

O DESENVOLVIMENTO DA INTERNET DAS COISAS (IOT) NO BRASIL E AS INOVAÇÕES EM NÍVEL ORGANIZACIONAL

AMAROLINDA ZANELA KLEIN

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS (UNISINOS)

GRAZIELA MOLLING

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS (UNISINOS)

CRISTIANE DREBES PEDRON

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO (UNINOVE)

Agradecimento à órgão de fomento:

As autoras agradecem ao CNPq, pelo financiamento da pesquisa por meio da Bolsa Produtividade de Amarolinda Klein (Processo #309268/20168).

O DESENVOLVIMENTO DA INTERNET DAS COISAS (IOT) NO BRASIL E AS INOVAÇÕES EM NÍVEL ORGANIZACIONAL

1 - INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (IoT) é o estágio mais recente do desenvolvimento da Internet e trata da convergência de dispositivos conectados, crescimento exponencial das capacidades computacionais, economia de dados, computação na nuvem e *big data*. Essa evolução tecnológica gera oportunidades sem precedentes nos setores público e privado para desenvolver novos produtos e serviços, aumentar a produtividade e eficiência dos processos, melhorar a tomada de decisões, resolver problemas sociais críticos e desenvolver novas experiências de usuários (Klein, Pacheco & Righi, 2017; Ben-Daya, Hassini & Bahroun, 2019). De acordo com a GlobalData, o mercado de IoT na América Latina chegará a US\$ 31 bilhões até 2023, um aumento significativo de mais de 72% em comparação com 2019 (TI Inside, 2020).

Consideramos, neste artigo, a definição de IoT de Fleisch (2010) que aponta que todas as coisas físicas no mundo podem se tornar pequenos computadores que se conectam à Internet, tornando-se, então, objetos inteligentes. Borgia (2014) explica que a IoT se refere a um paradigma emergente que consiste em um conjunto de objetos endereçáveis que se comunicam entre si para formar uma rede dinâmica em todo o mundo. Para isto, a IoT envolve a combinação de diversas tecnologias complementares que conectam o mundo virtual e físico, possibilitando que objetos tenham capacidades de comunicação e cooperação, endereçamento, identificação, detecção do ambiente, ação, processamento de informação embarcada, localização e interface com o usuário (Mattern & Floerkemeier, 2010; Borgia, 2014; Iansiti & Lakhani, 2014). Para que essas capacidades existam, é necessária uma infraestrutura tecnológica em múltiplos níveis para se coletar, transmitir, processar os dados e cumprir com seus objetivos finais. A IoT é, portanto, a incorporação de capacidades computacionais em diferentes objetos conectados.

Com isso, a IoT tem potencial para ser aplicada nos mais variados domínios, incluindo os setores industrial, gerenciamento inteligente de cidades (*smartcities*), saúde, agricultura, aplicações domésticas, logísticas, educacionais, no turismo, entre outros. Independentemente do campo de aplicação, cada domínio não está isolado, havendo sobreposições entre eles, por exemplo: aplicações para o rastreamento de produtos, que podem perpassar os setores industriais, de logística e de saúde (Borgia, 2014; Ben-Daya, Hassini & Bahroun, 2019).

As capacidades proporcionadas pela IoT permitem a criação de uma infinidade de novos serviços e a transformação de produtos tradicionais (por exemplo: remédios, livros e roupas), gerando também infraestruturas, novas plataformas e ecossistemas, redes de valor e modelos de negócios (Tilson, Lyytinen, & Sørensen, 2010; Klein et al., 2020).

A IoT é uma tecnologia de base para a Indústria 4.0 (Ben-Daya, Hassini & Bahroun, 2019), também conhecida como a quarta revolução industrial (Schwab & Davis, 2019). A Indústria 4.0 é um novo paradigma produtivo no qual diversas mudanças estão ocorrendo com base na integração entre os mundos físico e virtual. Na indústria 4.0, produtos e serviços se tornam conectados à Internet; a conectividade digital permite a automação e auto-otimização dos processos produtivos e de entrega de bens e serviços, mesmo sem a intervenção humana, e sistemas descentralizados são capazes de tomar decisões de forma autônoma (Hofmann & Rüsçh, 2017).

Dada a complexidade e possibilidades da IoT e do seu uso na indústria 4.0, diversos países no mundo vêm desenvolvendo, ao longo do tempo, políticas públicas para essa nova plataforma tecnológica (Vermesan & Friess, 2014). No Brasil, no início de 2016, o BNDES lançou uma chamada pública para o desenvolvimento de estudos para subsidiar as políticas de desenvolvimento de IoT no País, o que demonstrou, desde então, o caráter estratégico do tema. A IoT precisa ser pensada em nível de Sistema Nacional de Inovação (SNI), que envolve uma ampla gama de participantes: governo, empresas, instituições educacionais e de pesquisa e desenvolvimento, e suas respectivas infraestruturas, constituindo o contexto dentro do qual as

organizações desenvolvem seus processos de inovação (Lundvall, 2010; Tidd & Bessant, 2015). Essas instituições são incorporadas em um amplo sistema socioeconômico, no qual as influências culturais e as políticas econômicas ajudam a determinar a escala, a direção e o relativo sucesso de todas as atividades inovadoras (Freeman, 2002).

As empresas são parte do SNI, relacionando-se com seus diversos membros e políticas, afetando e sendo afetadas por esse sistema em seus processos inovativos, sejam eles de produto/serviço ou de processo (Edquist, 2009). Inovações de produtos envolvem o desenvolvimento de bens materiais ou serviços novos ou melhorados; inovações de processo são meios novos ou aprimorados de produzir bens ou serviços, podendo ser tecnológicos ou organizacionais (Edquist, 2009). Outro tipo de inovação que pode ser gerado com a IoT é a inovação de modelos de negócio, definida como novas formas adotadas pelas organizações para criar e capturar valor para seus *stakeholders*, tais como novas maneiras de gerar receitas, novas proposições de valor para clientes, fornecedores e parceiros (Casadesus-Masanell & Zhu, 2013).

Frente a esse contexto, este artigo visa analisar como está ocorrendo o processo de desenvolvimento da IoT no Brasil e a sua relação com a geração de inovações em nível organizacional. Para isso, adota a Teoria Ator-Rede (Law, 1992; Latour, 2012) como lente teórica para compreender, dinamicamente, as relações entre os diferentes atores, as tecnologias e os processos de desenvolvimento da IoT no contexto brasileiro (visão em nível de SNI), bem como, as inovações geradas em nível organizacional com o uso dessa plataforma, considerando o contexto de PMEs (Pequenas e Médias Empresas) e *startups*. Estas empresas foram escolhidas porque *startups* e PMEs, apesar de sua importância para a economia local, geralmente têm recursos limitados e enfrentam barreiras significativas de crescimento, incluindo a falta de acesso a conhecimento, recursos humanos e formas eficientes de financiamento (Steininger, 2019).

O método de pesquisa utilizado é o de estudo de caso, constituindo uma pesquisa longitudinal e processual, cujos resultados contribuem para a compreensão dos fatores facilitadores e as barreiras enfrentadas no processo de desenvolvimento da IoT no Brasil e suas implicações para a inovação em nível organizacional.

2 - LENTE TEÓRICA: A TEORIA ATOR-REDE (ANT)

A pesquisa utiliza como lente teórica a Teoria Ator-Rede (*Actor Network Theory – ANT*), que tem sua origem na sociologia da ciência e da tecnologia (Callon, 1986, Law, 1992; Walsham, 1997). A ANT é uma das teorias sociais que melhor consegue explicar o desenvolvimento científico-tecnológico e as inovações, ao considerar os processos dinâmicos pelos quais eles são criados e mantidos, e tanto os elementos humanos quanto materiais envolvidos nesses processos. A ANT vem sendo utilizada na área de Sistemas de Informação nas últimas décadas, por oferecer uma perspectiva que considera a materialidade imbricada com o social, o que é adequado frente à crescente hibridação entre humanos e as tecnologias computacionais (Walsham, 1997; Klein et al., 2015; Klein et al., 2020) e que deverá aumentar devido ao uso da IoT.

