processo de purificação de metal fundido filtrado para uso em dispositivo de impressão tridimensional</p>	Objetos inteligentes – manufatura aditiva



<i>Production of cycloolefin yarn used as wearable electroconductive fiber, involves adsorbing palladium and tin on surface of cycloolefin fiber, oxidizing tin, subjecting obtained yarn to electroless plating, and removing moisture from fiber</i>	GH KANTO GAKUIN (KANT-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Produção de fio de cicloolefina usado como fibra eletrocondutiva vestível.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Smart mattress, has generation pad part equipped in upper portion of mat part and for converting electricity into thermal energy, and internal state measuring sensor equipped in mat part and sensing pollution level of mat part</i>	AN J H (ANJH-Individual)	Sim	Sim	Sensor	Colchão com sensor que monitora informações do corpo do usuário ou informações ambientais. Utiliza tecido com fibra condutora.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Manufacturing method of semiconductor device, by forming contact plug in contact opening and over exposed portion of active area and exposed portion of spacer</i>	TAIWAN SEMICONDUCTOR MFG CO LTD (TSMC-C)	Sim	Sim	Circuito Integrado	Método de fabricação de dispositivo semicondutor, de uma estrutura FinFET e de uma célula de memória.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Thermoelectric conversion-oriented silicon on insulator-based laterally diffused MOS power transistor for internet of things (IoT), has adjacent thermocouple metal arm and thermocouple N type polycrystalline silicon arm connected in series</i>	UNIV SOUTHEAST (UYSE-C)	Sim	Sim	Circuito Integrado	Transistor de potência LDMOS com base em conversão termoelétrica de silício em isolante (SOI – silicon-on-insulator)	Objetos inteligentes – IoT
<i>Electronic device has conductive structure extending between second molding level and substrate and electrically coupling passive component, which comprises electrostatic protection device, to conductive area of substrate</i>	STMICROELECTRONICS GRENoble 2 SAS (SGSA-C)	Sim	Sim	Sensor	Método de fabricação de um dispositivo eletrônico mais compacto e mais adequado para determinados usos.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Ceramic material used for e.g. cellular base station, comprises barium magnesium tantalite and tungsten oxide and/or perovskite crystal structure incorporated into tantalate to form material having preset quality factor at preset frequency</i>	SKYWORCS SOLUTIONS INC (SKYW-C)	Sim	Sim	Sensor	Material cerâmico de alta qualidade para aplicações de comunicação sem fio.	Objetos inteligentes – IoT

Fonte: Elaboração própria a partir da base Derwent Innovation Index. Período: 1963-2018 (até 25/06/2018)



8 Aspectos Relevantes do Resultado

Em complemento a avaliação inicial foi feito uma análise dos resultados com o propósito de destacar os aspectos mais relevantes e a inter-relação entre as informações.

8.1 Impressão 3D de materiais

A impressão 3D de materiais foi identificada como a aplicação relacionada a manufatura aditiva e teve expressiva frequência no resultado. Dentro deste tópico, o uso do laser por meio de técnicas como fusão seletiva a laser (selective laser melting – SLM), sinterização seletiva a laser (selective laser sintering – SLS) e fusão por feixe de elétrons (electron beam melting – EBM) é avaliado por alguns autores.

Como descrevem Do e Li (2016), que investigaram a evolução da microestrutura e as propriedades mecânicas da liga Ti-6Al-4V fundidas por laser, a técnica de fusão seletiva a laser (SLM) pode controlar por meio de parâmetros do processamento a evolução da microestrutura e as propriedades mecânicas dos produtos manufaturados. Também Chlebus et al. (2011) analisaram a influência da técnica nas propriedades mecânicas e na microestrutura da liga Ti-6Al-7Nb. Ainda sobre a manipulação dos parâmetros da técnica visando o aprimoramento das propriedades do material, Attar et al. (2014) mostram que foi possível melhorar a resistência à microdureza, compressão e tração das peças de titânio comercialmente puro (CP-Ti), se comparada com tecnologias tradicionais de fabricação.

Tshabalala et al. (2018) observam que embora o uso do material em pó na manufatura aditiva seja muito comum, a sua produção e a otimização das suas propriedades ainda representa um desafio para os pesquisadores. Assim, os autores investigam as propriedades do pó da liga Ti-6Al-4V atomizado por gás usando microscopia eletrônica de varredura, EDS, distribuição de tamanho de partículas e reologia em pó.

Além da possibilidade de melhoria das propriedades do material, a importância do laser na manufatura aditiva também pode ser compreendida quando é avaliada a construção do



objeto 3D, que é uma das etapas da fabricação em manufatura aditiva. Como apresentado por Lee et al. (2017), alguns processos desta etapa são: fotopolimerização, extrusão de material, fusão em cama de pó (poder bed fusion) e deposição de energia dirigida (powder bed fusion). A construção do objeto é feita via deposição de camada a camada e durante este processo, a energia deve ser transferida para o material a ser derretido, amolecido ou curado em posição indicada. A energia pode ser transferida diretamente para o material, que é colocado na posição desejada com antecedência. A fonte de energia usada com maior frequência para fazer isto é o laser, pois os feixes de laser de alta intensidade e irradiados para o material impresso podem ser eficientemente absorvidos sem qualquer meio de transferência, além de focar em pequenos pontos, conforme exposto por Lee et al. (2017). Os autores também analisaram os fundamentos do laser na manufatura aditiva e identificaram que os lasers Yb estão substituindo os lasers Nd:YAG devido a sua melhora progressiva em “potência média mais alta, alta estabilidade do sistema, ajuste paramétrico de alto nível e baixos custos de manutenção.” Em adição, discutiram sobre os seguintes parâmetros críticos do laser na manufatura aditiva: comprimento de onda em operação, potência média, energia do pulso, intensidade, duração do pulso, qualidade do feixe e tamanho do ponto focalizado. Na tabela 10, são apresentados os tipos de lasers em diferentes impressoras 3D comercializadas.

Tabela 10: Tipos de lasers por impressoras 3D comercializadas

Company	System	Process	Power	Laser type
<u>Photopolymer resins</u>				
3D Systems	ProX series	SLA	up to 1.45 W	Nd:YVO4 laser
CTC	Riverbase 500	SLA	300-500 mW	Nd:YVO4 laser
<u>Polymer powders</u>				
3D Systems	sPro series	SLS	30-230 W	CO2 laser
EOS	EOSINT P series	SLS	50 W	CO2 laser
<u>Metal powders</u>				
3D Systems	ProX DMP series	DMP/SLM	500-1000 W	Yb-fiber laser
SLM Solutions	SLM HL series	SLM	400-1000 W	Yb-fiber laser
Optomec	LENS series	LENS/DMD	400-1000 W	Yb-fiber laser
EOS	EOS M series	DMLS	200-400 W	Yb-fiber laser
Matsuura	LUMEX Avance series	DMLS/ Milling	400-1000 W	Yb-fiber laser
Concept Laser	LaserCUSING series	SLM	100-1000 W	Yb-fiber laser
<u>Metal wire</u>				
Irepa Laser	EasyCLAD MAGIC LF6000	LC	750-4000 W	Yb-fiber laser
Huffman	H series	LC	400 W	Yb-fiber laser

Fonte: Transcrito de Lasers in additive manufacturing: A review. Lee et al (2017).



O uso do laser também é destacado nesta revisão de documentos. Dahotre (2013) examinou a interação do laser em diferentes escalas e seus efeitos nos materiais. Explica que características únicas dos lasers permitem evoluções físicas, químicas e microestruturais em múltiplas escalas e de maneira precisa que normalmente não são possíveis pelas técnicas convencionais. Em adição, Zhang et al (2018) investigaram o cristal de laser Yb:YAG, avaliando a sua produção, propriedades e desempenho. Sua aplicação pode acontecer em sensoriamento remoto, comunicações ópticas, dispositivos médicos, entre outras.

No resultado da presente pesquisa, duas novas técnicas de manufatura aditiva foram identificadas. O estudo de Cunico e Carvalho (2016), da Universidade de São Paulo, propôs uma nova tecnologia de manufatura aditiva que é baseada na formação seletiva de compósito de acrilato de celulose (selective formation of cellulose-acrylate composite). Adicionalmente, foi desenvolvido um material compósito à base de fotopolímero de celulose, o que incluiu a indicação da formulação que resulta nos valores máximos de aderência da camada, resistência à tração do compósito e o efeito da água na resistência mecânica do material. Portanto, além de propor um processo que combina os benefícios das fibras e dos fotopolímeros, o trabalho relata o desenvolvimento do material e a viabilidade funcional do conceito proposto.

Por outro lado, com foco na engenharia celular e biomanufatura aditiva, Tourlomousis (2017) desenvolve um processo de manufatura aditiva baseado em eletro-hidrodinâmica de alta resolução visando fabricar substratos fibrosos em microescala 3D com tamanhos de características geométricas nas escalas de comprimento operacional da célula (10-100 μm).

O uso do titânio e ligas baseadas em titânio na manufatura aditiva está relacionado ao seu potencial de aplicação em próteses corporais ou implantes dentários devido a sua biocompatibilidade (Yap et al., 2015). De fato, a presente revisão de documentos identificou estudos com titânio e suas ligas. Entretanto, para aplicação médica foram identificados também pesquisas com outros materiais.



Mondschein et al. (2017) avaliaram a síntese, propriedades e aplicações avançadas de polímeros sintéticos e naturais impressos em 3D usando estereolitografia (SLA) para aplicações de engenharia de tecidos moles. Também consideram desafiador combinar a técnica de fabricação avançada com as propriedades do polímero e manter as propriedades químicas, biológicas e mecânicas adequadas para a substituição de tecidos.

Duan e Wang (2010) estudaram o uso da técnica de SLS (selective laser sintering) para formar estruturas complexas como uma rota promissora para a regeneração individualizada do tecido ósseo. Investigaram a integração desta técnica, material nanocompósito e entrega controlada de fator de crescimento para formar arcabouços (scaffold) de engenharia de tecidos multifuncionais. Baseado em microesferas de nanocompósito de fosfato de cálcio (Ca-P)/poli (hidroxibutirato-co-hidroxivalerato) (PHBV), scaffolds tridimensionais de nanocompósito Ca-P/PHBV com arquitetura customizada, porosidade controlada e estrutura porosa totalmente interligada foram fabricados por sinterização a laser (SLS).

Pinkerton (2015) considera que limitações de qualidade de superfície podem ser vistas como inerentes ao processo de fabricação em camadas. Também julga que a qualidade da superfície e a necessidade de aumentar a repetibilidade do processo e a reprodutibilidade da peça estão entre os fatores importantes do processo e do equipamento.

Na direção deste entendimento, esta revisão de documentos observa que o tratamento de superfície, o tratamento térmico e os métodos de teste também são tópicos abordados na manufatura aditiva.

Raghavan et al (2014) avaliam que o comportamento do revenimento de superfície a laser pode ser vantajoso em processos de manufatura avançada que exigem o amaciamento controlado das camadas superficiais de aços de alta resistência. Assim, apresentam um modelo para selecionar os parâmetros do laser que fazem o revenimento das camadas superficiais. Arisoy (2016) modelou os fenômenos que resultam em alterações microestruturais visando melhorar a integridade superficial das peças fabricadas. Comparou processo de fabricação convencional e a fusão seletiva a laser de ligas em pó à base de níquel.



Hayes et. al (2017) avaliaram diferentes tratamentos térmicos aplicados a liga Ti-6Al-4V manufaturada aditivamente visando obter equações constitutivas que possam prever a força de rendimento da liga. Kiel-Jamrozik et. al (2018) analisaram o efeito de tratamentos térmicos na microestrutura e propriedades mecânicas da liga Ti-6Al-4V processada por fusão seletiva a laser (SLM) e avaliaram que esta técnica de produção acumula tensões térmicas devido a altos gradientes de temperatura. Por conta disto, os tratamentos térmicos devem ser usados.

Forster (2015) analisa a aplicabilidade dos atuais métodos de teste padrão da American Society for Testing Materials International (ASTM) e da International Standards Organization (ISO) para propriedades mecânicas e falhas de polímeros e compósito de polímeros gerados a partir dos processos de fabricação aditiva e destaca a necessidade de desenvolver diretrizes específicas para testar materiais manufaturados aditivamente.

O termo metamaterial é utilizado para classificar materiais projetados cujas propriedades não existem na natureza. Goulas et al. (2018) consideram metamateriais como novos materiais eletromagnéticos cujas propriedades efetivas são entregues por sua estrutura, em vez do comportamento dos materiais que os compõem, e por suas características geométricas gerais como tamanho, orientação e disposição de suas células unitárias no espaço. Também observam que a manufatura aditiva possui a capacidade de fornecer estruturas tridimensionais de alta complexidade geométrica conforme necessário para a realização de metamateriais 3D.

Nesta pesquisa o tópico é abordado por Dell'Isola et al. (2015), que observam que os processos de fabricação avançaram ao ponto de os metamateriais poderem ser projetados e fabricados com propriedades selecionadas. Os autores propõem uma modelagem e análise de metamateriais visando a impressão 3D de malhas microestruturadas.

Na avaliação das patentes, foi identificado somente uma aplicação em manufatura aditiva. A empresa Applied Materials, Inc. teve sua solicitação de patente publicada em 2018 e trata



de um processo de purificação de metal fundido filtrado para uso em dispositivo de impressão tridimensional.

8.2 Sensores

A taxonomia sensor também apresentou resultado significativo. Importante ressaltar que em alguns casos o tema abordado nas publicações também poderia ser aplicado a atuadores. Mas onde não estava explicitamente identificado, optou-se por classificar a publicação como uso em sensor para facilitar o agrupamento das informações.

Como descrito por Zheludev (2010), os metamateriais exibem propriedades adequadas para uso em sensores e sua aplicação nestes tipos de dispositivos representa uma área de pesquisa crescente. Chen e Fan também apontaram que as propriedades do metamaterial tem aplicações em sensoriamento remoto (2017). Rahman et al. (2018) dedicaram o estudo a mostrar a aplicação do metamaterial em sensores e os resultados foram satisfatórios em apresentar o metamaterial como apropriado a aplicações em sensor de microondas.

Desta forma, a relevância deste tipo de material também se mostrou no resultado na presente revisão de publicações.

Zhou et al. (2016) projetaram antenas de recepção com base em metamateriais plasmáticos para coleta de energia sem fio. Entre outras aplicações, o seu uso se aplica a rede de sensores sem fio. Mckinley (2017) destinou o estudo a antenas de loop e nanorings para uso em comunicações e com metamateriais. Os efeitos da impedância da superfície, escalonamento do comprimento de onda e a degradação da intensidade do sinal são modelados e verificados usando ferramentas de simulação. Kim et al. (2013) utilizaram antenas inspiradas em metamateriais para aplicações de sensoriamento capacitivo. Bagri e Meena (2016) propõem uma antena com estrutura de metamaterial projetada para obter melhor resultado na largura de banda e redução na perda de retorno na frequência de operação de 24 GHz.



