

Recommendations for Product Development of Intelligent Products

C. Cavalcante, and D. Fettermann

Abstract—Bearing in mind the urge of society for new and high-functional products, the Internet of Things (IoT) technologies play an important role to provide these new functionalities to society. The IoT consists of a new technological paradigm, which can be understood as a network that connects devices, "things." All things that IoT reaches acquire a virtual identity and communicate through the Internet with users, society and the environment. Therefore, the incorporation of IoT technologies allows several new functionalities to the products, transforming them into a new category called intelligent products. These products generate data that, after being analyzed, allow the development and commercialization of new products and services for society, addressing its urges by extension. Furthermore, in order to develop intelligent products, the literature recommends a set of changes in the development process. Contrasting the development of intelligent products with traditional products, the literature points out differences in architecture, in the relationship with customers, and in the range of services offered. All the aforementioned differences and other variations should be taken into account in the Product Development Process (PDP) when developing and widening the array of intelligent products. Therefore, this work aims to propose recommendations for the process of developing intelligent products which incorporate IoT technologies. Additionally, as a theoretical contribution of this study, we intend to gather and systematize the propositions about the IoT PDP that are spread across different areas of the literature, such as computing, engineering, management, finance, and others. Finally, as a practical contribution, the results of this project intend to guide the managers through the process of transforming and adapting the traditional development process into a PDP oriented to intelligent products.

Index Terms—Internet of Things, Product development, Intelligent product.

I. INTRODUÇÃO

AS EMPRESAS enfrentam desafios de como definir a melhor forma de utilizar as tecnologias para criar valor para os seus clientes [1]. A utilização das tecnologias da Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things (IoT)*) possibilita o aprimoramento do valor dos produtos e a criação de novos serviços para clientes [2]. Com a incorporação das tecnologias IoT nos produtos é possível interagir com os clientes em qualquer fase do ciclo de vida do produto [3].

Estima-se que em 2006, cerca de 9 bilhões de dispositivos estavam conectados, sendo que a expectativa é que até 2020, cerca de 24 bilhões de produtos terão incorporado as tecnologias IoT em seu funcionamento [4].

A Internet das Coisas consiste em novo paradigma tecnológico que pode ser compreendida como uma rede que conecta dispositivos, "coisas", que ao adquirem uma identidade virtual podem se comunicar por meio da internet com usuários, sociedade e meio ambiente [5]. A aplicação da IoT permite a troca de dados e aumento da conectividade dos dispositivos [6], a otimização dos processos e o monitoramento de dispositivos que possibilitam a comercialização de produtos e serviços mais inovadores e consequentemente mais benefícios para o usuário [7, 8]. O valor agregado gerado para os usuários depende da incorporação de novas funcionalidades ao produto e do seu aprimoramento quando comparado a oferta de produto não conectado [9].

Com a incorporação destas tecnologias, os novos produtos são denominados "*intelligent product*" [10, 11]. Outros termos são utilizados na literatura para este mesmo conceito, tais como, como "*smart product*" [12, 13], "*IoT product*" [14, 15], "*smart and connected product*" [16] e "*IoT smart-connected products*" [17]. Dependendo do grau de maturidade tecnológica os produtos inteligentes adquirem habilidades de sensoriamento do ambiente, memória, processamento de dados, compartilhamento de informações, raciocínio e/ou atuação [10, 18]. Os produtos inteligentes diferem dos produtos tradicionais em relação à arquitetura [19, 20], nas relações com os clientes [7, 21], na oferta de serviços [22, 23]. Essas e outras diferenças devem ser consideradas no processo de desenvolvimento do produto (PDP) para que se desenvolva produtos inteligentes e que utilizem plenamente as potencialidades disponibilizadas pelas tecnologias IoT [24].

A literatura sugere a adaptação de atividades tradicionalmente incorporadas ao PDP e a integração de atividades não existentes anteriormente para o Processo de Desenvolvimento de Produtos com tecnologias IoT (PDP IoT) [10, 18, 25]. Entretanto, não é identificada na literatura de um levantamento das alterações necessárias para que o processo de desenvolvimento que incorpore as potencialidades das tecnologias IoT nos produtos. As informações a respeito das mudanças para o PDP IoT encontram-se dispersas na forma de recomendações em diversas áreas do conhecimento [16, 23]. Além disso, estas recomendações ainda estão concentradas nas especificidades e funcionamento das tecnologias IoT [2, 26]. A maior parte destas recomendações aborda isoladamente as mudanças no PDP, não sistematizando as adaptações necessárias em todo o ciclo de vida do produto inteligente [24].