Nesse sentido, a ANT argumenta que a realidade social é criada por meio de redes de elementos heterogêneos, tanto humanos quanto não humanos (Law, 1992) e que estes atores e redes não podem ser vistos, analiticamente, de forma isolada, pois é nas inter-relações que eles se constituem. Sendo uma teoria pós-estruturalista, que rejeita a definição prévia de estruturas ou agregados sociais, a principal tarefa de pesquisa, na perspectiva da ANT, é justamente caracterizar essas redes em sua heterogeneidade, e explorar as práticas pelas quais elas são ordenadas dinamicamente, segundo padrões, para gerar efeitos tais como: tecnologias, padrões, organizações, inovações (Law, 1992).

Assim, a ANT ajuda a oferecer uma compreensão profunda das relações sociotécnicas considerando a tecnologia como elemento fundamental da sociedade, a qual cria a tecnologia, mas que em muitos sentidos é modificada e repensada por meio do seu uso. Para a ANT, os fenômenos sociais jamais são estáticos, sempre envolvem um movimento, um deslocamento, uma

transformação, uma translação, um registro envolvendo a associação entre entidades que, muitas vezes, não são reconhecíveis como sociais no sentido corriqueiro (Latour, 2012). “Para a ANT, social é o nome de algum tipo de associação momentânea caracterizada pelo modo como se aglutina, assumindo novas formas” (Latour, 2012:100). Mesmo as relações sociais duráveis precisam se manter e ser renegociadas o tempo todo, ou seja, não são estáticas.

Um conceito chave para a ANT é o de translação, caracterizado como o processo dinâmico pelo qual a identidade dos atores, as possibilidades de interação e as margens de manobra de cada um são negociadas e delimitadas na sua rede de interações (Callon, 1986). A ANT também busca compreender como o local e o global, o micro e o macro, a agência e as estruturas dinâmicas são definidas nas relações na rede heterogênea de atores (Latour, 2012). Isso se alinha ao interesse desta pesquisa, que tem um olhar ao mesmo tempo macro (SNI) e micro (organizações), compreendendo práticas justamente como resultados das relações entre os diferentes atores.

Ao utilizar a ANT é importante estudar uma tecnologia que ainda está em desenvolvimento, chegando antes que fatos e máquinas se tenham transformado em caixas-pretas, ou então acompanhar as controvérsias que as reabrem (Latour & Woolgar, 2013). Isso se aplica a esta pesquisa, que visa compreender o desenvolvimento da IoT no contexto brasileiro e inovações relacionadas enquanto as políticas e infraestruturas ainda não estão estabilizadas. O Quadro 1 sumariza alguns dos principais conceitos da ANT, os quais podem ser utilizados para compreender como o desenvolvimento tecnológico e as inovações são geradas por meio das interações ator-rede.

Conceito	Definição	Referência
Ator (ou <i>actant</i>)	Entidades humanas e não humanas que realizam alguma forma de ação ou fazem diferença na rede heterogênea.	Walsham (1997) Law e Singleton (2013)
Ator-rede	Redes heterogêneas de interesses alinhados, incluem pessoas, artefatos, organizações, padrões.	Walsham (1997)
Problematização	Alguns atores focais iniciam o processo de construção da rede propondo um problema em seus próprios termos e começam a se envolver com outros atores em uma solução.	Callon (1986)
<i>Interessment</i>	Grupo de ações pelas quais um ator tenta definir e estabilizar a identidade dos outros atores envolvidos através da problematização.	Callon (1986)
Enlistamento (<i>enrolment</i>)	Definição, distribuição de papéis. Envolve criar um corpo de aliados (tanto humanos quanto não humanos), para defender determinados interesses.	Callon (1986), Walsham (1997)
Mobilização	Representa o alinhamento bem-sucedido de atores na rede do construtor desta.	Elbanna (2012)
Translação (<i>translation</i>)	Envolve o alinhamento de interesses na rede de atores; são os métodos pelos quais um ator envolve os demais, os enlista (enrol – lhes atribui papéis) e faz valer determinados interesses.	Callon (1986), Walsham (1997)
Caixa preta	Um elemento estabilizado da rede. A caixa preta é um elemento complexo do qual pouco se fala, estando evidentes somente suas entradas e saídas.	Walsham (1997), Latour e Woolgar (2013)
Pontos obrigatórios de passagem	É um ponto ou nó da rede que força os atores a convergir para um certo tópico, propósito ou questão (ex: lei, norma, requisito profissional, regra de negócio), pode se configurar em uma solução obrigatória para um problema.	Latour (2012)
Controvérsias	Controvérsias são eventos em que um problema ou uma inovação está sujeita a interrogatório e disputa, quando os atores envolvidos entram em discordância.	Kling (1996); Latour, (2012); Klein et al. (2020)

Quadro 1: Conceitos chaves da Teoria Ator-Rede (TAR)

3 - MÉTODO

Foi realizada uma pesquisa de campo qualitativa, caracterizada como um estudo de caso (Eisenhardt, 1989; Flyvbjerg, 2006), cujo foco principal de análise foi o processo de desenvolvimento da IoT no Brasil e as inovações geradas com o uso dessa tecnologia. O estudo

de caso foi longitudinal, conduzido no período de 2016 a 2019.

Em nível de SNI, foram coletados dados por meio de entrevistas com atores envolvidos diretamente no processo de definição de políticas públicas, tecnologias e promoção de inovação com o uso de IoT no Brasil, de diferentes entidades. Em nível empresarial, foram estudados casos de cinco PMEs e *startups* que vem adotando a IoT como base para o desenvolvimento de inovações. Estas empresas foram selecionadas de acordo com dois critérios: (1) ofertarem produtos e/ou serviços inovadores baseados em IoT, em diferentes segmentos e (2) acessibilidade, ou seja, foram organizações que se dispuseram a fornecer os dados sobre seu uso de IoT. Além de terem sido realizadas entrevistas com os principais empreendedores desses negócios, foram também acessados documentos, fotos e vídeos sobre as soluções das empresas. A tabela 1, a seguir, apresenta os detalhes da coleta de dados por entrevistas.

ID*	Empresa/ Instituição	Tipo	Produto/serviço/ Propósito	Data	Meio	Duração
E1	Empresa 1	PME	Sistema de iluminação pública inteligente	10/11/2017	Skype	01:03
E2	Empresa 2	Startup	Sistema para monitoramento de temperatura (varejo/indústria)	30/10/2018	Presencial	00:42:00
E3	Empresa 3	Startup	Sistemas de smartcards e smartreaders, solução de segurança para IoT	21/11/2018	Presencial	01:34:00
E4	Empresa 4	PME	Sistemas para automação de máquinas industriais com base em IoT	28/11/2018 e 02/05/2019	Presencial	01:41:00 e 01:30:00
E5	Empresa 5	Startup	Sistemas de iluminação inteligente (residencial)	30/04/2019 e 08/05/19	Presencial	00:45:00 e 01:00:00
E6	CPQD	Instituto Tecnológico	P&D&I	09/11/18	Skype	01:39:00
E7	ABII	Associação Brasileira de Internet Industrial	Promover o crescimento da Internet Industrial	15/11/18	Skype	01:06:00
E8	MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços	Desenvolvimento da indústria, comércio exterior e serviços	27/11/2018	Skype	01:31:00
E9	BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento	Financiamento e investimento em ações de desenvolvimento econômico	12/04/19	Skype	00:46:00
E10	ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica	Representação/ desenvolvimento setor eletro eletrônico	12/06/19	Skype	00:34:00
E11 **	Empresa de consultoria	Empresa de consultoria	Consultoria em aprimoramento de processos empresariais	29/04/19	Presencial	00:55:00
(**) Esta entrevista não foi gravada, a conversa foi registrada em notas de campo.					Total horas	15 horas

Tabela 1: Detalhes sobre as entrevistas realizadas

Na tabela 1, os nomes das empresas e os cargos dos entrevistados foram omitidos para preservar o anonimato. Quatro dos entrevistados das empresas são CEOs e um é Diretor Comercial. Nas demais instituições, os entrevistados ocupam cargos de direção ou senioridade em áreas técnicas, com envolvimento direto em iniciativas ligadas à IoT em nível nacional.