Zhou et al. (2016) propõem um absorvedor de metamaterial com camada dupla de banda cruzada com propriedades de largura de banda expandida. Gullu destaca que os metamateriais exibem uma resposta eletromagnética superior que pode ser obtida pela combinação de diferentes materiais sujeitos às métricas desejadas. Entretanto, o autor aponta que a combinação perfeita de materiais é única e extremamente difícil de determinar sem esquemas formais de síntese. Assim, propõe um modelo para projetar a microestrutura de materiais 3D com tensores multi-físicos de materiais eletromagnéticos prescritos. Os resultados iniciais do projeto apontaram para possibilidade de sintetizar microestruturas alternativas de metamateriais com possíveis propriedades físicas adicionais, como metamateriais com comportamento térmico e mecânico desejados.

Embora não esteja entre os resultados da pesquisa, vale destacar que estudantes do Centro de Estudos em Telecomunicações (CETUC) - PUC/RJ ganharam competição internacional, International Microwave Symposium - IMS 2017, com o trabalho de sistemas de transmissão de energia sem fio para dispositivos eletrônicos comerciais, como smartphones e laptops. O trabalho utilizou metamaterial para melhorar o acoplamento magnético entre as bobinas. O CETUC iniciou o estudo de transmissão de energia sem fio em 2014.

Outro tópico abordado entre os resultados da pesquisa é a utilização de material piezoelétrico. Este tipo de material tem a característica de produzir cargas elétricas quando exposto a uma tensão mecânica. O efeito inverso também acontece. O material apresenta uma deformação geométrica proporcional a um campo elétrico aplicado (Uchino, 2017).

Wang et al. (2010) analisaram nanogeradores, piezotrônicos e piezo-fototrônicos desenvolvidos com base em nanofios. No dispositivo desenvolvido a corrente elétrica é gerada pela deformação de nanofios de óxido de zinco. Esta característica é útil em áreas envolvendo ações mecânicas, como sistemas microeletromecânicos (MEMS) e nanoeletromecânicos (NEMS), sensores e atuadores. A pesquisa com sensor de nanofio de óxido de metal também foi abordada por Zeng et al. (2017), que apresentaram um método que proporciona a estabilidade elétrica de longo prazo no sensor químico utilizando



uma camada de contato de óxido de metal altamente dopada. Os autores afirmam que o conceito fundamental proposto pode ser aplicado a várias nanoestruturas de óxidos. Isto forneceria uma base para projetar sensores baseados em nanomateriais de óxido estável a longo prazo.

Lu et al. (2014) investigaram as características piezorresistivas e mecânicas do filme nanopolissilício que pode ser aplicado ao sensor piezorresistivo. Cabe observar que os sensores piezorresistentes sofrem mudança na resistividade elétrica de um material quando este é deformado (Regtien, 2012).

Observado que outros materiais também são avaliados. Sebastian et al (2016) pesquisaram os materiais cerâmicos dielétricos de microondas de baixa perda com temperaturas ultrabaixas de sinterização. Wu et al (2018) dedicaram a pesquisa ao sensor de óxido de grafeno reduzido (RGO) tridimensional, superhidrofóbico e com estruturas hierárquicas únicas, que apresenta uma boa tolerância a variações ambientais, como umidade e temperatura. Ren e Collins (2017) estudam o efeito do Antimônio (Sb) na microestrutura, propriedades térmicas e mecânicas de ligas Sn-8Zn-3Bi, que tem potencial para aplicações sensíveis à temperatura, como sensores microeletromecânicos (MEMS). Suu et al (2017) relatam um desenvolvimento que também pode ter aplicação em sensores microeletromecânicos (MEMS). Neste caso os pesquisadores se dedicaram ao desenvolvimento de mudança de fase e tecnologias de processamento de filme ferroelétrico fino.

Outro ponto a ser destacado é a aplicação de sensores táteis. Como descrito por Yang et al. (2017), os sensores táteis podem coletar dados de propriedades mecânicas do corpo humano e do ambiente local, para fornecer informações sobre o estado da saúde de uma pessoa, por exemplo. Os autores revisam o tema abordando, entre outros pontos, as aplicações promissoras.

No resultado das patentes, a aplicação de sensor tátil também foi verificada. A empresa sul-coreana LG Innotek co. Ltd depositou em 2018 uma patente sobre sensor, que utiliza tecido com fibra condutora para detecção de umidade em assento de veículo, luvas e tapete. Outra



patente relacionada ao tema foi depositada pela universidade japonesa Kanto Gakuin em 2017. Neste caso, aborda um método de produção de ciclo-olefina (*cycloolefin yarn*) com propriedades dielétricas melhoradas e resistência ao calor para uso como fibra eletrocondutiva vestível. A patente depositada na Coréia do Sul por An J H trata de um colchão que monitora informações do corpo do usuário ou informações do ambiente e utiliza tecido de fibra condutora.

A utilização do material piezoelétrico também apareceu no resultado da patente. Em 2018, a Intel solicitou a patente de um sensor piezoelétrico que permite a deposição e cristalização de filmes piezoelétricos de alta qualidade.

Como na manufatura aditiva, o uso do laser também é importante no sensoriamento. Como mencionado por Liu et al. (2016), as tecnologias de sensoriamento por fibra ótica acompanham o desenvolvimento das tecnologias de comunicação por fibra ótica e apesar dos sensores de fibra ótica serem estudados há mais de 40 anos, a internet das coisas torna o uso da rede de sensores de fibra ótica uma inevitável tendência.

Dentro desta tendência estão as patentes depositadas por Nanjing Jinsonghan Electric Power SCI. Cada documento descreve um laser de fibra ótica para uso em dispositivos de internet das coisas e variam no comprimento de onda que o dispositivo opera. Os dispositivos também utilizam niobato de lítio.

Sobre este material importante observar que novos desenvolvimentos estão sendo feitos com este material. Bazzan e Sada relatam que o niobato de lítio é um material com características conhecidas desde o final dos anos 60 e é um elemento básico em um circuito óptico integrado. Por outro lado, a tecnologia de fotônica no niobato de lítio continua a se desenvolver e os autores acreditam que esta tecnologia terá papel importante nas novas demandas, como transmissão e processamento de dados ultrarrápidos, comunicação segura e computação totalmente óptica.



Entretanto, é difícil fabricar pequenos dispositivos de alta qualidade utilizando niobato de lítio. Porém, pesquisadores de Harvard, Zhang et al., publicaram em dezembro de 2017 o resultado do desenvolvimento de uma plataforma nanofotônica de niobato de lítio monolítica com perda ultrabaixa e alto confinamento óptico. Os pesquisadores enfatizam que a camada de dispositivo niobato de lítio está sobre uma placa de silício padrão e, portanto, a plataforma apresentada poderia ser integrada a tecnologias fotônicas existentes. Os autores têm a expectativa que o resultado da pesquisa estimule novos desenvolvimentos na nanofotônica monolítica de niobato de lítio.

8.3 Circuito Integrado

Observado que entre os resultados classificados como circuito integrado os seguintes temas se destacam nas publicações: as funções físicas não clonáveis (PUF - physically unclonable function) e a integração heterogênea 3D.

O uso de PUFs em aplicações de segurança é utilizado por mais de uma década. Entretanto, o grande volume esperado de dispositivos com recursos embutidos de processamento de informações e transferência através da internet representa desafios mais complexos para a segurança de rede (Hoffman, 2019). As PUFs são vistas como uma tecnologia promissora usada para autenticação e armazenamento de chave secreta neste cenário de plataformas interconectadas. As funções físicas não clonáveis não armazenam chaves secretas na memória digital. As PUFs derivam um segredo a partir das características físicas do circuito integrado (Herder et al. 2014). Assim, pesquisadores tem apresentado melhorias e novas aplicações da tecnologia.

Na presente revisão de publicações, este tópico esteve presente. Zhang et al. (2018) avaliam a função física não clonável (PUF) e utilizam memristors difusivos em nanoescala visando fornecer novas oportunidades em aplicativos de segurança de hardware. Kuribara et al. (2017) desenvolveram dois RO-PUFs (ROs - organic ring oscillators e PUF - physically unclonable function) e avaliaram seus IDs em termos de estabilidade e exclusividade em várias tensões de operação. Roelke e Stan (2018) desenvolveram um dispositivo com



função física não clonável (PUF - physical unclonable function) que aproveita as variações naturais do silício para criar uma impressão digital única que pode ser usada para geração e autenticação de chave secreta.

A redução dos dispositivos conectados e consequente redução dos chips tem dificultado a continuação da evolução do processamento até então observada pela lei de Moore. Para alguns pesquisadores, a viabilidade do aumento da capacidade de processamento dos chips fabricados em escala nanométrica poderia ser mantida utilizando a técnica de circuitos integrados tridimensionais (IC 3D), pois tal estrutura poderia aliviar o gargalo de interconexão que existe atualmente na escala nanométrica (Wang et al., 2018). A integração 3D é geralmente definida como a fabricação de camadas de dispositivos empilhados e interconectados verticalmente, como descrito por Ramm et al. (2009), que classificam as variedades de tecnologias de integração 3D como: empilhamento de pacotes (ou substratos), *Die stacking* (sem TSV) e tecnologia TSV (Through Silicon Via).

Desta forma, alguns tipos desta tecnologia foram verificados no resultado da pesquisa. Yang et al. (2016) trataram sobre os circuitos integrados 3D monolíticos. Um novo conceito de integração 3D heterogênea foi introduzido por Koyanagit et al. (2016) no qual vários tipos de chips com diferentes tamanhos, dispositivos diferentes e materiais diferentes são empilhados verticalmente. Hu et al (2017) descrevem o desenvolvimento de uma nova abordagem de empacotamento que é capaz de integrar vários tipos de chips processados. A tecnologia TSV (Through-Silicon-Via) para uso em circuitos integrados 3D possui muitos desafios, como alta complexidade de fabricação e alto custo, segundo avalia Xue et al. (2017).

Vale apontar que outra questão na indústria de circuitos integrados é a substituição do silício como material semiconductor. Embora o uso do silício tenha recebido inovações em décadas de uso nesta indústria, a sua capacidade de continuar suportando inovações tem sido questionada e outros novos materiais têm sido experimentados, como o siliceno, germaneno e grafeno. Embora a adoção do grafeno ainda encontre dificuldades técnicas e



industriais, é esperado que no curto tempo o grafeno ainda não seja o substituto, mas o material que poderá melhorar o desempenho do silício (Batra et al., 2018).

Na presente pesquisa, Chen et al. (2017) investigam as questões do design do grafeno com os defeitos decorrentes da gravação com plasma de oxigênio dentro de uma solução para circuitos integrados.

No resultado das patentes, o circuito integrado esteve presente, porém sua participação esteve relacionada principalmente em tecnologias para fabricação de dispositivo semicondutor, o que inclui o circuito integrado.

A Samsung, por exemplo, teve a solicitação de patente publicada em 2016 que trata de dispositivo túnel FET (tunnel field-effect transistor) para aplicações eletrônicas de baixo consumo de energia. O dispositivo utiliza silício, germânio e polissilício. Em 2018, foi publicada a solicitação de patente da IBM para um método de fabricação de wafer (fina fatia de material semicondutor) de silício para circuitos digitais utilizando a tecnologia FD-SOL (*fully depleted silicon on an insulator*). E a patente publicada em 2018 da empresa Taiwan Semiconductor Manufacturing Company Limited, TSMC, reivindica um método de fabricação de dispositivo semicondutor, de uma estrutura FinFET (*fin field-effect transistor*) e de uma célula de memória.

8.4 Nanomateriais

Lin et al. (2017) demonstram novos condutores magnéticos artificiais nanoestruturados miniaturizados utilizando filmes finos de titanato de bário e estrôncio (BST) e compostos de polímeros cerâmicos. Seu uso melhora o desempenho de antenas que estão em estreita proximidade com superfícies metálicas e outros substratos com perdas.

Kramer (2015) trata três desafios importantes para a transição de nanocristais de silício (nanopartículas semicondutoras cristalinas) da bancada do laboratório para o mercado: melhor compreensão da síntese de nanocristais, as propriedades eletrônicas dos



nanocristais foram caracterizadas e sintonizadas e novas nanocristais de silício foram formadas e aplicadas usando tecnologias de revestimento simples.

Carrera et al. (2017) apresentaram uma nova solução para detectar defeitos em materiais nanofibrosos, analisando imagens de microscopia eletrônica de varredura.

Elinski et al. (2017) revisaram trabalhos recentes sobre as propriedades tribológicas do grafeno e do dissulfeto de molibdênio (MoS₂), e discutem os impactos da rugosidade superficial (da escala atômica à nanoescala) e as interações químicas nas interfaces em suas propriedades de atrito.

Koumoulos et al. (2018) abordaram a nanometrologia. Analisaram algumas das técnicas atuais disponíveis e técnicas emergentes que fazem a caracterização laboratorial de propriedades mecânicas e interfaciais. Também discutiram a avaliação de propriedades nanomecânicas e resposta de superfície/interface de materiais. Ghasemi-Nejhad (2013) também aborda a caracterização de nanomateriais, especificamente os nanocompósitos. Seu estudo também incluiu analisar o processamento e o desempenho dos nanocompósitos.

8.5 Demais Classificações

As demais classificações que apareceram em menor frequência foram: dispositivos flexíveis, materiais compósitos, design, coletores, robótica, aprendizado de máquina, atuadores e automação.

Devido a suas possíveis aplicações no monitoramento da saúde e da indústria, o conceito de vestuário inteligente tem recebido avanços recentes e importantes. Desta forma, Azeez et al. (2018) abordam a utilização de antenas vestíveis, que consideram a antena microstrip como o tipo de antena vestível mais predominante devido à variedade de formas e padrões, assim como observam que as antenas planas em geral precisam de substratos flexíveis e finos que permitam que sejam montadas em materiais têxteis. Assim, embora estes



materiais, como feltro, poliéster e denim, sejam candidatos para o desenvolvimento de antenas vestíveis, as suas propriedades eletromagnéticas não são bem conhecidas. Portanto, o estudo propõe uma técnica para caracterizar as propriedades eletromagnéticas de amostras de tecidos como substratos de antena para comunicações corporais sem fio.

Hoang et al. (2016) também avaliam materiais para substratos na fabricação de dispositivos flexíveis. Neste caso analisam dois polímeros, poliimida e polidimetilsiloxano (PDMS), como materiais de substrato para a microfabricação de eletrônicos flexíveis e consideram que unir esses materiais é um desafio. A pesquisa dedica a empregar a química "click" a temperatura ambiente e ligar irreversivelmente poliimida e PDMS usando dois métodos diferentes. Os autores acreditam que a nova rota de processamento empregando química "click" pode ser utilizada em vários casos de fabricação de dispositivos flexíveis.

A eletrônica flexível formará a base de muitas tecnologias de próxima geração, como dispositivos portáteis e sensores biomédicos, como descrevem Lin et al. (2017). Assim, os pesquisadores utilizando nanofios de óxido de zinco desenvolvem um dispositivo que pode ser repetidamente esticado, dobrado e torcido sem degradar o seu desempenho.