C. G. S. Cavalcante, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil (carolinegobbosa@gmail.com).

D. C. Fettermann, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil (dcfettermann@gmail.com).

Entre as adaptações para o PDP IoT podem ser mencionadas a incorporação de atividades como: de definição do escopo do software e dos serviços juntamente com a definição do escopo do produto [27, 28]; de monitoramento e análise dos dados de desempenho do produto em uso [23, 29], de utilização dos dados para manutenção preditiva a adaptação do processo de produção [30, 31]; entre outras. Diante das recomendações de adaptações propostas pela literatura, o modelo tradicional do PDP utilizado nas empresas tende a não estar adaptado a estas novas exigências [18, 25]. A ausência de definição e adaptação do PDP pode tornar o processo desestruturado e incontrolável, resultando na ocorrência de falhas e não atendimento das necessidades dos clientes [32]. Visto que o desempenho do processo de desenvolvimento de produto é crítico para a empresa [33, 34], a sistematização das atividades do PDP para o desenvolvimento de produtos com tecnologias IoT se faz necessária para o desenvolvimento de produtos que incorporem este tipo de tecnologia. A partir disso, denomina-se PDP IoT a sistematização destas atividades do PDP tradicional para o desenvolvimento de produtos IoT.

A partir da necessidade de incorporação das alterações recomendadas para o desenvolvimento de produtos com tecnologias IoT, este trabalho tem o objetivo identificar as alterações recomendadas nas atividades do PDP para o desenvolvimento de produtos inteligentes. Como contribuição teórica pretende-se reunir e sistematizar as proposições sobre o PDP IoT que estão dispersas em diferentes áreas da literatura, tais como computação, engenharia, gestão, finanças, entre outras. Como contribuição prática, os resultados deste estudo buscam orientar os gestores para o processo de transformação do PDP aplicado nas empresas para o PDP IoT, e por consequência para a adequação das empresas para o desenvolvimento de produtos integrados neste novo cenário tecnológico.

O presente artigo segue a seguinte estrutura: a Seção II apresenta os conceitos para o Processo de Desenvolvimento de Produtos; a Seção III contém informações sobre o procedimento metodológico utilizado; a Seção IV destaca os resultados obtidos, e por último a Seção V apresenta as conclusões do trabalho.

II. PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

O Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) ocorre por meio de uma sequência de atividades cujo objetivo é a concepção, a produção e a comercialização do produto [35]. Desta forma, a partir das necessidades do mercado, das possibilidades e das restrições tecnológicas, assim como das estratégias competitivas da empresa, busca-se obter as especificações de projeto de um produto para que a manufatura seja capaz de produzir [33]. Tradicionalmente, os modelos de PDP (e.g., Ulrich e Eppinger [35], Baxter [36], Pahl et al. [37],) estão restritos às atividades realizadas até o momento de lançamento no mercado. Por ser uma proposta de estruturação do processo de desenvolvimento mais recente, o modelo de Rozenfeld et al. [33] abrange as propostas anteriores e algumas melhorias, como a incorporação do acompanhamento do desempenho do produto no mercado, ainda não presente nos modelos anteriores. Não obstante, as atividades previstas neste modelo para o acompanhamento do produto no mercado ainda

estão mais direcionadas ao monitoramento do seu desempenho no processo de manufatura, bem como à assistência técnica, satisfação do cliente, desempenho de vendas [33]. O modelo proposto por Rozenfeld et al. [33] ainda apresenta um maior detalhamento e especificação das atividades previstas no desenvolvimento e tende a compreender as atividades previstas nos modelos anteriores. Trata-se também de uma proposta bastante difundida nas empresas e utilizada como literatura base para o ensino de Gestão do Desenvolvimento de Produto no Brasil. Por esta razão, a estruturação das recomendações para o desenvolvimento de produtos IoT foram incorporadas seguindo proposição de Rozenfeld et al. [33], mesmo assim ressalta-se a possibilidade de correspondência entre as atividades previstas nas demais propostas de PDP disponíveis na literatura e utilizadas nas empresas.

O modelo de PDP proposto por Rozenfeld *et al.* [33] compreende três macrofases: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento. A macrofase de pré-desenvolvimento compreende as fases de (i) planejamento estratégico de produtos e (ii) planejamento do projeto. Já a macrofase de desenvolvimento compreende as fases de (iii) projeto informacional, (iv) projeto conceitual, (v) projeto detalhado, (vi) preparação da produção do produto e (vii) lançamento do produto. A macrofase de pós-desenvolvimento compreende as fases de (viii) acompanhar produto e processo e (ix) descontinuar produto no mercado. Dentro de cada fase existem várias atividades que precisam ser realizadas para atingir aos *outputs* planejados em cada uma das mesmas [33].

III. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com objetivo de identificar as recomendações para o PDP IoT, foi realizada uma revisão sistemática da literatura [38]. As etapas associadas à realização da revisão foram definidas segundo o método proposto por Kitchenham [38], amplamente utilizado na literatura [39, 40]. O procedimento de revisão é desenvolvido em seis etapas: questão da pesquisa; método de pesquisa; critérios de seleção; avaliação da qualidade; extração e síntese de dados.

A. Questão da Pesquisa

A questão de investigação para este estudo consiste em: Quais são as atividades sugeridas para o processo de desenvolvimento de novos produtos com tecnologias e funcionalidades IoT? E quais são as fases do PDP que apresentam maior impacto?

B. Método de Pesquisa, Critérios de Seleção e Avaliação da Qualidade

A revisão de literatura foi realizada em cinco plataformas de pesquisa de publicações: (i) *Science Direct*, (ii) *Scopus*, (iii) *Emerald Insight*, (iv) *Web of Science (WOS)* e (v) *Proquest*. Estas bases foram selecionadas por serem abrangentes, multidisciplinares e incorporarem publicações de interesse na área de pesquisa (e.g. ciência da computação, engenharia e gestão). As buscas foram restritas aos resumos, títulos e palavras-chave. Foram selecionados apenas artigos em língua inglesa.

A etapa de busca foi realizada entre os meses de março e novembro de 2017, e foram utilizados termos genéricos para cobrir uma maior variedade de abordagens utilizadas na

literatura. Para os termos referentes à Internet das Coisas, foram reunidos termos “IoT”, “*Internet of Things*”, “*Industrial IoT*”, “*Industrial Internet of Things*” [20, 41]. E foram combinados com os seguintes termos associadas a produtos: “*design product*”, “*new product development*”, “*product development*”, “*product development process*”, “*manufacturing industry*”, “*smart connected product*”, “*smart product*”, “*intelligent product*”.

A partir do resultado da busca foram excluídos os artigos não científicos, duplicados, publicações provenientes de livros e dissertações, e artigos fora do escopo. A busca não foi limitada por área de conhecimento e foi realizada sem recorte temporal, com o objetivo de retornar o maior número de publicações possível. Ao final, foram inclusos artigos sobre o tema não encontrados no processo de revisão de literatura. Foram considerados apenas artigos provenientes de periódicos e de congressos.

C. Extração e Síntese de Dados

O procedimento de busca atingiu um número total de 730 artigos. Durante a etapa de coleta de dados foram realizados os filtros apresentados na Tabela I. Após a análise das referências citadas nos artigos da revisão sistemática foram acrescentados outros 13 artigos sobre o tema que não foram identificados na fase de busca, sendo nove publicados em periódicos e quatro em congressos da área. Durante o processo de revisão, 108 artigos foram retirados do portfólio por serem considerados fora do escopo, pois não abordavam em seu conteúdo completo contribuições para o desenvolvimento de produtos inteligentes. Ao final os 149 artigos considerados na revisão foram analisados na íntegra em busca de recomendações para o desenvolvimento de produtos com tecnologias IoT. Os resultados desta busca foram classificados de acordo com a atividade do processo de desenvolvimento de produto correspondente. Desta forma, os resultados a seguir apresentam correspondência sobre as atividades do PDP aos quais as recomendações estão associadas.

TABELA I
ETAPAS DA COLETA DE DADOS

Etapa	Qtd de artigos
Etapas da coleta de fontes de evidência	730
Total de artigos selecionados nas cinco bases de dados	195
Eliminação do repetidos	173
Eliminação dos não científicos	85
Eliminação dos livros	5
Eliminação de dissertações	28
Eliminação dos artigos não disponíveis	108
Eliminação dos artigos fora do escopo	13
Artigos acrescentados na revisão	149
Total de artigos considerados na revisão	149

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos 149 artigos do portfólio de revisão de literatura possibilitou classificar as 1627 recomendações obtidas de acordo com as macrofases, fases e atividades do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), segundo o modelo de Rozenfeld *et al.* [33]. Os resultados da análise implicam que a maioria das recomendações está direcionada para a macrofase de desenvolvimento, com 61,2% das recomendações, seguidos pelas macrofases de pós-desenvolvimento (33,8%) e pré-desenvolvimento (5%), respectivamente. Considerando a análise das fases, conforme a Fig. 1, destaca-se em termos de

recomendações a fase de acompanhamento do produto e do processo. A seguir serão detalhadas as recomendações para cada uma das fases do processo de desenvolvimento de produtos inteligentes.