Além das entrevistas houve a coleta de dados em diversos eventos relacionados com o desenvolvimento da IoT e da indústria 4.0 no Brasil. Nesses eventos, diversos atores, como representantes de governos (federais, estaduais e municipais), empresas, universidades, institutos de

pesquisa e associações de classe debateram o assunto, apresentando diferentes visões. Os dados foram coletados via diário de campo, já que condições de ruído não permitiam a gravação adequada de áudio. A tabela 2 detalha esses eventos.

#	Tipo	Tema	Participantes	Data	Duração
EV1	Concorrência Pública chamada BNDES/FEP nº 01/2016	Editais para a realização de estudos técnicos de diagnóstico e proposição de políticas públicas em IoT	BNDES e 29 equipes concorrentes	25/03/2016 a 19/09/2016	Aprox.40 horas
EV2	Fórum Brasil-Alemanha	Cooperação em IoT e Start-Ups	Representantes de: CNI, MDIC, BNDES, Embrapii, Bosch, SAP, ITA	13/11/2017	01:30:00
EV3	Evento BNDES	Promover projetos pilotos de IoT	BNDES, institutos tecnológicos, universidades, empresas	18/06/2018	05:05:00
EV4	Evento FIERGS – RS Indústria 4.0	Indústria 4.0	Empresas locais, SENAI, universidades	20/11/2018	03:05:00
EV5	8º. Encontro ABII -	Encontro de empresas	Membros ABII e SENAI e empresas locais	11/03/2019	03:00:00
				Total horas	52 horas

Tabela 2: Detalhes sobre os eventos observados

Também como fonte de dados foram utilizados documentos elaborados por diferentes atores. Um dos conjuntos principais foram os documentos relativos ao estudo para geração do plano nacional de IoT. Também foram acessados documentos e vídeos das cinco empresas pesquisadas. A tabela 3 apresenta o descritivo do conjunto de documentos analisados.

Tipo	Autores	Período	Qtd.
Documentos dos blogs das 05 empresas pesquisadas, apresentações em eventos e reportagens na mídia sobre as empresas	Empresas, veículos de mídia	2017-2019	25
Vídeos sobre as empresas pesquisadas	Empresas e veículos de mídia	2017-2019	13
Sites das empresas pesquisadas	Empresas (PME e <i>startups</i>)	2017-2019	05
Editais públicos	BNDES, Softex	2016 - 2019	04
Relatórios de pesquisas de mercado – IoT e indústria 4.0 no Brasil	Teleco, Logicalis, ABII, CNI, Liga Ventures, IEDI, Fiesp, Instituto Igarapé, Banco Interamericano de Desenvolvimento	2016 - 2019	09
Documentos do plano nacional de IoT	BNDES	2017-2018	31
Reportagens, artigos, leis, projetos de lei	Jornais, revistas, periódicos acadêmicos nacionais, associações de classe, institutos de pesquisa, órgãos públicos	2017-2020	91
Total:			178

Tabela 3: Detalhes sobre os documentos coletados e analisados

Para realizar a análise dos dados, a principal técnica adotada foi a de codificação baseada nos dados (*data-driven*), portanto, indutiva (Saldaña, 2009; DeCuir-Gunby et al., 2011). Inicialmente 136 categorias foram geradas. O conteúdo codificado nessas categorias passou por uma releitura, organização e agrupamento de categorias similares. A partir dessa segunda leitura e entendimento dos dados, chegou-se a um total de 119 categorias, sendo 8 principais e as demais secundárias. Após o processo de codificação, que permitiu sintetizar os principais resultados, foi feita uma segunda rodada de análise, procurando relacionar os resultados obtidos com os conceitos centrais da Teoria Ator-Rede (Quadro 1), como será apresentado na sequência.

4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 O desenvolvimento da IoT no Brasil: o plano nacional de IoT

Um dos principais eixos em torno do qual podemos analisar o desenvolvimento da IoT no Brasil

é a criação do plano nacional de IoT, liderado pelo MCTIC, em parceria com o BNDES, que se iniciou em 2016 e foi oficializado por meio do decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019. Este plano é o principal guia para políticas públicas de desenvolvimento da IoT no Brasil. O decreto definiu verticais (setores de aplicação) de IoT prioritários, sendo eles: (1) saúde, (2) cidades, (3) indústrias e (4) ambiente rural. Também definiu como temas horizontais estratégicos ligados à IoT: ciência, tecnologia e inovação; inserção internacional; educação e capacitação profissional; infraestrutura de conectividade e interoperabilidade; regulação, segurança e privacidade; e viabilidade econômica.

Conforme afirmam os documentos do estudo para a geração do plano nacional, diversos atores foram ouvidos em sua elaboração, via consultas públicas no site do MCTIC e eventos. Porém, encontrou-se evidências que os participantes desses debates foram, em sua maioria, associações empresariais, empresas de grande porte, especialmente multinacionais estrangeiras, institutos tecnológicos, universidades e especialistas concentrados em determinadas áreas do país (especialmente região sudeste e centro-oeste). Ou seja, houve baixa participação de empresas de porte menor ou cidadãos em geral, e representatividade de todas as regiões do País.

Não foi localizado nenhum documento discriminando o perfil dos participantes das consultas públicas e o inteiro teor das respostas, indicando uma baixa transparência no processo de criação do plano para a população em geral, o que configura uma sugestão de melhoria para iniciativas futuras para geração de planos estratégicos relacionados à difusão de novas TICs no país.

4.2 Desenvolvimento de IoT no Brasil – principais atores e recursos

A Figura 1 apresenta os principais grupos de atores envolvidos no desenvolvimento de IoT no Brasil, e suas principais relações, destacando as empresas, que são consideradas os agentes principais do empreendedorismo e inovação, e, em especial, as PMEs e *startups*, que são as organizações focadas nesta pesquisa. Somente as influências diretas e indiretas mais marcantes (de acordo com os dados coletados na pesquisa) foram representadas, para não tornar a representação complexa demais e prejudicar seu entendimento.

Os principais tipos de atores envolvidos no desenvolvimento da IoT no Brasil são destacados nos **retângulos**, em maiúsculas, com exemplos das instituições que aparecem com maior frequência nos dados analisados. Cada grupo de atores foi associado a um tipo de recurso (representado pelas **elipses**) que é essencial para as empresas inovarem com base na IoT.

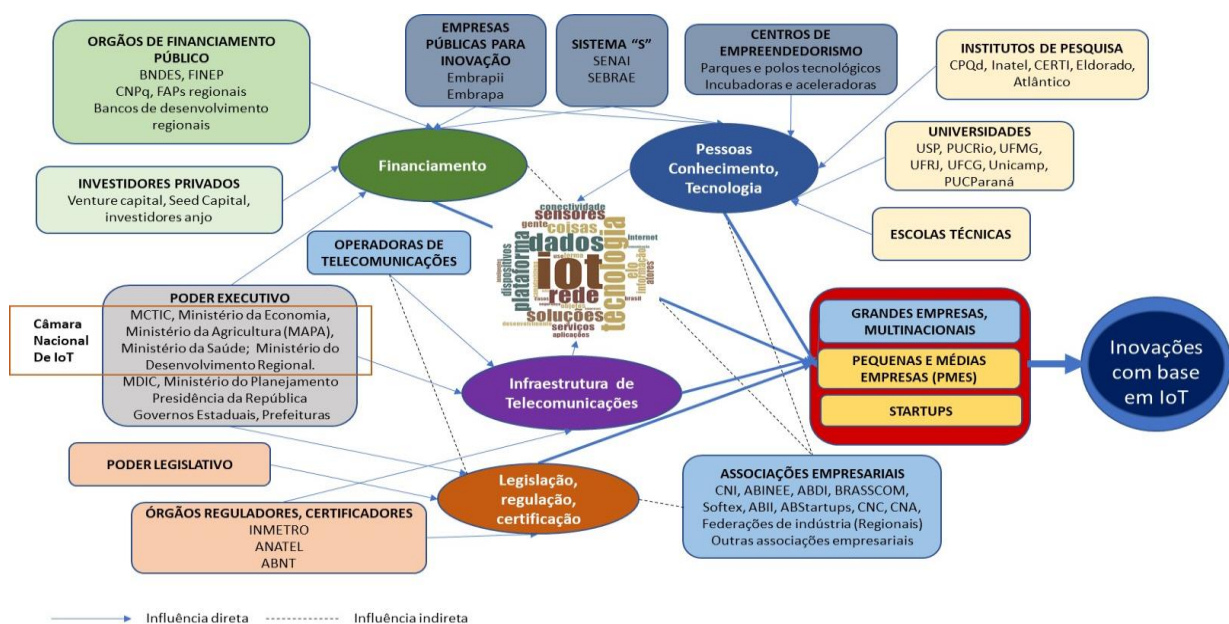


Figura 1: Atores e recursos no desenvolvimento de inovações baseadas em IoT no Brasil