Os materiais com memória de forma podem ter implicações importantes em muitas aplicações, por exemplo, eletrônicos flexíveis, como consideram Wang et al. (2017), que apresentaram estudos experimentais e teórico com polímeros de memória de forma (*SMP - Shape memory polymers*).

Yadav e Yadava (2017) observam que os compósitos com matriz de metal (MMCs) são um dos materiais avançados que atendem aos requisitos de alta resistência e baixo peso. A pesquisa trata de compósitos com matriz de metal (MMCs) híbridos e o processo de usinagem híbrida (HMP). Monte (2018) avalia a adesão de titanatos e zirconatos na composição polimérica reforçada com sílica e carbono. Xiong et al (2013) estudam os compósitos plásticos de madeira (WPCs), que descrevem como uma nova geração de compósitos verdes que contêm termoplásticos e fibras de madeira naturais em várias formas. O estudo investiga o desempenho mecânico e térmico do WPC. Zhao et al. (2016)



dedicaram a pesquisa ao desenvolvimento de um método para produzir compósitos termoplásticos multiescala.

Como relatado por Perlingeiro et al. (2016), a coleta de energia (*energy harvesting*) é um tema que vem ganhando atenção de muitos pesquisadores. E este tópico esteve no resultado das publicações. Haight et al. (2017) avaliam os fundamentos do material kesterita (CZTS - *Copper zinc tin sulfide*). Descrevem melhoria significativa nas propriedades do material e discutem as aplicações de dispositivos baseados em CZTS, Se para dispositivos de coleta de energia. Zabek et al. (2017) apresentam uma combinação de materiais, como nanoplatelets de grafeno (GNPs-*graphene nanoplatelets*) e vinilideno, no desenvolvimento de um dispositivo para coletar energia.

9 Considerações Finais

A internet das coisas representa a área tecnológica de maior interesse pelos pesquisadores e depositantes de patentes. E dentro desta área, os sensores e circuitos integrados recebem destaque, pois foram as aplicações com maior identificação no resultado. Entretanto, ainda dentro do contexto da internet das coisas, os dispositivos eletrônicos flexíveis e novos dispositivos que geram e captam energia também são considerados aplicações promissoras. O crescente interesse no monitoramento da operação industrial e da saúde humana, em conjunto com a possibilidade do uso de vestuários inteligentes, estimula a demanda por eletrônicos flexíveis. Em complemento, o uso do sensor tátil, que poderia, por exemplo, identificar a pressão necessária em uma determinada tarefa, também fomenta o desenvolvimento da eletrônica flexível. Além disso, o uso de sensor sem fio e sem bateria encontra destinação não somente na indústria, mas também na medicina. Por isso, os esforços no desenvolvimento de novos coletores de energia que, por exemplo, poderiam obter energia a partir de um movimento muscular.

A ciência e a engenharia dos materiais têm um papel importante no suporte a evolução destas aplicações, pois o avanço em materiais com novas características contribui para tornar viável a operação e a comercialização de tais aplicações. Portanto, considerando a



participação dos materiais, o resultado da avaliação das publicações e mapeamento das patentes indica uma tendência na necessidade de materiais com as seguintes características para uso na manufatura avançada: maior resistência mecânica e térmica, ser biocompatível, ser mais leve, fino e flexível sem degradar seu desempenho, possibilitar maior controle da sua microestrutura e sua forma e ser supercondutor. O objetivo da aplicação pode exigir que o material tenha uma destas capacidades ou uma combinação delas.

Adicionalmente, a análise indica um potencial de utilização dos seguintes materiais na manufatura avançada: metamaterial, material piezoelétrico, em especial nanofios de óxido de zinco, nanocompósitos, compósito com matriz de metal (MMC), compósito termoplástico, polímeros com memória de forma (*SMPs - Shape memory polymers*), ligas de titânio, niobato de lítio, grafeno e materiais semicondutores com potencial de substituir ou complementar o silício na indústria de semicondutores.

Desta forma, considerando o conjunto de informações apresentado, a pesquisa poderá contribuir com dados ou complementar outros estudos que possam subsidiar a implementação da estratégia nacional para manufatura avançada no país, executado pelos atores que participam de tais iniciativas, que são os governos, universidades e empresas.

Importante ressaltar que o estudo não esgota o tema e apesar da capacidade de ampliar o conhecimento no tópico, é passível de aprimoramentos. O inexpressivo resultado em documentos de patentes relacionando a área da manufatura aditiva aos novos materiais ou materiais avançados sugere que possivelmente seja necessária uma nova estratégia de busca em uma revisão futura do trabalho. Adicionalmente, um determinado material identificado no resultado atual poderia ser explorado em um estudo específico visando estender o conhecimento e a relação deste material com a manufatura avançada. Desta maneira, o trabalho está à disposição da comunidade científica para que outros possam avaliá-lo e aprofundá-lo.



Referências

SCHWAB, Klaus. The Fourth Industrial Revolution. Primeira edição. Nova York: Crown Business, 2017.

BORSCHIVER, Suzana; SILVA, Andrezza L.R. Technology Roadmap: Planejamento Estratégico para alinhar Mercado-Produto-Tecnologia. Primeira edição. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2016.

FURTADO, João et al. Indústria 4.0: A Quarta Revolução Industrial e os Desafios para a Indústria e Para o Desenvolvimento Brasileiro. Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial, 2017.

FONSECA, Renato et al. Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira. Indicadores CNI, 2016.

KAGERMANN, Henning et al. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. National Academy of Science and Engineering, 2013.

HOLDREN, John et al. Report to the President on Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing. PCAST, PITAC, 2011.

LIAO, Yongxin et al. Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. International Journal of Production Research, 2017.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Technische Universität Dortmund, 2015.



UFRJ

Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ



LU, Yang. Industry 4.0: A Survey on Technologies, Applications and Open Research Issues. Journal of Industrial Information Integration, 2017.

PLATTFORM INDUSTRIE 4.0. Disponível em <<https://www.plattform-i40.de>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

MANUFACTURING USA. Disponível em: <<https://www.manufacturingusa.com/>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

NATIONAL ADVANCED MANUFACTURING PORTAL. Disponível em: <<https://www.manufacturing.gov/>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

SMITH, William; HASHEMI, Javad. Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais. Quinta Edição. Porto Alegre: AMGH, 2012.

ASCHHOFF, Birgit et al. European Competitiveness in Key Enabling Technologies. Centre for European Economic Research, 2010.

ASSUNÇÃO, Fernando et al. Materiais avançados no Brasil 2010-2022. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.

FEATHERSTON, Charles; SULLIVAN, Eoin. A Review of International Public Sector Strategies and RoadMaps: A case study in advanced materials. University of Cambridge, 2014.

HOLDREN, John et al. Advanced Manufacturing: A Snapshot of Priority Technology Areas Across the Federal Government. National Science and Technology Council, Subcommittee on Advanced Manufacturing, 2016.

HOLDREN, John et al. Report to the President Accelerating USA Advanced Manufacturing. President's Council of Advisors on Science and Technology, 2014.



ELSEVIER. Disponível em <<https://www.elsevier.com/solutions/engineering-village/content/compindex>>. Acesso em: 25/06/2018.

INSTITUTE FOR SECURITY & DEVELOPMENT POLICY. Made in China 2025. Disponível em <www.isdp.eu>. Acesso em: 24/03/2019

WÜBBEKE, Jost e outros. Made in China 2025: The making of a high-tech superpower and consequences for industrial countries. Mercator Institute for China Studies, 2016.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E COMUNICAÇÕES. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/salaImprensa/noticias/arquivos/2018/10/Plataforma_vai_auxiliar_no_mapeamento_de_acoes_voltadas_ao_desenvolvimento_da_industria_40_no_pais.html>. Acesso em 27 mar. 2019.

STAEHLE, Roger. Engineering with advanced and new materials. Materials Science and Engineering A, v. 198, n. 1-2, p. 245-256, 1995.

PORTAL PERIÓDICO CAPES. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pnews&component=NewsShow&view=pnewsnewsshow&cid=528&mn=0>. Acessado em: 06 abr. 2019.

CLARIVATE ANALYTICS. Disponível em: <https://clarivate.com/wp-content/uploads/dlm_uploads/2018/04/Derwent-Innovation_Sell-Sheet_February-2019.pdf> Acesso em 06 abr. 2019.

WANG, Shaoxi et al. 3D Integrated Circuit Cooling with Microfluidics. Micromachines, v. 9, n. 287, 2018.

Ramm, Peter et al. 3D Integration Technologies. Design, Test, Integration & Packaging of MEMS/MOEMS, p.71 – 73, 2009.

LIU, Deming et al. Research Progress in the Key Device and Technology for Fiber Optic Sensor Network. Photonic Sensors, v.6, n.1, p 1–25, 2016.



UFRJ

Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ



BAZZAN, Marco; SADA, Cinzia. Optical waveguides in lithium niobate: Recent developments and applications. *Applied Physics Reviews*, v.2, n. 4, setembro, 2015.

Zhang, Mian et al. Monolithic ultra-high-Q lithium niobate microring resonator. *Optica*, v. 4, n. 12, p. 1536-1537, 2017.

DO, Dang K.; LI, Peifeng Li. The effect of laser energy input on the microstructure, physical and mechanical properties of Ti-6Al-4V alloys by selective laser melting. *Virtual and Physical Prototyping*, v.11, n.1, p. 41-47, janeiro, 2016.

Lee, Hyub et al. Lasers in additive manufacturing: A review. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, v. 4, n. 3, p. 307–32, julho, 2017.

CHLEBUS, Edward et al. Microstructure and mechanical behaviour of Ti-6Al-7Nb alloy produced by selective laser melting. *Materials Characterization*, v. 62, n. 5, p. 488-495, maio, 2011.

ATTAR, H. et al. Manufacture by selective laser melting and mechanical behavior of commercially pure titanium. *Materials Science and Engineering A*, v. 593, p. 170-177, janeiro, 2014.

TSHABALALA, Lerato; MATHE, Ntombi; CHIKWANDA, Hilda. Characterization of gas atomized Ti-6Al-4V powders for additive manufacturing. *Key Engineering Materials*, v. 770, p. 3-8, 2018.

DAHOTRE, Narendra. Multiscale laser materials engineering: Energy-efficient processing and materials performance. *Nanomaterials and Energy*, v. 2, n. 2, p. 64-70, março, 2013.

ZHANG, Xuejian et al. 1.03 μ m Yb: YAG laser crystal production and its property. *Advanced Materials Research*, v. 482-484, p. 1089-1092, 2018



CUNICO, Marlon Wesley Machado; CARVALHO, Jonas De. Development of novel additive manufacturing technology: An investigation of a selective composite formation process. *Rapid Prototyping Journal*, v. 22, n. 1, p. 51-66, janeiro, 2016.

TOURLMOUSIS, Filippos. *Advanced Manufacturing and Measurement Science of 3D Cellular Scale Microenviroments*. Tese - Stevens Institute of Technology, Estados Unidos, 2017.

YAP, Chor et al. Review of selective laser melting: Materials and applications. *Applied Physics Reviews*, 2015.

MONDSCHHEIN, Ryan et al. Polymer structure-property requirements for stereolithographic 3D printing of soft tissue engineering scaffolds. *Biomaterials*, v. 140, p. 170-188, setembro, 2017.

DUAN, Bin; WANG, Min. Customized Ca-P/PHBV nanocomposite scaffolds for bone tissue engineering: Design, fabrication, surface modification and sustained release of growth factor. *Journal of the Royal Society Interface*, v.7, n. 5, p. S615-S629, outubro, 2010.

PINKERTON, Andrew. Lasers in additive manufacturing. *Optics & Laser Technology*, 78, 2015.

RAGHAVAN, Satyanarayanan; MELKOTE, Shreyes N.; HONG, Jung-II. Modeling of laser-tempering process for hyper-eutectoid steels. *Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science*, v. 45, n. 5, p. 2612-2625, maio, 2014.

ARISOY, Yigit Muzaffer. *Physics-based simulation modeling and optimization of microstructural changes induced by machining and selective laser melting processes in titanium and nickel based alloys*. Tese - Rutgers, The State University of New Jersey, Estados Unidos, 2016.

HAYES, Brian et al. Predicting tensile properties of Ti-6Al-4V produced via directed energy deposition. *Acta Materialia*, v. 133, p. 120-133, julho, 2017.



KIEL-JAMROZIK, Marta; JAMROZIK, Wojciech; WITKOWSKA, Ilona. The heat treatment influence on the structure and mechanical properties of Ti6Al4V alloy manufactured by SLM technology. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, v. 623, p. 319-327, 2018.

FORSTER, Aaron. *Materials Testing Standards for Additive Manufacturing of Polymer Materials: State of the Art and Standards Applicability*. NIST Interagency/Internal Report, v. 8059, 2015.

GOULAS, Athanasios et al. Additive Manufacturing of Metal/Ceramic Metamaterial Structures for RF Applications. 2018 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting, Massachusetts, 2018.

DELL'ISOLA, Francesco; STEIGMANN, David; DELLA CORTE, Alessandro. Synthesis of Fibrous Complex Structures: Designing Microstructure to Deliver Targeted Macroscale Response. *Applied Mechanics Reviews*, v.67, n. 6, novembro, 2015.

ZHELUDEV, Nikolay. The Road Ahead for Metamaterials. *Applied Physics*, v. 328, n. 5978, p. 582-583, 2010.

CHEN, Xu; FAN, Wenhui. Ultrasensitive terahertz metamaterial sensor based on spoof surface plasmon. *Scientific Reports*, v. 7, n. 2092, 2017.

RAHMAN et al. Resonator based metamaterial sensor to detect unknown materials. *Microwave and Optical Technology Letters*, v. 60, n. 7, 2018.

ZHOU, Mi et al. A Novel Design of Broadband Metamaterial Absorber Based on Sine-Curved-Surface Substrates. *Proceedings - 2016 IEEE International Conference on Internet of Things; IEEE Green Computing and Communications; IEEE Cyber, Physical, and Social Computing; IEEE Smart Data, iThings-GreenCom-CPSCoM-Smart Data 2016*, p. 364-367, dezembro, 2016.

ZHOU, Yong Jin et al. Plasmonic metamaterials based subwavelength multiband antenna for wireless energy harvesting. 2016 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series



on Advanced Materials and Processes for RF and THz Applications, IMWS-AMP 2016 – Proceeding, outubro, 2016.

MCKINLEY, Arnold F. Theory of impedance loaded loop antennas and nanorings from RF to optical wavelengths. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, v. 65, n. 5, p. 2276-2281, maio, 2017.

KIM, Sangkil et al. Low-cost inkjet-printed fully passive RFID tags using metamaterial-inspired antennas for capacitive sensing applications. IEEE MTT-S International Microwave Symposium digest. IEEE MTT-S International Microwave Symposium, 1-4, 2013.

BAGRI, Rekha Kumari; MEENA, Santosh. Design and analysis of rectangular microstrip patch antenna using metamaterial for WLAN application at 24 GHz. Proceedings of the 2015 International Conference on Green Computing and Internet of Things, ICGCIoT 2015, 422-425, janeiro, 2016.