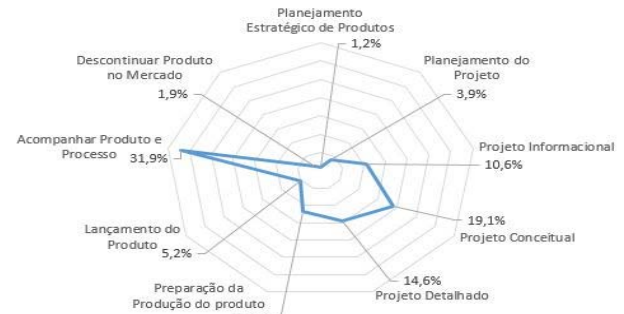


Fig. 1. Contribuição percentual das recomendações por fases do PDP IoT.

A. Recomendações para a Macrofase Pré-Desenvolvimento (PRE)

A macrofase de pré-desenvolvimento visa garantir que o direcionamento estratégico definido pela empresa e o portfólio dos projetos sejam desenvolvidos [33]. A quantidade de recomendações para esta macrofase é limitada, conforme pode ser observado na Tabela II. Essa limitação deve-se ao fato que a maior parte dos artigos científicos desta revisão abordar questões tecnológicas da IoT, e há uma lacuna de trabalhos sobre a IoT em um contexto de desenvolvimento de negócios [42]. Isso explica a escassez de recomendações para o PDP IoT que abordam o nível estratégico do negócio.

TABELA II
RECOMENDAÇÕES PARA A MACROFASE DE PRÉ-DESENVOLVIMENTO

	Principais Atividades ^[1]	Freq.	(%) ^[2]
Planejamento Estratégico de Produtos	Consolidar Informações sobre tecnologia e mercado	2	0.1%
	Analisar o Portfólio de Produtos da Empresa	8	0.5%
	Propor mudanças no portfólio de produtos	6	0.4%
	Verificar viabilidade do portfólio de produtos	3	0.2%
	Total da Fase	19	1.2%
Planejamento do Projeto	Atividades	Freq.	(%)^[1]
	Definir escopo do produto	54	3.3%
	Total da Fase	63	3.9%

^[1] Para cada fase foram listadas as principais atividades em termos de quantidade de recomendações. ^[2] A porcentagem de cada atividade da fase é calculada em relação ao total de 1627 recomendações obtidas na revisão sistemática de literatura para o PDP IoT.

1) Planejamento Estratégico de Produtos (PEP): A fase de planejamento estratégico de produtos incorpora as decisões para obter um plano contendo o portfólio dos produtos da empresa a partir do Plano Estratégico da Unidade de Negócios [33]. Entre as atividades mais recomendadas na literatura estão a análise dos produtos atuais e a mudança de portfólio para produtos inteligentes [21, 43]. Gerpott e May [9] sugerem que a integração de funcionalidades a partir de tecnologias da IoT em produtos existentes ou inovadores pode criar uma vantagem competitiva em relação aos produtos equivalentes não conectados. Sendo assim, o valor agregado aos usuários é decorrente da possibilidade das

novas funcionalidades resultantes da aplicação das tecnologias IoT. As recomendações nesta fase buscam, de forma geral, incorporar a possibilidade de utilização das informações disponibilizadas pelos produtos conectados para o desenvolvimento da estratégia da empresa em relação ao desenvolvimento de novos produtos [9, 25].

- 2) Planejamento do Produto (PP): Na fase de planejamento do projeto é realizado o planejamento do projeto de desenvolvimento do novo produto aprovado no portfólio. Durante o planejamento do projeto é possível definir o escopo do produto e as diretrizes básicas que deverá atender [33]. Para os produtos inteligentes, a literatura reporta 54 recomendações para a definição de escopo do produto, que abrange a definição da estrutura física incluindo a parte de hardware, comum aos produtos tradicionais [14, 23, 44], como também a definição do escopo do software, o qual está relacionado às plataformas, protocolos de comunicação, softwares, aplicativos [13, 27, 45]. Além disso, orienta para a inclusão da definição do escopo dos serviços associado ao produto inteligente [2, 45].

B. Recomendações para a Macrofase Desenvolvimento (DES)

A macrofase desenvolvimento concentra a maior quantidade de recomendações para o PDP IoT, conforme pode ser observado na Tabela III. Nessa macrofase são produzidas informações técnicas detalhadas, do processo de produção e comerciais do produto [33].