Os principais recursos para a geração de inovações baseadas em IoT identificados foram:

- *Pessoas, conhecimento e tecnologia* – considerados de forma imbricada, pois as pessoas geram e aplicam o conhecimento necessário para a criação e uso da tecnologia. A IoT é colocada em destaque no centro da figura, compreendendo um conjunto de tecnologias interligadas (sensores, redes, dispositivos, aplicações, entre outras). A nuvem de palavras ali representada é formada pelos 30 termos mais frequentes na categoria “tecnologias chaves”, gerada a partir dos dados da pesquisa.
- *Financiamento* – fator essencial para a geração de inovações e sustentabilidade das empresas, especialmente das PMEs e *startups*, em seus estágios iniciais e de prototipação de soluções.
- *Infraestrutura de telecomunicações* – base para criação de inovações; as soluções baseadas em IoT são dependentes dessa infraestrutura. Por isso, as operadoras de telecomunicações são representadas como um ator empresarial à parte, por exercerem papel estratégico quanto a este recurso, e, por consequência, um poder econômico significativo, podendo pressionar, ainda que indiretamente, o trinômio *Legislação-regulação-certificações* no tocante ao seu setor de atuação.
- *Legislação, regulação, certificações* – este trinômio (elementos estreitamente interligados) é fundamental para o desenvolvimento de inovações com base em IoT, especialmente as que envolvem certificações e homologações de *hardware*, bem como questões sensíveis relativas às aplicações de IoT, como segurança e privacidade de dados pessoais, sendo influenciadas, direta e indiretamente por diferentes atores. Embora a tecnologia mude e evolua rapidamente, estes elementos não mudam e se atualizam na mesma velocidade.

Cada um dos recursos chaves é provido por diferentes atores. Os órgãos de financiamento público, junto com o poder executivo e com investidores privados, provêm *financiamento* para projetos que envolvam inovação com o uso de IoT nas empresas. As empresas públicas para a inovação e organizações do sistema “S” também apoiam esses projetos com verba pública, mas, além disso, também provêm a formação de pessoas, tecnologias (industrial e de gestão), além de, como é o caso, por exemplo, do SENAI, laboratórios e técnicos especializados para ajudar as empresas a desenvolver tais projetos.

Pessoas, Tecnologia e Conhecimento também são providos por centros de empreendedorismo (parques, incubadoras, aceleradoras), escolas técnicas, universidades e Institutos de Pesquisa – sendo estes últimos os que mais se destacam nas parcerias em projetos de inovação baseados em IoT, conforme os dados da pesquisa.

O trinômio *Legislação-regulação-certificações* é desenvolvido com influência do poder executivo, do poder legislativo e de órgãos reguladores e certificadores, com destaque para o INMETRO e Anatel.

As associações empresariais representam as empresas e buscam influenciar, ainda que indiretamente, o acesso aos diversos recursos, também trabalhando para difundir conhecimentos, estabelecer parcerias e também apoiar projetos, por meio, por exemplo, de iniciativas conjuntas para criação de *testbeds*.

O arranjo representado na Figura 1 não está desconectado, historicamente, da rede mais ampla, que corresponde ao cenário de desenvolvimento do SNI brasileiro como um todo e do ambiente de negócios do país. Os dados da pesquisa indicaram que a maioria das iniciativas de apoio a P&D&I no Brasil é mais acessível a grandes empresas. Por esta razão, pela maior vulnerabilidade das PMEs e *startups*, a pesquisa se voltou a entender melhor a realidade destas empresas, através dos casos descritos a seguir.

4.3 Inovações baseadas em IoT desenvolvidas por PMEs e *startups*

Foram estudados os casos de cinco empresas voltadas a segmentos diferentes. Uma síntese das características dessas empresas é apresentada no Quadro 2.

Empresa	Como funciona	Clientes/ mercados	Proposta de valor
Empresa 1 - <i>Sistema de iluminação pública inteligente – 13 anos de existência, 25 funcionários</i>	Dispositivo acoplado a lâmpadas, que as torna “inteligentes”, conectado a software de gestão da iluminação pública, que gera análises disponíveis na web/app; gateway que gerencia uma rede de comunicação sem fio, ao qual podem ser conectados diversos dispositivos de IoT para smartcities. O sistema de gestão de iluminação faz o monitoramento, controle e coleta de dados, permite o agendamento do acendimento das lâmpadas, seu monitoramento e a sua dimerização.	Concessionárias de iluminação pública/ prefeituras/ cidadãos	Economia e redução de custo de energia; melhor iluminação pública. Maior durabilidade e menos tempo e custo de manutenção do sistema de iluminação. Controla a iluminação remotamente, iluminando de acordo com as necessidades (ex.: maior iluminação em áreas perigosas). Entrega relatórios personalizados para concessionárias de iluminação, transparência entre a empresa e a prefeitura. Pode servir como uma plataforma de IoT, provendo outros serviços de rastreamento e georreferenciamento.
Empresa 2 - <i>Sistema para monitoramento de temperatura em equipamentos refrigeradores e estufas (varejo/indústria) – 2 anos de existência – 5 funcionários</i>	Solução de plataforma IoT, gateway e sensores de temperatura, conectados via wifi à internet. A solução monitora a temperatura de balcões, freezers, câmaras frias e estufas, enviando dados para o usuário via um app para smartphone. Fornece dashboards, gráficos e relatórios ou planilhas, alertas de falhas por e-mail ou Telegram. Gera informações para apresentação à fiscalização sanitária. Trabalha com modelo SaaS.	Empresas de varejo, como supermercados e farmácias, empresas industriais e de serviços (ex: hospitais)	Segurança alimentar e sanitária. Permite o monitoramento preciso de temperatura e atendimento à fiscalização. Redução de custos (detecção de máquinas com problemas de consumo de energia). Prevenção de perdas de produtos por refrigeração inadequada. Redução no erro de leituras manuais de temperatura.
Empresa 3 - <i>Sistemas de Smartcards e smartreaders – 3 anos de existência, 5 funcionários</i>	Dispositivo de hardware/software - leitores e gravadores de cartões inteligentes para transações eletrônicas e de meios de pagamentos, também com versão com display touch para entrada de dados. Solução de segurança para redes de IoT industriais.	Empresas diversas e usuários individuais	Transações eletrônicas seguras. Personalização de soluções de segurança.
Empresa 4 - <i>Sistemas de automação de máquinas industriais baseados em IoT - 3 anos de existência, 16 funcionários</i>	Dispositivos de hardware/software capazes de coletar dados ou comandar diversos equipamentos industriais com segurança através da Internet, bem como monitorar o ambiente industrial (captura de dados de temperatura, umidade relativa do ar, níveis de ruído, luminosidade e níveis de CO2) e gateway de IoT industrial. Trabalha com modelo SaaS.	Empresas de manufatura	Monitoramento da produtividade em tempo real de forma simples, barata e descomplicada. Tomada de decisões em tempo real para aumento da produtividade e eficiência industrial. Permite que PMEs e grandes empresas se tornem fábricas inteligentes e orientadas por dados. Diminuição de consumo energético. Diminuição de custos industriais. Prevenção de falhas nos processos produtivos. Maior segurança no ambiente fabril.
Empresa 5 - <i>Sistemas de iluminação inteligente e automação residencial – 3 anos de existência, 10 funcionários</i>	Interruptores e tomadas inteligentes que se conectam à Internet por Wi-Fi, permitindo monitoramento e controle remoto por app para smartphone.	Construtoras, arquitetos, empresas de automação residencial, usuários residenciais	Economia de tempo – gestão de residências. Otimização no uso de equipamentos. Economia de energia. Automação residencial sem necessidade de obras/quebra de paredes. Conforto no ambiente doméstico.