WANG, Zhong Lin et al. Lateral nanowire/nanobelt based nanogenerators, piezotronics and piezo-phototronics. Materials Science and Engineering R: Reports, v. 70, n. 3-6, p. 320-329, novembro, 2010.

ZENG, Hao et al. Long-Term Stability of Oxide Nanowire Sensors via Heavily Doped Oxide Contact. ACS Sensors, v. 2, n. 2, p. 1854-1859, dezembro, 2017.

LU, Xuebin; CUI, Linhai; HUANG, Hai. Analyses of piezoresistive and mechanical characteristics of nano polysilicon film. International Conference on Software Intelligence Technologies and Applications & International Conference on Frontiers of Internet of Things 2014, Hsinchu, p. 277-281, 2014.

Regtien, Paul. Sensors for Mechatronics. Primeira Edição. Elsevier, 2012.

SEBASTIAN, Mailadil Thomas; WANG, Hong; JANTUNEN, Heli. Low temperature co-fired ceramics with ultra-low sintering temperature: A review. Current Opinion in Solid State and Materials Science, v. 20, n. 3, p. 151-170, 2016.



WU, Jin et al. 3D superhydrophobic reduced graphene oxide for activated NO₂ sensing with enhanced immunity to humidity. *Journal of Materials Chemistry A*, v. 6, n. 2, p. 478-488, 2018.

REN, Guang; COLLINS, Maurice N. The effects of antimony additions on microstructures, thermal and mechanical properties of Sn-8Zn-3Bi alloys. *Materials and Design*, v. 119, p. 133-140, 2017.

SUU, K. et al. Thin-film processing of 'exotic' phase-change and ferroelectric materials for IoT applications. *China Semiconductor Technology International Conference 2017, CSTIC 2017*, Shanghai, 2017.

YANG, Tingting et al. Recent advances in wearable tactile sensors: Materials, sensing mechanisms, and device performance. *Materials Science and Engineering R: Reports*, p. 1-37, 2017.

HOFFMAN, Caio. *Segurança de Computadores por meio de autenticação intrínseca de Hardware*. Tese. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Computação.

HERDER, Charles. *Physical Unclonable Functions and Applications: A Tutorial*. *Proceedings of the IEEE*, v. 102, n. 8, agosto, 2014.

ZHANG, R. et al. Nanoscale diffusive memristor crossbars as physical unclonable functions. *Nanoscale*, v. 10, n.6, p. 2721-2726, 2018.

KURIBARA, Kazunori et al. Organic physically unclonable function on flexible substrate operable at 2 V for IoT/IoE security applications. *Organic Electronics: physics, materials, applications*, v. 51, p. 137-141, 2017.

ROELKE, Alec; STAN, Mircea R. *Controlling the Reliability of SRAM PUFs With Directed NBTI Aging and Recovery*. 2018



YANG, Chih-Chao et al. Footprint-efficient and power-saving monolithic IoT 3D+IC constructed by BEOL-compatible sub-10nm high aspect ratio ($AR > 7$) single-grained Si FinFETs with record high I_{on} of $0.38 \text{ mA}/\mu\text{m}$ and steep-swing of 65 mV/dec. and I_{on}/I_{off} ratio of 8. Technical Digest - International Electron Devices Meeting, IEDM, p. 9.1.1-9.1.4, 2016.

KOYANAGI, Mitsumasa et al. Heterogeneous 3-D integration using self-assembly and electrostatic bonding. IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, v. 6, n.7, p. 1002-1008, 2016.

HU, Yu-Chen et al. An advanced 3D/2.5D integration packaging approach using double-self-assembly method with complex topography, and micropin-fin heat sink interposer for pressure sensing system. Technical Digest - International Electron Devices Meeting, IEDM, p. 9.2.1-9.2.4, 2017

XUE, Kai et al. Integrated process for high aspect ratio through glass vias. 18th International Conference on Electronic Packaging Technology, ICEPT 2017, p. 1451-1454, 2017.

CHEN, Po-Na et al. Simulation based study of oxygen plasma induced defects on zigzag graphene nanoribbons. ECS Transactions, v. 80, n. 10, p. 463-471, 2017.

LIN, Tong-Hong et al. Nanostructured miniaturized artificial magnetic conductors (AMC) for high-performance antennas in 5G, IoT, and smart skin applications. 2017 IEEE 17th International Conference on Nanotechnology, NANO 2017, p. 911-915, 2017.

KRAMER, Nicolaas Johannes. Synthesis and Doping of Silicon Nanocrystals for Versatile Nanocrystal Inks. ProQuest Dissertations and Theses Global, 2015.

CARRERA, Diego et al. Defect detection in SEM images of nanofibrous materials. IEEE Transactions on Industrial Informatics, v. 13, n. 2, p. 551-561, 2017.

ELINSKI, Meagan B. et al. 2D or not 2D? the impact of nanoscale roughness and substrate interactions on the tribological properties of graphene and MoS₂. Journal of Physics D: Applied Physics, v. 50, n. 10, 2017.



UFRJ

Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ



KOUMOULOS, E.P. et al. Metrology and nano-mechanical tests for nano-manufacturing and nano-bio interface: Challenges & future perspectives. *Materials and Design*, v. 137, p. 446-462, 2018.

GHASEMI-NEJHAD, Mehrdad N. Multifunctional hierarchical nanocomposites-a review. *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, v. 9, 2013.

AZEEZ, Hemin Ismael et al. A simple resonance method to investigate dielectric constant of low loss substrates for smart clothing. *Sensors and Materials*, v. 30, n. 3, p. 595-608, 2018.

HOANG, Michelle V.; CHUNG, Hyun-Joong; ELIAS, Anastasia L. Irreversible bonding of polyimide and polydimethylsiloxane (PDMS) based on a thiol-epoxy click reaction, v. 26, n. 10, 2016.

LIN, Chun-Ho et al. Highly Deformable Origami Paper Photodetector Arrays. *ACS Nano*, v. 10, n. 11, p. 10230-10235, 2017.

WANG, Yu et al. Temperature dependent evolution of wrinkled single-crystal silicon ribbons on shape memory polymers. *Soft Matter*, v. 13, n. 41, p. 7625-7632, 2017.

YADAV, Ravindra Nath; YADAVA, Vinod. Slotted-electrical discharge diamond cut-off grinding of Al/SiC/B4C hybrid metal matrix composite. *Journal of Mechanical Science and Technology*, v. 28, n. 1, p. 309-316, 2017.

XIONG, Wen; Wu, Qinglin; Cai, C. Mechanical and thermal performance of coextruded wood plastic composites for structural applications. *Advances in Structural Engineering*, v. 16, n. 5, p. 909-930, 2013.

MONTE, Salvatore J. Why titanates and zirconates may be better adhesion promoters than silanes for silica and carbon reinforced polymeric composition. *Rubber World*, v. 257, n. 5, p. 31-34 and 40, 2018.



XIONG, Wen; WU, Qinglin; CAI, C. Mechanical and thermal performance of coextruded wood plastic composites for structural applications. *Advances in Structural Engineering*, v. 16, n. 5, p. 909-930, 2013.

ZHAO, Yong et al. Fabrication and evaluation of multiscale thermoplastic composites based on in-situ polymerization of cyclic butylene terephthalate. *CAMX 2016 - Composites and Advanced Materials Expo*, 2016.

HAIGHT, Richard et al. Industrial perspectives on earth abundant, multinary thin film photovoltaics. *Semiconductor Science and Technology*, v. 32, n. 3, 2017.

ZABEK, Daniel et al. Graphene Ink Laminate Structures on Poly(vinylidene difluoride) (PVDF) for Pyroelectric Thermal Energy Harvesting and Waste Heat Recovery. *ACS Applied Materials and Interfaces*, v. 9, n. 10, p. 9161-9167, 2017.

PERLINGEIRO et al. Geração de Energia através de Materiais Piezoelétricos. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Trabalho de conclusão de curso. Rio de Janeiro, 2016.



Anexo 1

Classificação das Publicações relacionadas a Manufatura Avançada e Novos Materiais

Título	Autor	Pode ser aplicado a um dos produtos ou área tecnológica do Profuturo (vide tabela 5)	Agrega novas características a materiais tradicionais ou são materiais novos com desempenho superior; ou tem aplicação em tais materiais	Taxonomia sobre possível aplicação	O documento aborda a/o	Manufatura Avançada
<i>Thermodynamically consistent microstructure prediction of additively manufactured materials</i>	Smith, Jacob; Xi-ong, Wei; Cao, Jian; Liu, Wing Kam	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Incorpora propriedades termodinâmica e avalia a evolução da microestrutura em processos de manufatura aditiva aplicado em metais.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>An Automated Image Analysis Framework for Thermal Barrier Coating Porosity Measurement</i>	Chen, Wei-Bang; Lu, Yongjin; Gao, Song; Zhang, Chengcui; Li, James; Ogunbunmi, Olayinka S.; Pradhan, Ligaj; Ram-sundar, Pallant; Zimmerman, Ben	Sim	Sim	Automatização	Técnica de revestimento de barreira térmica automatizada baseada em análise de imagem.	Habilitadores -Digitalização
<i>A fully automated approach for classification of microstructures in thermal barrier coating microscopic images</i>	Chen, Wei-Bang; Li, James; Zimmerman, Ben	Sim	Sim	Aprendizado de máquina	Técnica de revestimento de barreira térmica baseada em aprendizado de máquina.	Objetos inteligentes – inteligência artificial
<i>Effect of autogenous laser weld on microstructure and mechanical properties of inconel 617 nickel alloy</i>	Adamiec, Janusz; Kocurek, Robert	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Efeito da solda a laser (laser welding) na microestrutura e propriedades mecânicas da liga Inconel 617	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>The effect of ultrasonic excitation on the electrical properties and microstructure of printed electronic conductive inks</i>	Bournias-Varotsis, Alkaïos; Harris, Russell A.; Friel, Ross J.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Manufatura aditiva ultrassônica (Ultrasonic Additive Manufacturing -UAM)	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Materials testing standards for additive manufacturing of polymer materials: State of the art and standards applicability</i>	Forster, Aaron M.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Métodos de teste padrão de polímeros e compósito de polímeros a partir dos processos de fabricação aditiva.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Phenomenology of Shape Memory Alloys</i>	Antonucci, Vincenzo; Martone, Alfonso	Sim	Sim	Dispositivos flexíveis	Material com memória de forma	Objetos inteligentes – IoT
<i>The effect of laser energy input on the microstructure, physical and mechanical properties of Ti-6Al-4V alloys by selective laser melting</i>	Do, Dang Khoa; Li, Peifeng	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Investiga a evolução da microestrutura e as propriedades mecânicas da liga Ti-6Al-4V (titânio) fundidas por laser (Selective laser melting).	Objetos inteligentes – manufatura aditiva



<i>Performance analysis of ball end magnetorheological finishing process with MR polishing fluid</i>	Singh, Anant Kumar; Jha, Sunil; Pandey, Pulak M.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Acabamento de superfícies complexas 3D	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Study on microstructure and formability of laser tailor-welded joints of aluminum alloy thin sheet</i>	Li, Yun Tao; Ye, Juan; Wang, Jin Kui; Song, Ji Shun; Zhang, Jian	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Analisa a microestrutura e propriedades mecânicas da liga de alumínio 6061 fundida por soldagem por feixe de laser (laser beam welding).	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Modelling for randomly oriented multi material additive manufacturing component and its fabrication</i>	Sugavaneswaran, M.; Arumaikkannu, G.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Metodologia para fabricação de materiais orientados aleatoriamente (ROMM) usando a máquina Polyjet 3D Printing	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Effect of friction stir processing on microstructure and mechanical properties of laser-processed [Formula presented] alloy</i>	Kumar, N.; Mishra, R.S.; Dahotre, N.B.; Brennan, R.E.; Doherty, K.J.; Cho, K.C.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Avalia evolução microestrutural e propriedades mecânicas na liga WE43 fundida por laser processing and friction stir processing	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Microstructure and mechanical behaviour of Ti-6Al-7Nb alloy produced by selective laser melting</i>	Chlebus, Edward; Kuz'nicka, Bogumila; Kurzynowski, Tomasz; Dybala, Bogdan	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Avalia a fusão a laser seletiva (SLM) nas propriedades mecânicas e na microestrutura da liga Ti-6Al-7Nb	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Slotted-electrical discharge diamond cut-off grinding of Al/SiC/B4C hybrid metal matrix composite</i>	Yadav, Ravindra Nath; Yadava, Vinod	Sim	Sim	Materiais Compostos	Compósitos com matriz de metal (MMCs) híbridos e o processo de usinagem híbrida (HMP).	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Polymer structure-property requirements for stereolithographic 3D printing of soft tissue engineering scaffolds</i>	Mondschein, Ryan J.; Kanitkar, Akanksha; Williams, Christopher B.; Verbridge, Scott S.; Long, Timothy E.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Avalia polímeros que são impressos em 3D usando a técnica de estereolitografia para aplicações de engenharia de tecidos moles.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Optomagnetically Controlled Microparticles Manufactured with Glancing Angle Deposition</i>	Lawson, Joseph L.; Jenness, Nathan J.; Clark, Robert L.	Sim	Sim	Nanomateriais	Fabricação de nanoestruturas - técnica GLAD (glancing angle deposition)	Objetos inteligentes – IoT
<i>Modeling of laser-tempering process for hyper-eutectoid steels</i>	Raghavan, Satyanarayanan; Melkote, Shreyes N.; Hong, Jung-Il	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Revenimento de superfície a laser.	Objetos Inteligentes – Manufatura Aditiva
<i>Influence of process parameters on part quality and mechanical properties for DMLS and SLM with iron-based materials</i>	Delgado, Jordi; Ciurana, Joaquim; Rodríguez, Ciro A.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Avalia o DMLS (Direct Metal Laser Sintering) nas propriedades mecânicas de materiais à base de ferro e na qualidade das peças.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Bilayered polyurethane/dipole-dipole and H-bonding interaction reinforced hydrogels as thermo-responsive soft manipulators</i>	Jia, Haiyan; Huang, Zhangjun; Fei, Zhaofu; Dyson, Paul J.; Zheng, Zhen; Wang, Xinling	Sim	Sim	Atuadores	Atuadores baseados em hidrogel	Objetos inteligentes – IoT