Quadro 2: Inovações baseadas em IoT desenvolvidas pelas PMEs e startups

As inovações geradas pelas cinco empresas pesquisadas têm diversas características em comum, apesar de se voltarem a segmentos e públicos diferentes. A primeira delas é o **desenvolvimento de “produtos inteligentes”** (Klein, Pacheco & Righi, 2017), baseados no conjunto de tecnologias de IoT: sensores, microprocessadores e/ou controladores, hardware para transmissão de dados por tecnologia sem fio, tratamento e armazenagem de dados na nuvem. Quatro das cinco empresas oferecem aplicativos para acesso de serviços de dados pelo usuário final, baseados no conceito de *big data*. Ou seja, não vendem somente um produto físico, mas serviços de dados associados aos produtos, o que está alinhado com o conceito de servitização, que é comum em modelos de negócios baseados em IoT (Klein, Pacheco & Righi, 2017).

A segunda característica é que as inovações geradas pelas empresas, em sua maioria, são **inovações em nível local e nacional, mas não em nível global** (classificação conforme o Manual de Oslo, 2005), ou seja, em nível global há soluções similares, o que se torna um desafio adicional para essas empresas competirem em escala, com relação a produtos importados (por exemplo, chineses). O que fica evidenciado (e isso será discutido mais adiante), é que elas competem por fornecerem soluções mais simples e, em alguns casos, mais baratas, especialmente projetos específicos, embasadas em um conhecimento da realidade local, tendo como diferencial a qualificação e agilidade das suas equipes.

A terceira característica é que a maioria das empresas desenvolveu **inovações de produtos e serviços e também de modelos de negócio** (Edquist, 2009; Manual de Oslo, 2005), pois, em sua maioria, passaram a trabalhar com a lógica de receita sobre a venda de serviços, mais do que sobre os produtos físicos se estes fossem ainda produtos “tradicionais”, não inteligentes. Interessante também notar, que, em todos os casos, o uso das soluções ofertadas pelas empresas **provoca, nos seus clientes, inovações de processo**, na medida em que essas soluções modificam, respectivamente, os processos de: iluminação e manutenção da iluminação pública, mensuração de temperatura em equipamentos industriais, segurança em processos de manutenção de redes de IoT industriais, processos fabris e processos de controle da iluminação residencial.

Por fim, a quarta característica é que essas empresas trabalham no desenvolvimento de produtos e serviços complexos, como é característico da IoT, envolvendo *hardware*, *software* e telecomunicações, além de necessitarem desenvolver um entendimento aprofundado de processos de trabalho (especialmente no caso das duas PMEs, empresas 1 e 4), o que demanda conhecimento especializado e pessoas altamente qualificadas. Ou seja, fundamentalmente **todas elas são empresas baseadas em elevado nível de conhecimento técnico**. Assim, para ingressar em seus respectivos mercados e se desenvolverem, essas empresas necessitam de variados recursos. A seguir são discutidos os facilitadores, e posteriormente, as barreiras, para a criação e desenvolvimento das inovações baseadas em IoT, na visão dessas empresas e de outros atores.

4.4 Facilitadores do desenvolvimento de inovações baseadas em IoT no Brasil

Comparamos os fatores facilitadores apontados pelas cinco empresas pesquisadas, as quais já realizaram inovações com o uso de IoT, e fatores que são apontados por demais atores do SNI, conforme tabela 4.

Facilitadores (visão das empresas)	Freq.*	Facilitadores (visão de outros atores)	Freq.**
Alta capacitação das pessoas	4	Fontes de financiamento público	19
Experiência anterior no segmento	4	Parcerias	17
Parcerias	4	Ambientes de teste	11
Incubadoras	4	Agilidade das empresas (<i>startups</i>)	6
Fontes de financiamento público	3	Venture capital	4
Capacidade de inovação da empresa	3	Lei do Bem e Lei de Informática	2
Networking no mercado	3	Alta capacitação das pessoas	1
Solução com preço mais baixo	3	Capacidade de inovação da empresa	1
Simplicidade da solução oferecida	2	Investimento anjo	1
Ambientes de teste	2	Necessidade do mercado por inovação	1
Eventos empresariais	2		

Investimento anjo	1		
Necessidade do mercado por inovação	1		
Agilidade da empresa	1		

Tabela 4: Facilitadores do desenvolvimento de inovações baseadas em IoT no Brasil

(*) Total de empresas que apontaram o fator, dentre as 5 pesquisadas.

(**) Número de documentos (entrevistas, relatórios, matérias de imprensa, diários de campo) nos quais esse elemento é destacado como facilitador de inovações baseadas em IoT, por diferentes atores.

As categorias não são mutuamente excludentes.

Entre os fatores mais citados pelas cinco empresas está a (1) alta capacitação das pessoas que nelas trabalham, (2) a sua experiência anterior no segmento para o qual foi criada a inovação com base em IoT, bem como, ressaltaram (3) a importância das incubadoras. Esses fatores não são enfatizados pelos demais atores. O entrevistado da empresa 4 fala de alguns dos fatores mais mencionados pelas PMEs e *startups*:

“Nós começamos a pegar o dinheiro do ERP e de outras soluções que nós tínhamos e fomos injetando dinheiro na IoT e também em outras coisas, desenvolvemos sistema de chatbot integrado com o nosso ERP. Hoje o mesmo chatbot integrado com o nosso ERP, nós usamos para conversar com as máquinas [...] Isso precisa de uma equipe muito boa e é muito caro para se fazer esse tipo de tecnologia, então é o seguinte: tinha outros produtos, e tudo de caso pensado já, de montar esses produtos para poder rentabilizar, criar uma base de clientes para depois migrar para o IOT e expandir a base, que é o que estamos fazendo agora”. (E4, empresa 4)

Já o fator *parcerias*, aparece em destaque para ambos os grupos (empresas e demais atores). As fontes de financiamento público é o facilitador mais citado por outros atores, mas não pelas empresas. Como veremos mais adiante, nas barreiras, estas apontam uma série de questões sobre a adequação dos programas e editais de financiamento público para *startups* e PMEs. Os demais atores também indicaram o *venture capital* como um fator de apoio aos projetos de IoT, sendo que este fator não foi mencionado por nenhuma das cinco empresas pesquisadas, o que pode sugerir que ele não está facilmente acessível para elas.

Uma série de fatores que foram mencionados pelas empresas pesquisadas não tem menção explícita pelos demais atores: eventos empresariais, experiência anterior no segmento, incubadoras, *networking* no mercado, produto com preço mais baixo, simplicidade da solução oferecida.

Em síntese, os dados sugerem que há visões diferentes entre as PMEs e *startups* e os demais atores do SNI, como órgãos governamentais, representantes de entidades ou membros de grandes empresas, a respeito dos facilitadores da inovação com o uso de IoT no país. Embora haja evidências de que essa aproximação é desejada por ambos os lados, na prática, há indícios de que ela precisa evoluir. Isso fica ainda mais claro quando são analisadas as barreiras para a inovação com o uso de IoT, analisadas seguir.

4.4 Barreiras ao desenvolvimento de inovações com base na IoT no Brasil

A tabela 5 compara as principais barreiras ao desenvolvimento da IoT na percepção das cinco empresas pesquisadas e dos demais atores. Embora boa parte das barreiras sejam mencionadas por ambos os grupos de atores, há diferenças. “Pessoas” e “Infraestrutura de telecomunicações” que são as duas principais barreiras apontada pelos diferentes atores do SNI, não aparecem entre as principais para as 05 empresas pesquisadas, assim como “segurança dos dados e privacidade”. Uma possível explicação é que as empresas não enfatizam barreiras que já tenham, de alguma forma, superado para poder viabilizar seus produtos e serviços. “Pessoas” foi visto pelas empresas como o principal facilitador, e não barreira, pois avaliam ter uma equipe qualificada, assim como já tiveram que resolver questões de infraestrutura de telecomunicações (ao menos, localmente) e segurança de dados para viabilizarem as suas soluções no mercado.

Principais Barreiras (visão empresas)	Freq.*	Principais Barreiras (visão demais atores)	Freq.**
Legislação, regulação, certificação	5	Pessoas	27
Desenvolver hardware no Brasil	4	Infraestrutura de telecomunicações (custo e cobertura)	24
Falta de financiamento	3	Legislação, regulação, certificação	24
Burocracia de editais públicos de inovação	3	Segurança dos dados e Privacidade	24
Sistema de P&D&I favorece grandes players	3	Desenvolver hardware no Brasil	23
Universidades, incubadoras e parques têm limitações	3	Desconhecimento – IoT, indústria 4.0 retorno e proposta de valor	22
Cultura de trabalhar sozinho na inovação	3	Falta de financiamento	16
Infraestrutura de telecomunicações (custo e cobertura)	3	Falta de padrão da tecnologia	14
Desconhecimento – IoT, indústria 4.0 retorno e proposta de valor	2	SNI no Brasil	13
Falta de apoio para capacitação em gestão	2	Burocracia de editais públicos de inovação	12
Pessoas	2	Baixa capacidade de inovação das empresas	11
Poder de <i>players</i> estabelecidos	2	Defasagem do parque industrial brasileiro	10

Tabela 5: Barreiras ao desenvolvimento de inovações baseadas em IoT no Brasil

(*) Total de empresas que apontaram o fator, dentre as 5 pesquisadas.

(**) Número de documentos (entrevistas, relatórios, matérias de imprensa, diários de campo) nos quais esse elemento é destacado como facilitador de inovações baseadas em IoT, por diferentes atores; por limitações de espaço, foram selecionados os elementos mais citados (por pelo menos 10 atores).

As categorias não são mutuamente excludentes.

O trinômio “Legislação, regulação, certificação” aparece entre as três principais barreiras para ambos os grupos de atores, sendo um fator crucial que precisa ainda ser resolvido para que as inovações baseadas em IoT tenham segurança jurídica, regulação clara e justa e o processo de certificações e homologações técnicas sejam feitas mais rapidamente e a um custo menor.

Da mesma forma, a barreira “desenvolver *hardware* no Brasil”, destacada por ambos os grupos, envolve um conjunto de questões de ordem sistêmica, incluindo: a falta de fornecedores de componentes e máquinas nacionais, elevadas taxas e impostos e entraves à importação, custos elevados de prototipação, certificação e homologação de hardware e dificuldades logísticas. Com isso, é difícil para as empresas escalarem o *hardware* (se comparado a empresas que só desenvolvem *software*), ou seja, gerarem um volume de produção a um custo competitivo e com qualidade. Esta situação é exemplificada no trecho de entrevista a seguir:

“Para startups ainda é um pouco complicado desenvolver hardware no Brasil. A partir do momento que a gente tem um produto que ele tem todo um.. carece de certificação, carece de uma cadeia de suprimentos, que ele tem que ser deslocado fisicamente e isso é realmente um fator negativo para uma startup, acho que isso é comum em todas as startups que desenvolvem produtos, produto físico (...) a gente não tem uma indústria de semicondutores no Brasil, é super defasada nossa indústria de semicondutores. A gente não tem indústria de montagem, que tenha qualidade de montagem em que seja possível acessar com volumes baixos também é complicado. Então acaba sobrando indústrias de segunda linha que montam em baixos volumes e isso dificulta o controle de qualidade, da perda de produtos. Essa questão de ter, enfim, que competir com uma oneração fiscal na importação com quem desenvolve hardware e até mesmo para quem desenvolve placa eletrônica não tem nenhum benefício para esse desenvolvimento, nem que seja a fase de projeto. Complica não é? Porque a gente está competindo com quem tem fábrica em Manaus, com quem tem desenvolvimento forte, enfim é uma oneração grande e não faz sentido no momento que não se tem esses produtos na indústria nacional ou pelo menos similares”. (E5, Empresa 5)

A dificuldade em escalar o *hardware* é também uma barreira à atração de investidores. A falta de financiamento parece afetar de forma mais dramática as PMEs e *startups* pesquisadas, pois, embora reconhecido pelos variados atores, não está entre as barreiras mais mencionadas por esses. No entanto, as empresas evidenciam a dificuldade de obter financiamentos, por exemplo:

“Para financiamento a gente sabe que tem coisa do BNDES, só que para nós está sendo difícil utilizar o BNDES porque eles pedem sempre garantias que é uma coisa que eu, uma startup, não tenho. Não pode ser dos sócios

também, então tem que ter um terceiro envolvido que vai garantir um investimento, mesmo que seja um investimento muito bom em inovação, em capital de giro. Tem linhas muito boas de crédito no BNDES só que a gente não consegue acesso a elas e essa é uma dificuldade que a gente tem. Porque a gente vê, até a própria leitora, se eu tivesse hoje que pegar um investimento desse e importar [COMPONENTES] em larga escala, eu conseguiria colocar outro produto e ter muito mais margem, ia ser muito mais viável o nosso produto, então BNDES é uma coisa que a gente tem dificuldade tremenda de conseguir viabilizar” (E3, Empresa 3)

Além de haver diferentes visões sobre os facilitadores e barreiras ao desenvolvimento de inovações baseadas em IoT no Brasil, foram identificadas controvérsias sobre esse processo, o que é analisado a seguir.

4.5 Controvérsias sobre o desenvolvimento da IoT no Brasil

Os dados da pesquisa sinalizam que ainda existem diversas controvérsias no que tange ao desenvolvimento da IoT no Brasil, em nível macro. As três principais controvérsias identificadas são explicadas a seguir.

CONTROVÉRSIA 1: “Desenvolver tudo localmente” x “Focar em nichos” - De um lado, alguns atores defendem o estímulo à indústria nacional para produzir os componentes da IoT localmente, inclusive semicondutores, enquanto outros atores defendem que não há condições para isso no Brasil, que se deveria escolher ser competitivo em determinados segmentos, como *software* para a IoT. Assim, há visões opostas entre estimular a autonomia do país para a IoT e promover o desenvolvimento industrial local de forma mais ampla *versus* focar esforços em áreas em que o país já demonstre maior competitividade, como *software*, buscando insumos industriais em outros mercados que os forneçam com mais eficiência e preços competitivos para aplicações locais da IoT. A figura 2 apresenta exemplos de argumentos nos dois principais pontos da controvérsia.

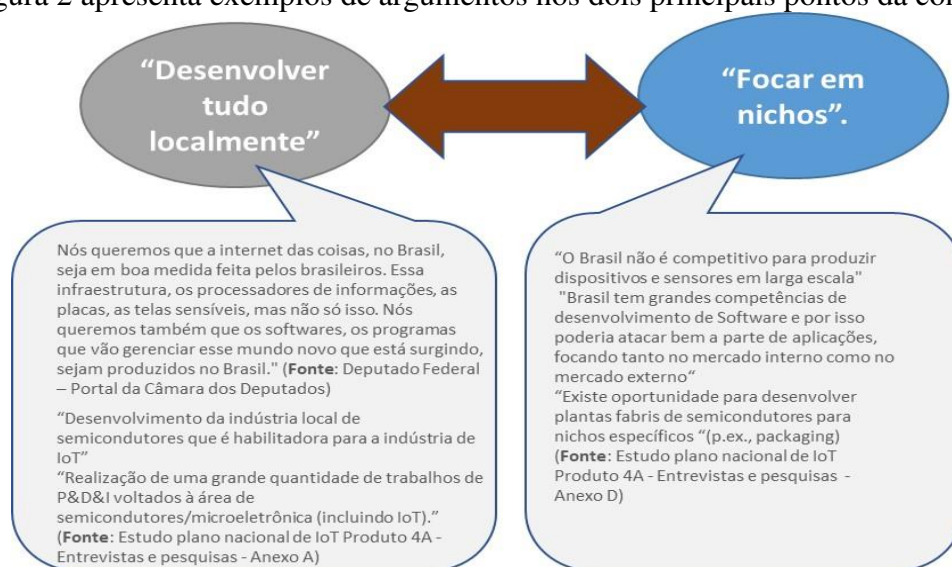


Figura 2: Controvérsia: “Desenvolver tudo localmente” x “Focar em nichos”