UFRJ

<i>Synthesis of Fibrous Complex Structures: Designing Microstructure to Deliver Targeted Macro-scale Response</i>	Dell'Isola, Francesco; Steigmann, David; Della Corte, Alessandro	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Modelagem e análise de metamateriais visando a impressão 3D de malhas microestruturadas.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Ceramic processing of template-induced microstructure textured ceramics PI008</i>	Chavez, T.; DiAntonio, C.B.; Winter, M.; Rodriguez, M.; Yang, P.; Burns, G.; Blea, A.	Sim	Sim	Sensor	eletrocerâmicas	Objetos inteligentes – IoT
<i>On Campus: Ontario is a hot spot for composites research</i>	Weber, Austin	Sim	Sim	Materiais Compósitos	Centro de pesquisa para projetos de materiais leves e compósitos com uso na manufatura avançada.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Numerical simulation of the three-dimensional temperature field in laser cladding forming process</i>	Song, Jianli; Liu, Zhiqi; Qi, Huiping; Du, Shiwen; Li, Yongtang; Deng, Qilin	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Estuda o mecanismo de formação de microestrutura, sensibilidade à quebra e seleção de parâmetros no uso de Laser Cladding forming (LCF).	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Polarization effects associated with thermal processing of HY-80 structural steel using high-power laser diode array</i>	Wu, Sheldon S. Q.; Baker, Bradford W.; Rotter, Mark D.; Rubenchik, Alexander M.; Wiechec, Maxwell E.; Brown, Zachary M.; Beach, Raymond J.; Matthews, Manyalibo J.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	soldagem híbrida por fricção (hybrid friction stir welding)	Objetos Inteligentes – Manufatura Aditiva
<i>Manufacture by selective laser melting and mechanical behavior of commercially pure titanium</i>	Attar, H.; Calin, M.; Zhang, L.C.; Scudino, S.; Eckert, J.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Aprimoramento das propriedades mecânicas do titânio comercialmente puro (CP-Ti) por meio da fusão seletiva a laser (SLM).	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Tuning the crystalline microstructure of Al-doped ZnO using direct ink writing</i>	Torres Arango, M.A.; Abidakun, O.A.; Korakakis, D.; Sierros, K.A.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Relação entre o processamento e propriedades de materiais em métodos usados para impressão aditiva.	Objetos Inteligentes – Manufatura Aditiva
<i>Hierarchical Materials Informatics: Novel Analytics for Materials Data</i>	Kalidindi, Surya R.	Sim	Sim	Design de materiais	Mineração de dados experimentais e modelagem visando o design de novos materiais para tecnologias avançadas.	Habilitadores -Digitalização
<i>Emerging Nanotechnologies for Manufacturing</i>	Ahmed, Waqar	Sim	Sim	Nanomateriais	Explora as nanotecnologias emergentes. Fornece um guia para as aplicações e impacto em diferentes setores de manufatura.	Objetos inteligentes – IoT



<i>Feasibility Study on 3-D Printing of Metallic Structural Materials with Robotic Laser-Based Metal Additive Manufacturing</i>	Ding, Yaoyu; Kovacevic, Radovan	Sim	sim	Impressão 3D de materiais	Estuda a viabilidade de imprimir materiais estruturais metálicos com fabricação aditiva de metal baseada em laser.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Development of a testbed for automated ply inspection of composites</i>	Maass, David P.	Sim	Sim	Robótica	Inspeção de alta resolução	Objetos inteligentes - robótica
<i>Temperature dependent evolution of wrinkled single-crystal silicon ribbons on shape memory polymers</i>	Wang, Yu; Yu, Kai; Qi, H. Jerry; Xiao, Jianliang	Sim	Sim	Dispositivos flexíveis	Material com memória de forma	Objetos inteligentes – IoT
<i>Manufacturing technology and material characterization of ti44ni47nb9alloy fastener ring by tungsten inert gas welding</i>	Song, Yi-Guo; Feng, Chen; Li, Li; Zheng, Yu-Feng	Sim	Sim	Dispositivos flexíveis	Material com memória de forma	Objetos inteligentes – IoT
<i>Neutron characterization for additive manufacturing</i>	Watkins, Thomas; Bilheux, Hassina; An, Ke; Payzant, Andrew; Dehoff, Ryan; Duty, Chad; Peter, William; Blue, Craig; Brice, Craig	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Laboratório de P&D em metal e polímero fabricado por manufatura aditivada e implementação de materiais avançados em tecnologias AM.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Hydroxyapatite-titanium bulk composites for bone tissue engineering applications</i>	Kumar, Alok; Biswas, Krishanu; Basu, Bikramjit	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	biomateriais	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Multiscale laser materials engineering: Energy-efficient processing and materials performance</i>	Dahotre, Narendra B.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	processamento a laser para materiais	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Direct selective laser sintering of high performance metals: Machine design, process development and process control</i>	Das, Suman	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Avalia a tecnologia SLS (Selective Laser Sintering) e a seleção de materiais mais adaptáveis ao processamento direto de SLS.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Creating nanotechnicians for the 21st century workplace</i>	Burke, Michael; Jean, Kristi; Brown, Cheryl; Barrett, Rick; Leopold, Carrie	Sim	Sim	Nanomateriais	Treinamento em Tecnologia de Nanociência	Objetos inteligentes – IoT
<i>3D manufacturing of micro and nano-architected materials</i>	Valdevit, Lorenzo	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Apresenta estratégias para fabricação de materiais leves com combinações únicas de propriedades mecânicas.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>1.03µm Yb: YAG laser crystal production and its property</i>	Zhang, Xuejian; Li, Chun; Gu, Liang; Liu, Jinghe; Zou, Guangtian	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Cristais de laser Yb:YAG	Objetos inteligentes – manufatura aditiva



<i>TechnoFusión, a relevant facility for fusion technologies: The remote handling area</i>	Ibarra, A.; Perlado, M.; Aracil, R.; Blanco, D.; Ferre, M.; García-Cortés, I.; García-Robledo, P.; González, M.; González, P.; Jiménez-Rey, D.; Martínez-Albertos, J.L.; Moreno, L.; De No, J.; Queral, V.M.; Ríos, L.; Román, R.	Sim	Sim	Robótica	Fusão termonuclear	Objetos inteligentes - robótica
<i>Testing TSV-based three-dimensional stacked ICs</i>	Marinissen, Erik Jan	Sim	Sim	Circuito Integrado	Avalia soluções de teste para ICs tridimensionais empilhados (3D-SICs - Stacked Integrated Circuit)	Objetos inteligentes – IoT
<i>Effect of weld power and build compliance on ultrasonic consolidation</i>	Hehr, Adam; Wolcott, Paul J.; Dapino, Marcelo J.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Avalia o efeito da solda na microestrutura e propriedades mecânicas no uso da manufatura aditiva ultra-sônica (UAM).	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Development of novel additive manufacturing technology: An investigation of a selective composite formation process</i>	Cunico, Marlon Wesley Machado; Carvalho, Jonas De	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Apresenta nova tecnologia de manufatura aditiva que é baseada na formação seletiva de compósito de acrilato de celulose.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Lateral nanowire/nanobelt based nanogenerators, piezotronics and piezo-phototronics</i>	Wang, Zhong Lin; Yang, Rusen; Zhou, Jun; Qin, Yong; Xu, Chen; Hu, Youfan; Xu, Sheng	Sim	Sim	Sensor	Analisa nanogeradores, piezotrônicos e piezo-fototrônicos desenvolvidos com base em nanofios.	Objetos inteligentes – IoT
<i>3D superhydrophobic reduced graphene oxide for activated NO₂ sensing with enhanced immunity to humidity</i>	Wu, Jin; Li, Zhong; Xie, Xi; Tao, Kai; Liu, Chuan; Khor, Khiam Aik; Miao, Jianmin; Norford, Leslie K.(4,5)	Sim	Sim	Sensor	Sensor de óxido de grafeno reduzido (RGO) tridimensional, superhidrofóbico e com estruturas hierárquicas únicas.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Analyses of piezoresistive and mechanical characteristics of nano polysilicon film</i>	Lu, Xuebin; Cui, Linhai; Huang, Hai	Sim	Sim	Sensor	Investiga as características piezorresistivas e mecânicas do filme nano-polissilício que pode ser aplicado ao sensor piezorresistivo	Objetos inteligentes – IoT
<i>Advanced Manufacturing and Measurement Science of 3D Cellular Scale Microenvironments</i>	Tourlomousis, Filippou	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	biomanufatura aditiva	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Organic physically unclonable function on flexible substrate operable at 2 V for IoT/IoE security applications</i>	Kuribara, Kazunori; Hori, Yohei; Katashita, Toshihiro; Kakita, Kazuaki; Tanaka, Yasuhiro; Yoshida, Manabu	Sim	Sim	Circuito Integrado	PUF - physically unclonable function	Provedores – Segurança Cibernética



<i>Downsizing gas sensors based on semiconducting metal oxide: Effects of electrodes on gas sensing properties</i>	Song, Young Geun; Shim, Young-Seok; Kim, Sangtae; Han, Soo Deok(1,3); Moon, Hi Gyu; Noh, Myoung Sub(1,3); Lee, Kwangjae; Lee, Hae Ryong; Kim, Jin-Sang; Ju, Byeong-Kwon; Kang, Chong-Yun(1,3)	Sim	Sim	Sensor	Avalia sensores de gás reduzidos e altamente sensíveis. Utiliza nanocolunas de óxido de índio.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Integrating NEMS/MEMS with IoT applications into an innovative ECE senior elective course</i>	El-Sharkawy, Mohamed; Shayesteh, Seemein; Rizkalla, Maher	Sim	Sim	Nanomateriais	Sistemas nanoeletromecânicos	Objetos inteligentes – IoT
<i>Nanostructured miniaturized artificial magnetic conductors (AMC) for high-performance antennas in 5G, IoT, and smart skin applications</i>	Lin, Tong-Hong; Raj, P. Markondeya; Watanabe, Atom; Sundaram, Venky; Tummala, Rao; Tentzeris, Manos M.	Sim	Sim	Nanomateriais	Demonstra condutores magnéticos artificiais nanoestruturados miniaturizados utilizando compostos de polímeros cerâmicos.	Objetos inteligentes – IoT
<i>A Novel Design of Broadband Metamaterial Absorber Based on Sine-Curved-Surface Substrates</i>	Zhou, Mi; Hong, Weijun; Deng, Li; Li, Shufang; Cao, Yanjie	Sim	Sim	Sensor	Apresenta um absorvedor de metamaterial de camada dupla de banda cruzada com propriedades de ampla largura de banda.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Design and analysis of rectangular microstrip patch antenna using metamaterial for WLAN application at 24 GHz</i>	Bagri, Rekha Kumari; Meena, Santosh	Sim	Sim	Sensor	antena em microstrip (ou antenas patch)	Objetos inteligentes – IoT
<i>Footprint-efficient and power-saving monolithic IoT 3D+IC constructed by BEOL-compatible sub-10nm high aspect ratio (AR>7) single-grained Si FinFETs with record high Ion of 0.38 mA/μm and steep-swing of 65 mV/dec. and Ion/Ioffratio of 8</i>	Yang, Chih-Chao; Shieh, Jia-Min; Hsieh, Tung-Ying; Huang, Wen-Hsien; Wang, Hsing-Hsiang; Shen, Chang-Hong; Hsueh, Fu-Kuo; Hsieh, Ping-Yi; Wu, Meng-Chyi; Yeh, Wen-Kuan	Sim	Sim	Circuito Integrado	Sobre Monolithic 3D Integrated Circuits (3D IC). Utilizou Inductively Coupled Plasma e processos de modificação de superfície.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Experimental study of a passive impedance matching interface based on a centimeter-size high inductance coil for practically enhanced piezoelectric energy harvester performance at low frequency</i>	Giuliano, Alessandro; Zhu, Meiling	Sim	Sim	Coletores de energia (energy harvesters)	Estudo experimental visando melhor desempenho do harvester(coletor) piezoelétrico de energia em baixa frequência.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Low temperature co-fired ceramics with ultra-low sintering temperature: A review</i>	Sebastian, Mailadil Thomas; Wang, Hong; Jantunen, Heli	Sim	Sim	Sensor	Pesquisa os materiais cerâmicos dielétricos de microondas de baixa perda relacionados com temperaturas ultra-baixas de sinterização.	Objetos inteligentes – IoT



<i>Why titanates and zirconates may be better adhesion promoters than silanes for silica and carbon reinforced polymeric composition</i>	Monte, Salvatore J.	Sim	Sim	Materialias Com-pósitos	Avalia a adesão de titanatos e zirconatos na composição polimérica reforçada com sílica e carbono.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Controlling the Reliability of SRAM PUFs With Directed NBTI Aging and Recovery</i>	Roelke, Alec; Stan, Mircea R.	Sim	Sim	Circuito Integrado	Segurança da informação para dispositivos IoT via função física não clonável (PUF - physical unclonable function)	Provedores – segurança cibernética
<i>Nanoscale diffusive memristor crossbars as physical unclonable functions</i>	Zhang, R.; Jiang, H.; Wang, Z.R.; Lin, P.; Zhuo, Y.; Holcomb, D.; Zhang, D.H.; Yang, J.J.; Xia, Q.	Sim	Sim	Circuito Integrado	Avalia a função física não clonável (PUF). Utiliza memristors difusivos em nanoescala.	Provedores – segurança cibernética
<i>Chemical effect on diffusion in intermetallic compounds</i>	Chen, Yi-Ting	Sim	Sim	Circuito Integrado	Pesquisa as difusividades dos átomos dentro de um material visando a utilização em pequenos dispositivos eletrônicos.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Highly Deformable Origami Paper Photodetector Arrays</i>	Lin, Chun-Ho; Tsai, Dung-Sheng; Wei, Tzu-Chiao; Lien, Der-Hsien; Ke, Jr-Jian; Su, Chun-Hao; Sun, Ju-Yen; Liao, Ying-Chih; He, Jr-Hau	Sim	Sim	Dispositivos flexíveis	Eletrônicos flexíveis	Objetos inteligentes – IoT
<i>Simulation based study of oxygen plasma induced defects on zigzag graphene nanoribbons</i>	Chen, Po-An; Lee, Jia-Wei; Chiang, Meng-Hsueh; Hsu, Wei-Chou	Sim	Sim	Circuito Integrado	Investiga as questões do design do grafeno com os defeitos decorrentes da corrosão por plasma de oxigênio.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Reliability study of flexible inkjet- and thermal-printed RFID antennas in high humidity conditions</i>	Rizwan, Muhammad; Kutty, Ajith Adhur; Kgwadi, Monageng; Drysdale, Timothy D.; Ukkonen, Leena; Virkki, Johanna	Sim	Sim	Dispositivos flexíveis	antena em microstrip (ou antenas patch)	Objetos inteligentes – IoT
<i>Characterization of anisotropic substrates from RF, mm-Wave to THz: Design of 3D conformal antenna for connected objects</i>	Wane, Sidina; Leyssenne, Laurent; Lesénéchal, Dominique; Dinh, Tanh Vinh; Domengès, Bernadette; Bajon, Damienne; Masseur, Sébastien; Cayron, Audrey; Descamps, Philippe	Sim	Sim	Sensor	antena em microstrip (ou antenas patch)	Objetos inteligentes – IoT
<i>Synthesis and Doping of Silicon Nanocrystals for Versatile Nanocrystal Inks</i>	Kramer, Nicolaas Johannes	Sim	Sim	Nanomateriais	Nanocristais de silício	Objetos inteligentes – IoT
<i>Defect detection in SEM images of nanofibrous materials</i>	Carrera, Diego; Manganini, Fabio;	Sim	Sim	Nanomateriais	Detecção de defeitos em materiais nanofibrosos	Objetos inteligentes – inteligência artificial