CONTROVÉRSIA 2: “Criar legislação” x “Reduzir legislação” - A legislação que concerne o desenvolvimento da IoT é bastante complexa, e suscita controvérsias, sendo que duas principais visões foram identificadas. De um lado, há argumentos para “criar legislação”: diferentes atores defendem que deve haver mudanças e adições na legislação para contemplar os avanços tecnológicos e garantir aspectos fundamentais como acesso, segurança e privacidade dos dados, o que tem relação com o marco civil da Internet e com a questão da neutralidade de rede, por exemplo. Há argumentos para legislar em prol do favorecimento ao desenvolvimento nos serviços de telecomunicações, reduzindo custos, especialmente no tocante à carga tributária, aumentando o acesso a espectros, e assim, contribuindo para expansão das redes em todo o território nacional. Um outro aspecto evidenciado é que a legislação promova, cada vez mais, a aquisição de soluções

baseadas em IoT nas compras públicas de soluções baseadas nesta tecnologia. Isso foi apontado pelas empresas pesquisadas e também é corroborado por diversos outros atores. Mas, se de um lado, há evidências do argumento de alguns atores sobre criar legislações para abranger as novas possibilidades trazidas pela IoT, no outro lado da controvérsia está o argumento de “reduzir legislação”. Vários atores reforçam que a legislação e regulação deve ser reduzida, minimizada, para não barrar ou dificultar as inovações. A figura 3 mostra argumentos em ambos os lados.

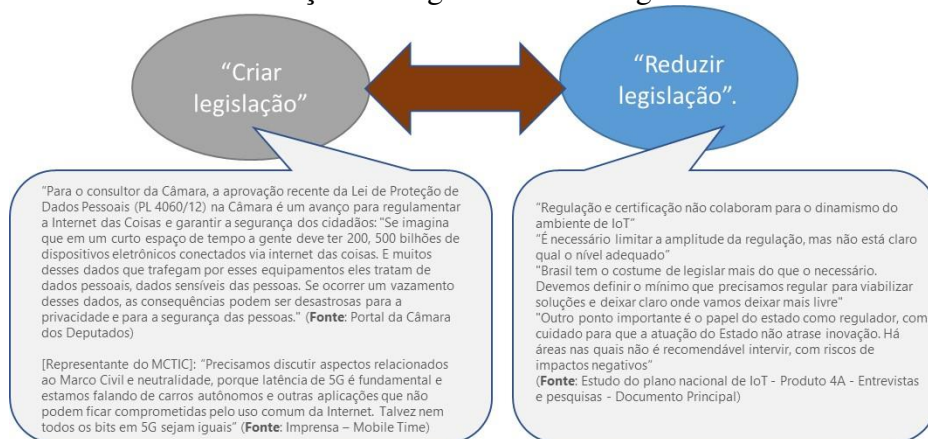


Figura 3: Controvérsia relacionada a “Criar legislação” x “Reduzir legislação”

CONTROVÉRSIA 3: “Padrões abertos x “Padrões de mercado” - Nessa controvérsia (figura 4), vários atores defendem que os padrões abertos devem ser priorizados, pois democratizam o acesso à tecnologia e facilitam a interoperabilidade, devendo ser preferenciais na aquisição de soluções de IoT, especialmente por parte do governo. Uma das iniciativas ligadas a essa defesa do uso de padrões abertos para desenvolver IoT no Brasil foi materializada na Plataforma Dojot, que tem seu desenvolvimento liderado pelo CPQd. Entretanto, outros atores, no outro lado da controvérsia, defendem seguir o padrão de mercado, ou seja, defendem a livre competição e escolha dos padrões mais avançados, mas não necessariamente abertos. Também defendem não privilegiar soluções locais e sim padrões definidos pelo mercado global, alianças e padrões internacionais.

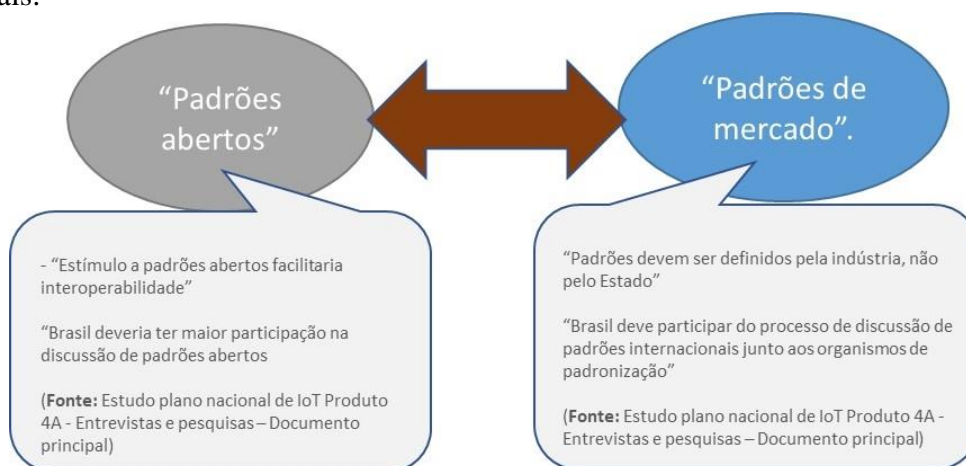


Figura 4: Controvérsia relacionada aos padrões tecnológicos

5 – DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um olhar sobre os dados apresentados à luz da Teoria Ator-Rede (Latour, 2012), permite perceber o imbricamento dos diferentes atores que interagem no processo de desenvolvimento da IoT no Brasil e nas inovações geradas pelas organizações, particularmente, pelas PMEs e *startups*. Fica evidente, nesse desenvolvimento, a conexão estreita de diversos atores, tanto humanos quanto

não humanos. Empreendedores, gestores, formadores de políticas públicas, consultores, legisladores, se misturam na discussão sobre infraestruturas tecnológicas, legislações, padrões, homologações e recursos financeiros.

No caso específico da IoT, estão imbricados tanto um conjunto complexo de atores não humanos – pois a IoT não envolve uma tecnologia única, mas variadas tecnologias como sensores, microprocessadores, redes, protocolos, nuvem e sistemas de análise (Borgia, 2014) - quanto atores humanos distintos que desenvolvem, ofertam as diferentes camadas tecnológicas e/ou usam as aplicações que sobre elas rodam. A figura 1 procurou representar os principais grupos de atores, tanto humanos, quanto não humanos, e suas principais relações, destacando as empresas, que são consideradas os agentes principais do empreendedorismo e inovação, e, em especial, as PMEs e *startups*, que são as organizações centrais nesta pesquisa.

A rede sociotécnica representada na Figura 1, não está desconectada, historicamente, da rede mais ampla, que corresponde ao cenário de desenvolvimento mais macro do SNI (Freeman, 2002) brasileiro e do ambiente de negócios do país. As questões históricas envolvendo a alta carga de impostos, a falta de visão de longo prazo e investimentos contínuos em P&D&I, bem como a atenção tradicionalmente dada a grandes empresas, são o berço no qual o desenvolvimento da IoT e inovações associadas está acontecendo e que precisam ser enfrentadas por empresas nascentes e de menor porte, como as PMEs e as *startups*. A lente sociotécnica da ANT permite enxergar que, por exemplo, aspectos que dizem respeito à legislação, regulação e certificações afetam de maneira concreta os planos e modelos de negócios baseados em IoT (Klein, Pacheco & Righi, 2017), pois a tecnologia está disponível, mas as instituições materializadas (inscrites) no trinômio legislação-regulação-certificações não mudam no mesmo ritmo.