	Boracchi, Giacomo; Lanzarone, Ettore					
<i>Adhesion investigation of stacked coatings in organic light-emitting diode display architecture</i>	Lee, Chang-Chun; Tsai, Chen-Chu; Chuang, Jui-Chang; Huang, Pei-Chen; Cheng, Sen-Wen; Liou, Yan-Yu	Sim	Sim	Sensor	OLED (Organic Light-Emitting Diode, diodo emissor de luz orgânico)	Objetos inteligentes – IoT
<i>Interface comparison involved in flexible electronics using molecular modeling</i>	Iwamoto, N.E.; Putman, Carol; Vernon, Gregory; Horn, Rachel Cramm; Bernreuther, Aaron	Sim	Sim	Dispositivos flexíveis	Eletrônicos flexíveis	Objetos inteligentes – IoT
<i>Hybrid Additive Design of FRP Components - Fiber-Reinforced Sandwich Structures Based on Selective Laser Sintering Technology</i>	Kaspar, Jerome; Häfele, Tobias; Kaldenhoff, Carsten; Griebisch, Jürgen; Vielhaber, Michael	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Processo híbrido de fabricação aditiva baseado na tecnologia de Sinterização Seletiva a Laser	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Using smart materials to solve new challenges in the automotive industry</i>	Gath, Kerrie K.; Maranville, Clay; Tardiff, Janice	Sim	Sim	Atuadores	Explora aplicações de materiais inteligentes na indústria automotiva.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Irreversible bonding of polyimide and polydimethylsiloxane (PDMS) based on a thiol-epoxy click reaction</i>	Hoang, Michelle V.; Chung, Hyun-Joong; Elias, Anastasia L.	Sim	Sim	Dispositivos flexíveis	Eletrônicos flexíveis	Objetos inteligentes – IoT
<i>Extending HKMG scaling on CMOS with FDSOI: Advantages and integration challenges</i>	Triyoso, D.H.; Carter, R.; Kluth, J.; Hempel, K.; Gribelyuk, M.; Kang, L.; Kumar, A.; Mulfinger, B.; Javorka, P.; Pun- chihewa, K.; Child, A.; McAr- dle, T.; Holt, J.; Straub, S.; Sporer, R.; Chen, P.	Sim	Sim	Circuito Integrado	Avalia que em comparação ao HKMG no Si, os transistores HKMG FDSOI têm vantagens.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Measured wideband near-field characteristics of an UWB RFID tag with on-chip antenna</i>	Gentner, Philipp K.; Wiessflecker, Martin; Arthaber, Holger; Scholtz, Arpad L.; Mек- klenbräuker, Christoph F.	Sim	Sim	Dispositivos flexíveis	On-chip-antenna (OCA)	Objetos inteligentes – IoT
<i>2D or not 2D? the impact of nanoscale roughness and substrate interactions on the tribological properties of graphene and MoS2</i>	Eliński, Meagan B.; Liu, Zhuotong; Spear, Jessica C.; Batteas, James D.	Sim	Sim	Nanomateriais	Impacto da rugosidade em nanoescala e propriedades tribológicas	Objetos inteligentes – IoT
<i>Heterogeneous 3-D integration using self-assembly and electrostatic bonding</i>	Koyanagi, Mitsumasa; Fukushima, Takafumi; Lee, Kang-Wook; Tanaka, Tetsu	Sim	Sim	Circuito Integrado	Vários tipos de chips com diferentes tamanhos e materiais são empilhados verticalmente, além de IC de larga escala 3D heterogêneos.	Objetos inteligentes – IoT



<i>Piezotronic analog-to-digital converters based on strain-gated transistors</i>	Nie, Jiaheng; Hu, Gongwei; Li, Lijie; Zhang, Yan(1,3,4)	Sim	Sim	Robótica	conversores analógico-digitais piezotrônicos	Objetos inteligentes – robótica
<i>Present and future thermal interface materials for electronic devices</i>	Razeeb, Kafil M.; Dalton, Eric; Cross, Graham Lawrence William; Robinson, Anthony James(4,5)	Sim	Sim	Circuito Integrado	Avalia o atual estado da arte dos materiais de interface térmica (TIM), além de discutir a próxima geração de TIM.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Printing Electronic Components from Copper-Ink-fused Ink and Thermoplastic Mediums</i>	Flowers, Patrick F.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Memória não volátil baseada em nanofios de núcleo de cobre que podem sofrer impressão baseada em tinta eletrônica.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Industrial perspectives on earth abundant, multinary thin film photovoltaics</i>	Haight, Richard; Gershon, Talia; Gunawan, Oki; Antunez, Priscilla; Bishop, Douglas; Lee, Yun Seog; Gokmen, Tayfun; Sardashti, Kasra; Chagarov, Evgueni; Kummel, Andrew	Sim	Sim	Coletores de energia (energy harvesters)	Material semicondutor	Objetos inteligentes - IoT
<i>Latest Developments in Modeling and Characterization of Joining Metal Based Hybrid Materials</i>	Khoddam, Shahin; Tian, Liang; Sapanathan, Thaneshan; Hodgson, Peter D.; Zarei-Hanzaki, Abbas	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Revisa estudos da interface dentro de vários compósitos de metais visando aplicação em processos de "junção".	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Interface characterization of thermoplastic skin-stiffer composite manufactured using laser-assisted tape placement</i>	Bandaru, Aswani Kumar; Clancy, Gearóid; Peeters, Daniël; O'Higgins, Ronan; Weaver, Paul M.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Laser Assisted Fiber Placement (LAFP)	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>A critical review of powder-based additive manufacturing of ferrous alloys: Process parameters, microstructure and mechanical properties</i>	Fayazfar, Haniyeh; Salarian, Mehrnaz; Rogalsky, Allan; Sarker, Dyuti; Russo, Paola; Paserin, Vlad; Toyserkani, Ehsan	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Apresenta diferentes processos de fabricação aditiva à base de pó implantados em ligas ferrosas.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Impact of post processing parameter on mechanical properties and surface roughness of selective laser sintered sand mold casting part</i>	Arasu, I. Vijay; Chockalingam, K.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Avaliação da rugosidade superficial e propriedades mecânicas da peça final produzida por sinterização seletiva a laser (SLS).	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Characterization of gas atomized Ti-6Al-4V powders for additive manufacturing</i>	Tshabalala, Lerato; Mathe, Ntombi; Chikwanda, Hilda	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Investiga as propriedades do pó de Ti-6Al-4V atomizado por gás para utilização na fusão seletiva a laser (SLM)	Objetos inteligentes – manufatura aditiva



<i>The heat treatment influence on the structure and mechanical properties of Ti6Al4V alloy manufactured by SLM technology</i>	Kiel-Jamrozik, Marta; Jamrozik, Wojciech; Witkowska, Ilona	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Avalia o efeito de tratamentos térmicos na microestrutura e propriedades mecânicas da liga Ti6Al4V processada por fusão seletiva a laser (SLM).	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Predicting tensile properties of Ti-6Al-4V produced via directed energy deposition</i>	Hayes, Brian J.; Martin, Brian W.; Welk, Brian; Kuhr, Samuel J.; Ales, Thomas K.; Brice, David A.; Ghamarian, Iman; Baker, Andrew H.; Haden, Christina V.; Harlow, D. Gary; Fraser, Hamish L.; Collins, Peter C.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Avalia a resistência ao escoamento de Ti-6Al-4V fabricado aditivamente submetido a um tratamentos térmico.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Bingham fluid-assisted fabrication of 3D vascular-like constructs of interpenetrating network hydrogel</i>	Krishnamoorthy, Srikumar; Song, Hongtao; Zhang, Mengyun; Xu, Changxue	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Fluido para auxiliar na fabricação de construções vasculares semelhantes a 3D de hidrogéis.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Structural integrity of an electron beam melted titanium alloy</i>	Lancaster, Robert; Davies, Gareth; Illsley, Henry; Jeffs, Spencer; Baxter, Gavin	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Método de impressão 3D de metais, o Electron Beam Melting (EBM)	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Metrology and nano-mechanical tests for nanomanufacturing and nanobio interface: Challenges & future perspectives</i>	Koumoulos, E.P.; Tofail, S.A.M.; Sillion, C.; De Felicis, D.; Moscatelli, R.; Dragatogiannis, D.A.; Bemporad, E.; Sebastiani, M.; Charitidis, C.A.	Sim	Sim	Nanomateriais	Nanometrologia	Objetos inteligentes – IoT
<i>Research and practice of new gas sensors based materials on Internet of Things</i>	Qin, Song; Qu, Lu; Wei, Dong; Zhang, Baocai; Qiu, Nanwan	Sim	Sim	Sensor	Desenvolvimento de novos sensores de gás baseados em materiais.	Objetos inteligentes – IoT
<i>The building of composite materials information system based on internet of things technology</i>	Liu, Fei; Mu, Junchen	Sim	Sim	Materiais Compostos	Propõe a construção de sistemas de informação de materiais compostos.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Heterogeneous 3D integration for internet of things</i>	Koyanagi, Mitsumasa	Sim	Sim	Circuito Integrado	Vários tipos de chips com diferentes tamanhos e materiais são empilhados verticalmente, além de IC de larga escala 3D heterogêneos.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Cyber-enabled concurrent material and process selection in a flexible design for manufacture paradigm</i>	Desai, S.; Dean, C.; Desai, Y.	Sim	Sim	Design de materiais	Estrutura (Framework) de design para seleções simultâneas de materiais e processos	Objetos inteligentes – Digitalização



<i>Design and Characterization of Inductors for Self-Powered IoT Edge Devices</i>	Pardue, Colin A.; Bellaredj, Mohamed Lamine Faycal; Davis, Anto K.; Swaminathan, Madhavan; Kohl, Paul; Fujii, Tomoharu; Nakazawa, Shinji	Sim	Sim	Circuito Integrado	Indutores projetados especificamente para IoT e demonstrados em uma placa de circuito impresso.	Objetos inteligentes – IoT
<i>A new pinwheel meander-perforated plane structure for noise suppression in system-on-package</i>	Han, Youngbong; Huynh, Hai Au; Kim, Soyoung	Sim	Sim	Circuito Integrado	Nova estrutura de bandgap eletromagnético (EBG) para mitigar o acoplamento de ruído dentro de SoPs (System-on-Package).	Objetos inteligentes – IoT
<i>Design and low cost fabrication of green vibration energy harvester</i>	Balpande, Suresh S.; Pande, Rajesh S.; Patrikar, Rajendra M.	Sim	Sim	Dispositivos flexíveis	Coletores de energia (energy harvesters) vestíveis	Objetos inteligentes – IoT
<i>Implementation of Keep-Out-Zones to Protect Sensitive Sensor Areas during Backend Processing in Wafer Level Packaging Technology</i>	Cardoso, Andre; Pires, Mariana; Pinto, Raquel; Fernandes, Elisabete; Barros, Isabel; Kuisma, Heikki; Nurmi, Sami	Sim	Sim	Circuito Integrado	Tecnologia Wafer-Level Packaging (WLP)	Objetos inteligentes – IoT
<i>Thin-film processing of 'exotic' phase-change and ferroelectric materials for IoT applications</i>	Suu, K.; Kimura, I.; Kobayashi, H.; Miyaguchi, Y.; Masuda, T.; Kokaze, Y.; Jimbo, T.	Sim	Sim	Sensor	Material semicondutor	Objetos inteligentes – IoT
<i>An advanced 3D/2.5D integration packaging approach using double-self-assembly method with complex topography, and micropin-fin heat sink interposer for pressure sensing system</i>	Hu, Yu-Chen; Lin, Chun-Pin; Chang, Hsiao-Chun; Yang, Yu-Tao; Chen, Chi-Shi; Chen, Kuan-Neng	Sim	Sim	Circuito Integrado	Nova abordagem de empacotamento que é capaz de integrar vários tipos de chips processados.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Wireless power transmission: R&D activities within europe</i>	Borges Carvalho, Nuno; Georgiadis, Apostolos; Costanzo, Alessandra; Rogier, Hendrik; Collado, Ana; Garcia, Jose Angel; Lucyszyn, Stepan; Mezzanotte, Paolo; Kracek, Jan; Masotti, Diego; Boaventura, Alirio J. Soares; De Las Nieves Ruiz Lavin, Maria; Pinuela, Manuel; Yates, David C.; Mitcheson, Paul D.; Mazanek, Milos; Pankrac, Vitezslav	Sim	Sim	Sensor	Transmissão de energia sem fio (WPT - Wireless power transmission)	Objetos inteligentes – IoT



<i>High-Resolution Dielectric Sensor Based on Injection-Locked Oscillators</i>	Mirzavand, Ras-hid; Honari, Mohammad Mahdi; Mousavi, Pedram	Sim	Sim	Sensor	Sensor de material de microondas de alta resolução	Objetos inteligentes – IoT
<i>The effects of antimony additions on microstructures, thermal and mechanical properties of Sn-8Zn-3Bi alloys</i>	Ren, Guang; Collins, Maurice N.	Sim	Sim	Sensor	Efeito do Antimônio (Sb) na microestrutura da liga	Objetos inteligentes – IoT
<i>Graphene Ink Laminate Structures on Poly(vinylidene difluoride) (PVDF) for Pyroelectric Thermal Energy Harvesting and Waste Heat Recovery</i>	Zabek, Daniel; Seunarine, Kris; Spacie, Chris; Bowen, Chris	Sim	Sim	Coletores de energia (energy harvesters)	Material semicondutor	Objetos inteligentes – IoT
<i>Industry 4.0, logistics 4.0 and materials - Chances and solutions</i>	Glistau, Elke(1,3); Machado, Norge Isaías Coello	Sim	Sim	Sensor	Descreve o termo Industry 4.0 e discute novas soluções para desenvolvimento de materiais.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Pattern recognition in classification of intelligent composites during smart manufacturing</i>	Esmaili, Nasser; Talaie, Afshad	Sim	Sim	Design de materiais	Sistema de classificação em tempo real de diferentes compósitos	Habilitadores -Digitalização
<i>A cyber-physical framework for MRI guided magnetic nano/micro particles called MAGNASIM</i>	Ahmadnia-roudsari, Mani; Mavroidis, Constantinos	Sim	Sim	Nanomateriais	Nanopartículas magnéticas	Objetos inteligentes – Sistemas ciberfísicos
<i>Development of an integrated Fibre Bragg Grating contact pressure and temperature sensor for composite smart manufacturing</i>	Maurin, L.; Ferdinand, P.; Robert, L.; Orteu, J.-J.	Sim	Sim	Sensor	Protótipos de sensores de pressão de contato. Utiliza compósitos de matriz de polímero.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Nanosilver conductive ink inkjet printing RFID tag antenna</i>	Gao, Zhi Qiang; Zhao, Xiu Ping	Sim	Sim	Nanomateriais	Nanopartículas de prata	Objetos inteligentes – IoT
<i>The key supporting technologies for the sustainable development of advanced manufacturing technology</i>	Hong, Qi; Gu, Lizhi; Cheng, Bin; Li, Qiong	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	engenharia de biofabricação	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Disrupting the metallics domain in pressure vessel and piping manufacture-advanced manufacturing in the oil and gas sector</i>	Rafferty, John Gerard; Gill, David; Kapur, Ravi	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Fabricação de um componente metálico submarino usando técnicas aditivas.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Multi-Purpose Avionics Core Element: Using Digital Materials and Advanced Manufacturing to rapidly develop cube satellite subsystems and components</i>	Hartney, Christopher; Agasid, Elwood; Hovsepian, Sarah	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Material compósito	Objetos inteligentes – manufatura aditiva



<i>Topology Optimization and Advanced Manufacturing as a Means for the Design of Sustainable Building Components</i>	Donofrio, Mark	Sim	Sim	Design de materiais	Otimização de topologia para determinar a distribuição do material dentro de um domínio de design e objetivo definido	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Towards uncertainty in dimensional metrology of surface features for advanced manufacturing</i>	Musso, Giuseppe(1,3); Senin, Nicola; Galeto, Maurizio; Leach, Richard	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Caracterização dimensional de superfícies	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Advanced manufacturing routes for metal/composite components for aerospace</i>	Salvo, M.	Sim	Sim	Materiais Compositos	Tecnologias de junção para Cerâmica e Compositos de Matriz Cerâmica (CMC) para componentes aeroespaciais.	Objetos inteligentes – manufatura aditiva
<i>Integrated process for high aspect ratio through glass vias</i>	Xue, Kai; Jiang, Feng; Wu, Heng; Zhou, Xiufeng; Ming, Xuefei	Sim	Sim	Circuito Integrado	Fabricação de vigas de vidro (TGVs) para uso em chips 3D-IC (circuito integrado tridimensional).	Objetos inteligentes – IoT
<i>Power and Energy Characterization of an Open Source 25-Core Manycore Processor</i>	McKeown, Michael; Lavrov, Alexey; Shahrada, Mohammad; Jackson, Paul J.; Fu, Yaosheng; Balkind, Jonathan; Nguyen, Tri M.; Lim, Katie; Zhou, Yanqi(1,3); Wentzlaff, David	Sim	Sim	Circuito Integrado	Caracterização de energia e potência de um projeto manycore de código aberto implementado em silício.	Objetos inteligentes – IoT
<i>A simple resonance method to investigate dielectric constant of low loss substrates for smart clothing</i>	Azeez, Hemin Ismael; Chen, Wen-Shan; Wu, Chih-Kuang; Cheng, Chien-Min; Yang, Hung-Chi	Sim	Sim	Dispositivos flexíveis	antena em microstrip (ou antenas patch)	Objetos inteligentes – IoT
<i>Two-dimensional SnS2 materials as high-performance NO2 sensors with fast response and high sensitivity</i>	Kim, Young-Ho; Phan, Duy-Thach; Ahn, Seungbae; Nam, Ki-Hun; Park, Cheol-Min; Jeon, Ki-Joon	Sim	Sim	Nanomateriais	nanomaterial como sensor de NO2	Objetos inteligentes – IoT
<i>Long-Term Stability of Oxide Nanowire Sensors via Heavily Doped Oxide Contact</i>	Zeng, Hao; Takahashi, Tsunaki; Kanai, Masaki; Zhang, Guozhu; He, Yong; Nagashima, Kazuki; Yanagida, Takashi	Sim	Sim	Sensor	Sensores de Nanofio de Óxido	Objetos inteligentes – IoT
<i>Low-cost inkjet-printed fully passive RFID tags using metamaterial-inspired antennas for capacitive sensing applications</i>	Kim, Sangkil; Kawahara, Yoshihiro; Georgiadis, Apostolos; Collado, Ana; Tentzeris, Manos M.	Sim	Sim	Sensor	Antena metamaterial	Objetos inteligentes – IoT
<i>Theory of impedance loaded loop antennas and nanorings from RF to optical wavelengths</i>	Mckinley, Arnold F.	Sim	Sim	Sensor	Antena metamaterial	Objetos inteligentes – IoT



<i>Preparation and characterization of organic light emitting devices using hybrid encapsulation materials: Properties of OLED using hybrid encapsulation materials</i>	Chang, Ho Jung; Park, Byung Min; Lee, Sang Hee; Jo, Yang Geun; Kim, Ji Mook; Jung, Jae Jin; Pyee, Jaeho	Sim	Sim	Materiais Compositos	Dispositivo OLED (diodos emissores de luz orgânicos) preparado com os materiais de encapsulamento híbridos.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Recent advances in wearable tactile sensors: Materials, sensing mechanisms, and device performance</i>	Yang, Tingting; Xie, Dan; Li, Zhihong; Zhu, Hongwei	Sim	Sim	Sensor	Sensores táteis vestíveis	Objetos inteligentes – IoT
<i>Plasmonic metamaterials based subwavelength multiband antenna for wireless energy harvesting</i>	Zhou, Yong Jin; Liu, Yang; Xiao, Qian Xun; Pan, Tian Yang; Ma, Hui Feng; Tan, Chong	Sim	Sim	Sensor	Antena metamaterial	Objetos inteligentes – IoT
<i>Non-destructive evaluation of defects in polymer matrix composites for aerospace applications using x-ray Talbot-Lau interferometry and micro CT</i>	Senck, Sascha; Plank, Bernhard; Kastner, Johann; Revol, Vincent; Dobes, Katharina; Scheerer, Michael	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Ensaio Não Destrutivo de Defeitos em compostos de matriz polimérica	Objetos Inteligentes – Manufatura Aditiva
<i>High resolution imaging and analysis of residual elastic strain in an additively manufactured turbine blade</i>	Kirkwood, Henry J.; Zhang, Shu Yan; Tremsin, Anton S.; Sui, Tan; Korsunsky, Alexander M.; Abbey, Brian	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Imagem de alta resolução e análise da deformação elástica residual em uma lâmina de turbina fabricada aditivamente	Objetos Inteligentes – Manufatura Aditiva
<i>Forming sheet metals by means of multi-point deep drawing method</i>	Yasar, Mustafa; Korkmaz, Zeki; Gavas, Muammer	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Desenho profundo multiponto (MPDD - Multi-point deep drawing) para peças de chapa metálica 3D.	Objetos Inteligentes – Manufatura Aditiva
<i>Experimental study of laser cladding forming iron-based alloys</i>	Song, Jianli; Li, Yongtang; Deng, Qilin; Hu, Dejin	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Formação de chapas a laser (Laser cladding forming) de liga a base de ferro.	Objetos Inteligentes – Manufatura Aditiva
<i>Two-phase flow characteristics in hollow shape fabrication process of metal matrix composites by thixoforging</i>	Yoon, K.S.; Lee, S.M.; Kang, C.G.	Sim	Sim	Materiais Compositos	Composto com matriz de metal (MMC - metal matrix composites)	Objetos Inteligentes – Manufatura Aditiva
<i>Physics-based simulation modeling and optimization of microstructural changes induced by machining and selective laser melting processes in titanium and nickel based alloys</i>	Arisoy, Yigit Muzafer	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Fusão selectiva por laser (selective laser melting) de ligas em pó à base de titânio e níquel.	Objetos Inteligentes – Manufatura Aditiva
<i>Overview of Materials Qualification Needs for Metal Additive Manufacturing</i>	Seifi, Mohsen; Salem, Ayman; Beuth, Jack; Harrysson, Ola; Lewandowski, John J.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Avalia a qualificação de materiais e certificação necessárias para manufatura aditiva.	Objetos Inteligentes – Manufatura Aditiva



<i>Mechanical modulation of nascent stem cell lineage commitment in tissue engineering scaffolds</i>	Song, Min Jae; Dean, David; Knothe Tate, Melissa L.(1,3)	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Modelagem de fluidos computacional, métodos de fabricação e experimental de fluidos para geometrias de scaffold de engenharia de tecidos.	Objetos Inteligentes – Manufatura Aditiva
<i>Customized Ca-P/PHBV nanocomposite scaffolds for bone tissue engineering: Design, fabrication, surface modification and sustained release of growth factor</i>	Duan, Bin; Wang, Min	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Investiga a integração da SLS (selective laser sintering) e material nanocompósito para formar scaffold de engenharia de tecidos multifuncionais.	Objetos Inteligentes – Manufatura Aditiva
<i>Mechanical and thermal performance of coextruded wood plastic composites for structural applications</i>	Xiong, Wen(1,3); Wu, Qinglin; Cai, C.	Sim	Sim	Materiais Compósitos	Compósitos Plásticos de Madeira (WPCs)	Objetos Inteligentes – Manufatura Aditiva
<i>Fabrication and evaluation of multiscale thermoplastic composites based on in-situ polymerization of cyclic butylene terephthalate</i>	Zhao, Yong; Ma, Xiaojing; Xu, Tao; Salem, David R.; Fong, Hao	Sim	Sim	Materiais Compósitos	compósitos termoplásticos multiescala	Objetos inteligentes – IoT
<i>Advances in Nanomaterials and Processing - IUMRS - ICA - 2006 International Conference in Asia</i>		Sim	Sim	Nanomateriais	Material semicondutor	Objetos inteligentes – IoT
<i>Design of artificial metamaterials with desired multiphysical properties using topology optimization</i>	Kiziltas, Gullu	Sim	Sim	Sensor	Metamaterial	Objetos inteligentes – IoT
<i>A European Roadmap for Thermophysical Properties Metrology</i>	Filtz, J.-R.; Wu, J.; Stacey, C.; Hollandt, J.; Monte, C.; Hay, B.; Hameury, J.; Villamañan, M.A.; Thurzo-Andras, E.; Sarge, S.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Propriedades termofísicas do material	Objetos Inteligentes – manufatura aditiva
<i>Multifunctional hierarchical nanocomposites-a review</i>	Ghasemi-Nejhad, Mehrdad N.	Sim	Sim	Nanomateriais	Nanocompósitos	Objetos Inteligentes – IoT
<i>Microstructure architecture development in metals and alloys by additive manufacturing using electron beam melting</i>	Murr, L.E.; Gaytan, S.M.; Ramirez, D.A.; Martinez, E.; Martinez, J.L.; Hernandez, D.H.; Machado, B.I.; Medina, F.; Wicker, R.B.	Sim	Sim	Impressão 3D de materiais	Fusão por feixe de elétrons (EBM) com manipulação adicional ou independente das propriedades do material.	Objetos Inteligentes – Manufatura Aditiva



Anexo 2

 Classificação dos Documentos de Patentes relacionados a Manufatura Avançada e Novos
 Materiais

Título	Nome do Depositante	Pode ser aplicado a um dos produtos ou área tecnológica do Profuturo (vide tabela 5)	Agrega novas características a materiais tradicionais ou são materiais novos com desempenho superior; ou tem aplicação em tais materiais	Taxonomia sobre possível aplicação	O documento aborda a/o	Manufatura Avançada
<i>Method of forming photovoltaic device used to power LEDs, by conformally forming layer of type III-V semiconductor material on triangular-shaped islands for textured surface of photovoltaic device, and forming LED on textured surface</i>	INT BUSINESS MACHINES CORP (IBM-C)	Sim	Sim	Sensor	Método de formação de dispositivo fotovoltaico usado para alimentar LEDs. Envolve crescimento epitaxial de material semicondutor.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Printed flexible thin film solar energy battery, has thin film layer and transparent conductive layer that is adhered with active polymer layer, where thickness of transparent conductive layer and thin film layer are specific microns</i>	JIANGSU INTERNET THINGS RES DEV CENT (JIAS-C)	Sim	Sim	Sensor	Célula solar de filme fino flexível impressa. Utiliza substrato flexível de camada condutora transparente.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Internet-of-things sensor for detecting humidity in e.g. vehicle seat, has first fabric layer arranged with second fabric layer, film arranged on first fabric layer, and electrode arranged on film and woven at conductive fiber</i>	LG INNOTEK CO LTD (GLDS-C)	Sim	Sim	Sensor	Sensor para detecção de umidade em um assento de veículo, luvas e tapete. Utiliza tecido com fibra condutora.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Piezoelectric package-integrated sensing device for e.g. microelectronic device, has base structure including proof mass that deflects in response to application of external force and deflection causes stress in piezoelectric material</i>	INTEL CORP (ITLC-C); INTEL CORP (ITLC-C)	Sim	Sim	Sensor	Sensor piezoelétrico. Permite a deposição e cristalização de filmes piezoelétricos de alta qualidade.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Tunnel FET device for semiconductor device, has gate electrode connected at channel region of semiconductor substrate, drain region</i>	SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD (SMSU-C)	Sim	Sim	Circuito Integrado	Equipamento túnel FET para dispositivo semicondutor. Utiliza substrato semicondutor (substrato de silício).	Objetos inteligentes – IoT



<i>formed on semiconductor substrate, and area-source connected to semiconductor substrate</i>						
<i>Method for protecting reactive metal surface of e.g. transistor during transport for manufacturing integrated circuit, involves forming protection layer on portion of contact surface in environment that is remote from another environment</i>	GLOBALFOUNDRIES DRESDEN MODULE ONE & CO (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES INC (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES INC (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES DRESDEN MODULE ONE & CO (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES INC (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES DRESDEN MODULE ONE & CO (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES US INC (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES DRESDEN MODULE ONE & CO (MUBA-C); ADVANCED MICRO DEVICES INC (ADMI-C); GLOBALFOUNDRIES INC (MUBA-C)	Sim	Sim	Circuito Integrado	Método para proteger uma superfície de metal reativa de um componente semicondutor durante o transporte para a fabricação de um circuito integrado. Utiliza Óxido de cobre.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Method for forming metal gate electrode structure of application-specific integrated circuit of e.g. CPU, involves replacing material of placeholder electrode structure with conductive electrode material to form gate electrode structure</i>	GLOBALFOUNDRIES DRESDEN MODULE ONE & CO (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES INC (MUBA-C)	Sim	Sim	Circuito Integrado	Método para formação da estrutura do eletrodo gate de metal do circuito integrado.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Fabricating transistor, comprises forming first cavity in crystalline semiconductor region, forming first semiconductor material, forming second cavity, forming second semiconductor material and forming drain and source regions</i>	GLOBALFOUNDRIES INC (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES DRESDEN MODULE ONE & CO (MUBA-C)	Sim	Sim	Circuito Integrado	Método para fabricação de transistor com desempenho superior. Utiliza hidróxido de tetrametil-amônio que proporciona capacidades superiores de etch-stop.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Method for fabricating semiconductor device e.g. integrated circuit (IC) used in e.g. CPU, involves forming strain-inducing semiconductor alloy in semiconductor region by using spacer element as mask</i>	KRONHOLZ S (KRON-Individual); BOSCHKE R (BOSC-Individual); WIATR M (WIAT-Individual); JAVORKA P (JAVO-Individual); GLOBALFOUNDRIES DRESDEN	Sim	Sim	Circuito Integrado	Método para fabricar dispositivo semicondutor. O comportamento de oxidação dos materiais semicondutores (siliceto de metal) do eletrodo gate é modificado.	Objetos inteligentes – IoT