Por meio do conceito de translação, proposto pela ANT (Callon, 1986), é possível perceber que diferentes atores problematizam o desenvolvimento da IoT de forma diferente, buscam diferentes aliados, e propõem soluções de acordo com seus interesses particulares. Nesse sentido, é importante destacar a atuação do MCTIC e do BNDES, como atores chaves no processo de problematização (Callon, 1986), da IoT no Brasil, ao mobilizar atores e recursos para definir um plano estratégico para o desenvolvimento dessa tecnologia e sua aplicação a áreas chaves para o país. O plano nacional de IoT pode ser, nesse sentido, considerado como uma tentativa de se criar um ponto obrigatório de passagem, ao menos do ponto de vista de políticas públicas, ao instituir prioridades para o desenvolvimento da IoT no Brasil (verticais) e temas chaves a serem discutidos (horizontais). De acordo com a ANT, um ponto obrigatório de passagem é um ponto ou nó da rede que força os atores a convergir para um certo tópico, propósito ou questão (Star & Griesemer, 1989). Entretanto, ele não consegue ser, de fato, um ponto obrigatório, dada a complexidade da rede sociotécnica envolvida no desenvolvimento de IoT.

Como os dados da pesquisa sinalizam e foi apresentado na seção de resultados, ainda existem diversas controvérsias: “Desenvolver tudo localmente” x “Focar em nichos”; “Criar legislação” x “Reduzir legislação”; “Padrões abertos x “Padrões de mercado”. Essas controvérsias, cujas evidências deixam vários rastros, inclusive nos estudos que geraram o plano nacional de IoT, merecem estudos mais avançados, bem como, deveriam ser discutidas amplamente na sociedade, pois, ao que tudo indica, permanecem em aberto. Klein et al. (2020) discutem controvérsias sociotécnicas relacionadas com plataformas digitais, propondo um *framework* de análise, baseado na ANT, que pode ser útil nessas discussões.

Diversas recomendações podem ser feitas, a partir dos dados da pesquisa, para a criação de políticas públicas, editais de financiamento e iniciativas de apoio à inovação com base em IoT por PMEs e *startups* no Brasil. As principais são:

- Maior transparência, divulgação e abertura nos processos de consultas públicas para definição de políticas de desenvolvimento da IoT e tecnologias associadas, no Brasil.
- Maior aproximação entre as PMEs e *startups* e os formadores de política pública, entidades empresariais e outros atores que trabalham para desenvolver a IoT no Brasil.

- Editais de financiamento mais simples, acessíveis, com linguagem e contrapartidas adequadas à realidade de PMEs e *startups*.
- Investimento público massivo priorizando o desenvolvimento e expansão da infraestrutura de redes de telecomunicações no país, que é a base para as inovações baseadas em IoT.
- Redução de taxas e burocracia de importação de componentes eletrônicos para prototipação e desenvolvimento de *hardware*.
- Processos de homologações e certificações técnicas mais simplificados, ágeis e com custos compatíveis com o porte de PMEs e *startups*.
- Atualização de legislação para compras públicas que favoreçam a aquisição de soluções inovadoras baseadas em IoT por PMEs e *startups* e que contemple serviços agregados (ex: serviços de análise de dados) gerados pelo uso da IoT.
- Polos e incubadoras precisam empregar mais esforços para compreender as necessidades de capacitação, laboratórios, e estrutura física necessária para empresas que desenvolvem produtos baseados em *hardware* (não somente *software*), especialmente, entendendo a complexidade do desenvolvimento de soluções baseadas em IoT.
- Maior interação universidade-empresa, para que as universidades apoiem de forma mais intensiva os projetos de inovação baseados em IoT gerados por PMEs e *startups*, bem como, empreguem maiores esforços na formação de profissionais para a realidade da indústria 4.0.
- Maior investimento na realização de eventos empresariais que facilitem o acesso a mercados, a redes de distribuição e a parceiros de negócio para PMEs e *startups* que desenvolvem inovações baseadas em IoT.

Como limitações do estudo, destaca-se que outros atores relevantes, que foram identificados ao longo da pesquisa, foram contatados, mas não concederam entrevista. Dada a complexidade do tema, a análise aqui apresentada não tem a pretensão de ser exaustiva, apenas gerar uma síntese de elementos principais identificados nos dados coletados. Para pesquisas futuras, aprofundar o entendimento de fatores e pressões institucionais no processo de desenvolvimento da IoT é um tema relevante, assim como estudar outros casos de inovações baseadas nesta tecnologia por PMEs e *startups*, e suas estratégias para superar as barreiras enfrentadas nesse processo.

REFERÊNCIAS

- Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. (2019). Internet of things and supply chain management: a literature review. *International Journal of Production Research*, 57(15-16), 4719-4742.
- Borgia, E. (2014). The internet of things vision: Key features, applications and open issues. *Computer Communications*, 54, 1–31.
- Callon, M. (1986). *Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fisherman of St Briec bay*. In Law, J., editor, *Power, action and belief: a new sociology of knowledge*, London: Routledge, 196-232.
- Casadesus-Masanell, R., & Zhu, F. (2013). Business model innovation and competitive imitation: The case of sponsor - based business models. *Strategic Management Journal*, 34(4), 464-482.
- Edquist, C. (2009). *Systems of Innovation: perspectives and challenges*. In: Fagerberg, Jan. *The Oxford handbook of innovation*. Oxford University Press, 2005.
- Eisenhardt, K. (1989). Building Theories from Case Study Research. *Academy of Management Review* 14(4), 532-550.
- Elbanna, A. (2012). *Applying actor network theory and managing controversy*. In *Information systems theory* (117-129). Springer, New York, NY.
- Fleisch, E. (2010). What is The Internet of Things? An Economic Perspective. *Economics, Management and Financial Markets*, 5(2), 125–157.
- Flyvbjerg, B. (2006). Five misunderstandings about case-study research. *Qualitative Inquiry*, 12, 219-24.
- Freeman, C. (2002). Continental, national and sub-national innovation systems—complementarity

- and economic growth. *Research Policy* 31(2), 191-211.
- Hofmann, E., & Rüsçh, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 23-34.
- Iansiti, M. & Lakhani, K. R. (2014). Digital Ubiquity: How Connections, Sensors, and Data Are Revolutionizing Business. *Harvard Business Review*, November.
- Klein, A., Pacheco, F. B., & Righi, R. D. R. (2017). Internet of things-based products/services: process and challenges on developing the business models. *JISTEM*, 14(3), 439-461.
- Klein, A., Sørensen, C., de Freitas, A. S., Pedron, C. D., & Elaluf-Calderwood, S. (2020). Understanding controversies in digital platform innovation processes: The Google Glass case. *Technological Forecasting and Social Change*, 152, 119-883.
- Kling, R. (1996). *Computerization and Controversy: Value Conflicts and Social Choices*. Second ed. Academic Press.
- Latour, B. (2012). *Reagregando o social: uma introdução à teoria do ator-rede*. Salvador: Edufba.
- Latour, B., & Woolgar, S. (2013). *Laboratory life: The construction of scientific facts*. Princeton University Press.
- Law, J. (1992). Notes on the theory of the actor-network: Ordering, strategy, and heterogeneity. *Systems Practice*, 5(4), 379-393.
- Lundvall, Bengt-Åke (2010). *National systems of innovation: Toward a theory of innovation and interactive learning*. Anthem Press.
- Magrani, E. Poucos discutem o futuro da Internet das Coisas no Brasil. Disponível em: <http://eduardomagrani.com/poucos-discutem-o-futuro-da-internet-das-coisas-no-brasil/>.
- Mattern, Friedemann Floerkemeier, C. (2010). From the Internet of Computers to the Internet of Things. *Communications of the ACM*, 242-259.
- Schwab, K., & Davis, N. (2019). *Aplicando a quarta revolução industrial*. Edipro.
- TI Inside. (2020). *Mercado de IoT deve ultrapassar US\$ 30 bilhões na América Latina até 2023*. Disponível em: shorturl.at/cuwzT Acesso em: 10 abril de 2020
- Tidd, J., & Bessant, J. (2015). *Gestão da inovação*. 5a ed. Porto Alegre: Bookman.
- Tilson, D., Lyytinen, K., & Sorensen, C. (2010). Research Commentary-Digital Infrastructures: The Missing IS Research Agenda. *Information Systems Research*, 21(4), 748-759.
- Vermesan, O., & Friess, P. (2014). *Internet of things-from research and innovation to market deployment*. Aalborg: River Publishers.
- Walsham, G. (1997). Actor-network theory and IS research: current status and future prospects. *Information Systems and Qualitative Research*, 466-480. Springer US.