	MODULE ONE & CO (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES INC (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES DRESDEN MODULE ONE & CO (MUBA-C)					
<i>Method of manufacturing semiconductor device e.g. integrated circuit, involves forming hard mask so as to cover right semiconductor region/right gate electrode structure and to expose spacer layer</i>	LENSKI M (LENS-Individual); RUTTLOFF K (RUTT-Individual); MAZUR M (MAZU-Individual); SELIGER F (SELI-Individual); OTTERBACH R (OTTE-Individual); GLOBALFOUNDRIES DRESDEN MODULE ONE & CO (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES INC (MUBA-C); GLOBALFOUNDRIES DRESDEN MODULE ONE & CO (MUBA-C)	Sim	Sim	Circuito Integrado	Método para fabricar dispositivo semiconductor. Forma uma camada espaçadora acima das regiões semicondutoras e estruturas de eletrodos gate.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Multi-layer wiring substrate for e.g. electronic device, has first wiring pattern formed on side of substrate body, where insulating layers and substrate body are coated with silver nano-particle ink using contactless printing technology</i>	KOREA INST IND TECHNOLOGY (KTEC-C)	Sim	Sim	Sensor	Substrato multicamada para um dispositivo eletrônico. Utiliza tinta de nano partículas de prata.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Method for fabricating radio frequency fully depleted silicon on insulator devices, involves constructing localized areas of wafer comprising radio circuits and passive devices, where thin buried oxide layer extends into areas of wafer</i>	INT BUSINESS MACHINES CORP (IBMC-C)	Sim	Sim	Circuito Integrado	Método para fabricar wafer (fina fatia de material semiconductor) de silício para circuitos digitais usando a tecnologia FD-SOI.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Method of forming electrically conductive circuit pattern of transparent material, involves depositing metal element on transparent material through reduction reaction of metal element contained in light absorbing solution</i>	UNIV SEOUL NAT SCI & TECHNOLOGY RES (USEO-C)	Sim	Sim	Sensor	Método de formação de circuito eletricamente condutor de material transparente, usado como eletrodo transparente em tela sensível ao toque.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Method of forming energy storage device, involves delivering filtered molten metal to three dimensional printing device, and forming metal film on substrate by printing</i>	APPLIED MATERIALS INC (APMA-C)	Sim	Sim	Impressão 3D de material	Processo de purificação de metal fundido filtrado para uso em dispositivo de impressão tridimensional	Objetos inteligentes – manufatura aditiva



<i>filtered molten metal on substrate</i>						
<i>Production of cycloolefin yarn used as wearable electroconductive fiber, involves adsorbing palladium and tin on surface of cycloolefin fiber, oxidizing tin, subjecting obtained yarn to electroless plating, and removing moisture from fiber</i>	GH KANTO GAKUIN (KANT-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Produção de fio de cicloolefina usado como fibra eletrocondutiva vestível.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Smart mattress, has generation pad part equipped in upper portion of mat part and for converting electricity into thermal energy, and internal state measuring sensor equipped in mat part and sensing pollution level of mat part</i>	AN J H (ANJH-Individual)	Sim	Sim	Sensor	Colchão com sensor que monitora informações do corpo do usuário ou informações ambientais. Utiliza tecido com fibra condutora.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Manufacturing method of semiconductor device, by forming contact plug in contact opening and over exposed portion of active area and exposed portion of spacer</i>	TAIWAN SEMICONDUCTOR MFG CO LTD (TSMC-C)	Sim	Sim	Circuito Integrado	Método de fabricação de dispositivo semicondutor, de uma estrutura FinFET e de uma célula de memória.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Thermoelectric conversion-oriented silicon on insulator-based laterally diffused MOS power transistor for internet of things (IoT), has adjacent thermocouple metal arm and thermocouple N type polycrystalline silicon arm connected in series</i>	UNIV SOUTHEAST (UYSE-C)	Sim	Sim	Circuito Integrado	Transistor de potência LD MOS com base em conversão termoeletrônica de silício em isolante (SOI – silicon-on-insulator)	Objetos inteligentes – IoT
<i>Electronic device has conductive structure extending between second molding level and substrate and electrically coupling passive component, which comprises electrostatic protection device, to conductive area of substrate</i>	STMICROELECTRONICS GRENoble 2 SAS (SGSA-C)	Sim	Sim	Sensor	Método de fabricação de um dispositivo eletrônico mais compacto e mais adequado para determinados usos.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Ceramic material used for e.g. cellular base station, comprises barium magnesium tantalite and tungsten oxide and/or perovskite crystal structure incorporated into tantalate to form material having preset quality factor at preset</i>	SKYWORKS SOLUTIONS INC (SKYW-C)	Sim	Sim	Sensor	Material cerâmico de alta qualidade para aplicações de comunicação sem fio.	Objetos inteligentes – IoT



UFRJ

frequency						
Internet-of-things based dual-wavelength optical fiber structure, has 808nm-type laser output optical fiber tail part fixed with 808nm-type splitting optical fiber ring, where dual wavelength optical fiber output laser structure is formed	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica de comprimento de onda duplo. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
Internet-of-things based 965 nm, 750 nm and 808nm three-wavelength optical fiber output laser, has three-wavelength optical fiber output laser structure for generating four-wave mixing effect to produce signal light optical fiber laser	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica com comprimento de onda de 965 nm, 750 nm e 808 nm. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
Internet-of-things 2710 nm and 808 nm dual-wavelength optical fiber output laser, has dual wavelength optical fiber output laser structure for generating four-wave mixing effect to produce signal light 2710 nm optical fiber laser	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica de comprimento de onda duplo de 2710 nm e 808nm. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
Internet-of-things wavelength optical fiber output laser, has laser body formed in periodically poled lithium niobate laser resonant cavity structure, where specified wavelength optical fiber output laser structure is configured	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica de comprimento de onda de 2172 nm. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
Three-wavelength optical fiber output laser for Internet of things, has four-wave mixing cycle polarization lithium niobate laser resonator into which signal light, idle frequency light, and pump light are set	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica de três comprimentos de onda, 821nm, 660nm, 1064nm. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
Internet of things based 2710nm wavelength fiber optic output laser has mixing effect generated signal light 2710nm fiber laser output that constitute fiber output laser structure of specific wavelength	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica com comprimento de onda de 2710 nm. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT



<i>Double wavelength optical fiber output laser for internet of things, has four-wave mixing cycle polarization lithium niobate laser resonator in which pumping light is set</i>	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de fibra de comprimento de onda duplo de 2710nm e 1500nm. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Internet-of-things 965nm, 750nm, 808nm and 1064nm four-wavelength optical fiber output laser, has resonant cavity pumped with specified values splitting laser outputs to form four-wavelength optical fiber output laser structure</i>	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica de quatro comprimentos de onda, 965nm, 750nm, 808nm e 1064nm. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Internet-of-things 821nm and 660nm dual-wavelength fiber output laser, has resonant cavity structure pumped with specific value light and laser output to obtain optical fiber laser output signal, such that laser structure is formed</i>	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra de comprimento de onda dupla, 821nm e 660nm. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Internet-of-things based 821, 808 and 1064 nano meters wavelengths optical fiber output laser, has three-wavelength optical fiber output laser structure connected to periodically poled lithium niobate laser resonant cavity structure</i>	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica de três comprimentos de onda, 821, 808 e 1064. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Internet-of-things based four-wavelength optical fiber output laser, has laser main body formed with period polarized lithium niobate laser resonant cavity, and optical fiber output laser structure formed in 821nm-type signal light</i>	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica de quatro comprimentos de onda é formada na luz de sinalização tipo 821nm. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Internet-of-things based 821nm and 1064nm-double-wavelength optical fiber output laser, has optical fiber laser output for generating signal light by mixing four-wave, and specified range dual wavelength optical fiber output are formed</i>	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica com 821nm e 1064nm de comprimento de onda duplo. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Three-wavelength optical fiber output laser for internet of things, has four-wave mixing cycle polarization lithium niobate laser resonator in which signal light, idle frequency light, and pump light are set</i>	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica de três comprimentos de onda, 2172nm, 808nm, 1319nm. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT



<i>Three-wavelength optical fiber output laser for internet of things, has four-wave mixing cycle polarization lithium niobate laser resonant cavity structure in which signal light, idle frequency light, and pumping light are provided</i>	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica de três comprimentos de onda, 2710nm, 1064nm e 1500nm. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Internet of things based 970nm and 1500nm dual wavelength fiber output laser, has first pump light and second pump light that enter four wave mixing periodically poled lithium niobate laser resonator</i>	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra de comprimento de onda dupla de 970nm e 1500nm. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Internet-of-things based 2172nm and 1064nm-dual-wavelength optical fiber output laser, has laser main body for performing four-wave mixing process to generate optical fiber laser output to form optical fiber output laser structure</i>	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica com 2172nm e 1064nm de comprimento de onda duplo. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Internet-of-things based 2710nm, 808nm, 1064nm three-wavelength optical fiber output laser, has pump light arranged with lithium niobate laser resonant cavity structure to generate three-wavelength optical fiber output laser structure</i>	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica de 2710nm, 808nm, 1064nm e com três comprimentos de onda. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Three-wavelength optical fiber output laser for internet of things, generates four-wave mixing effect to produce signal light of specific wavelength, such that forming specific wavelength optical fiber output laser structure</i>	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica de comprimento de onda de 2172nm, 808nm e 1064. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Optical fiber output laser for Internet of things, generates four-wave mixing effect to produce output of signal light of specific wavelength, such that finally producing output of optical fiber laser of specific wavelength</i>	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra ótica de 821 nm de comprimento de onda. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT



<i>Optical fiber output laser for internet of things, generates four-wave mixing effect to produce output of signal light of specific wavelength, such that specific dual wavelength optical fiber output laser structure is formed</i>	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica de comprimento de onda duplo de 1319nm e 1319nm. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Dual wavelength fiber output laser for Internet of things, has four wave mixing effect that is generated to produce fiber laser outputs of specific wavelength</i>	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra de comprimento de onda duplo de 2710 nm e 1064 nm. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Optical fiber output laser for Internet of things, has four-wave mixing cycle polarization lithium niobate laser resonator into which pumping light is entered</i>	NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCI (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de fibra com comprimento de onda de 970nm de saída. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Hermetically sealed electronic device, has base layer formed from substrate, and layers bonded to base layer, where hermetic sealant completely encases top surface and set of sides, while bonding layers to base layer</i>	INT BUSINESS MACHINES CORP (IBMC-C)	Sim	Sim	Sensor	Dispositivo eletrônico hermeticamente fechado de utilização em, por exemplo, sensor vestível ou implantável.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Internet-of-things based 2710nm, 808nm dual wavelength optical fiber output laser, has 2710nm optical fiber output laser provided with 2710nm, 808nm dual wavelength optical fiber output laser structure</i>	NANJING HUIBANG INTELLIGENT TECHNOLOGY (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica de comprimento de onda dupla, 2710nm, 808nm. Utiliza lítio com ácido nióbio	Objetos inteligentes – IoT
<i>Object internet-of-things based 970-1500nm dual-wavelength optical fiber output laser, has fiber ring arranged on section of fiber, where four-wave mixing effect signal is generated to obtain dual-wavelength optical fiber laser output</i>	NANJING HUIBANG INTELLIGENT TECHNOLOGY (NANJ-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica com comprimento de onda duplo de 970-1500nm.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Three-wavelength optical fiber output laser used for internet of things, has periodic polarization lithium niobate laser resonator that is set up by four-wave mixing, while four-wave mixing generates optical fiber laser output</i>	WUXI MINGNI ELECTRONIC TECHNOLOGY CO LTD (WUXI-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica de três comprimentos de onda, 970nm, 1064nm, 1319nm. Utiliza niobato de lítio.	Objetos inteligentes – IoT



<i>Tunnel FET e.g. p-n source tunnel FET, for internet-of-things applications, has channel region formed between source and drain regions of substrate, where region of source region forms heterojunction with another region of source region</i>	SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD (SMSU-C)	Sim	Sim	Circuito Integrado	Túnel FET (tunnel field-effect transistor) para aplicações eletrônicas de baixo consumo de energia. Utiliza silício-germânio e polissilício.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Dual wavelength optical fiber output laser for internet of things, has four-wave mixing generation optical fiber laser output that is composed of specified dual wavelength optical fiber output laser structure</i>	WUXI MINGNI ELECTRONIC TECHNOLOGY CO LTD (WUXI-Non-standard)	Sim	Sim	Sensor	Laser de saída de fibra óptica de comprimento de onda duplo. Utiliza lítio com ácido nióbio.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Component for engineering applications, is manufactured by depositing working material including carbon-fiber-reinforced polymer in desired position through nozzle during build of component taking place at atmospheric temperature</i>	DUTY C E (DUTY-Individual); KUNCV (KUNC-Individual); LOVE L J (LOVE-Individual); CARNAL C L (CARN-Individual); LIND R F (LIND-Individual); LLOYD P D (LLOY-Individual); RIOS O (RIOS-Individual)	Sim	Sim	Robótica	Componente para aplicações de engenharia. Utiliza polímero reforçado com fibra de carbono, que reduz ou elimina a distorção. Pode ser usado em robótica.	Objetos inteligentes – Robótica
<i>Micro-energy system for internet of things node, has power management circuit and radio frequency sending and receiving module that are fixed with gallium arsenide battery, where positive electrode of battery utilizes gold and lithium cell</i>	CHINESE ACAD SCI SHANGHAI MICROSYSTEM (CASY-C); SHANGHAI INST MICROSYSTEM & INFORMATION (CASY-C)	Sim	Sim	Sensor	Sistema de micro-energia. Utiliza alumínio, nitreto de níquel-cobalto, lítio e bateria de arsenieto de gálio (GaAs).	Objetos inteligentes – IoT
<i>Photovoltaic converter device useful in electronic apparatus e.g. photosensor, photo switch and electronic note pad, comprises first conductivity type substrate, first intermediate layer, and second conductivity type semiconductor layer</i>	SEIKO EPSON CORP (SHIH-C); SEIKO EPSON CORP (SHIH-C); SEIKO EPSON CORP (SHIH-C)	Sim	Sim	Sensor	Dispositivo conversor fotovoltaico útil em aparelhos eletrônicos. Utiliza material semiconductor e nanopartículas.	Objetos inteligentes – IoT
<i>Hybrid substrate manufacturing method for telecommunication network, involves forming dielectric/polymer layer on structure, assembling layer with support substrates, and eliminating initial substrate until buried layer is eliminated</i>	SOITEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES (SSIT-C); COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE (COMS-C)	Sim	Sim	Sensor	Método para fabricar substrato híbrido para uso na memória CMOS. Integra várias funções. Utiliza semiconductor, além de vidro ou material flexível.	Objetos inteligentes – IoT



UFRJ

<i>Stamp for preparing structured layer used for organic optoelectric device in e.g. light source has body of curable elastomeric material with cavities shaped in structure to be obtained in structured layer</i>	NEDERLANDSE ORG TOEGEPAST (NEDE-C)	Sim	Sim	Sensor	Selo para camada estruturada usada em dispositivo optoeletrônico orgânico como matriz de sensores. Utiliza material elastomérico.	Objetos inteligentes – IoT
---	--	-----	-----	--------	---	----------------------------