TABELA III
RECOMENDAÇÕES PARA A MACROFASE DE DESENVOLVIMENTO

	Principais Atividades ^[1]	Freq.	(%) ^[2]
Projeto Informac.	Detalhar ciclo de vida do produto e definir seus clientes	69	4.2%
	Definir requisitos do produto	15	0.9%
	Definir requisitos do <i>software</i>	25	1.5%
	Definir requisitos do serviço	13	0.8%
	Total da Fase	172	10.6%
	Atividades	Freq.	(%)^[1]
Projeto Conceitual	Definir arquitetura do produto	150	9.2%
	Planejar o processo de manufatura macro	85	5.2%
	Total da Fase	311	19,1%
	Atividades	Freq.	(%)^[1]
Projeto Detalhado	Planejar o processo de fabricação e montagem	87	5.3%
	Projetar recursos de fabricação	62	3.8%
	Otimizar Produto e Processo e <i>Software</i>	58	3.6%
	Total da Fase	237	14.6%
	Atividades	Freq.	(%)^[1]
Preparação da Produção do Produto	Otimizar produção	59	3.6%
	Desenvolver processo de produção	80	4.9%
	Desenvolver processo de manutenção	40	2.5%
	Total da Fase	190	11.7%
	Atividades	Freq.	(%)^[1]
Lançamento do Produto	Desenvolver o processo de distribuição	50	3.1%
	Desenvolver o processo de atendimento ao cliente	14	0.9%
	Total da Fase	85	5.2%

^[1] Para cada fase foram listadas as principais atividades em termos de quantidade de recomendações. ^[2] A porcentagem de cada atividade da fase é calculada em relação ao total de 1627 recomendações obtidas na revisão sistemática de literatura para o PDP IoT.

- 1) Projeto Informacional (PI): A fase de projeto informacional concentra atividades relacionadas à aquisição de informações levantadas no planejamento e em outras fontes e o desenvolvimento de um conjunto de especificações necessárias para atender aos requisitos do cliente [33]. Esta fase apresenta 10,6% das recomendações totais para o PDP IoT. As principais recomendações são para a atividade de detalhamento ciclo de vida do produto e definição dos clientes. A literatura sugere além do gerenciamento do ciclo de vida do produto, o gerenciamento do ciclo de vida do software e do ciclo de vida do serviço [10, 11, 15]. Entre as propostas para gerenciamento do ciclo de vida do produto propõe-se o denominado ciclo de vida do produto fechado, que possibilita suportar o fluxo de informações dos produtos inteligentes ao longo do ciclo de vida [10]. Outra recomendação relevante para esta fase consiste na ênfase dada na definição dos requisitos do produto, que deve também incorporar o levantamento dos requisitos do software e do serviço incorporados ao produto [44, 46].
- 2) Projeto Conceitual (PC): As atividades que fazem parte da fase de projeto conceitual relacionam-se com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o projeto do produto. Há nesta fase a modelagem de funcionamento do produto, com funções técnicas, estruturais [33]. A atividade de definição da arquitetura do produto é a que apresenta mais recomendações nesta fase, representando 9.2% do total das 1627 recomendações [14, 47]. A literatura indica que ao definir-se a arquitetura física do produto, também sejam incorporadas as definições das arquiteturas do software e do serviço [2, 48]. As orientações para definição de software estão direcionadas para a arquitetura dos aplicativos [49], de plataformas [20] e de protocolos de comunicação [50]. As principais recomendações para a arquitetura de serviços estão direcionadas para a utilização de cloud computing [51, 52, 53]. Nesta fase outra atividade relevante em termos de recomendações é o planejamento do processo de manufatura, representando 5.2% das recomendações para o PDP IoT identificadas na literatura. Esta quantidade é justificada pela ênfase dada pelas publicações aos processos de manufatura inteligente [54, 55].
- 3) Projeto Detalhado (PD): A partir das informações levantadas na fase anterior, o projeto detalhado tem como objetivo criar e detalhar os Sistemas, Subsistemas e Componentes (SSC), a decisão de make or buy, desenvolver fornecedores, planejar o processo de fabricação e montagem [33]. Entre as atividades mais recomendadas para o PDP IoT estão o planejamento do processo de fabricação e montagem (5,3%) e projeto dos recursos de fabricação (3,8%). Os autores sugerem estas atividades considerando as alterações como a virtualização dos recursos de fabricação e a disponibilização de serviços na cloud manufacturing [26, 53, 56]. As recomendações também se concentram na atividade de otimização do produto e do processo [51, 57, 58]. As tecnologias IoT possibilitam a otimização do desempenho do processo ao utilizarem predições aplicadas ao processo de manufatura. De modo que os dados podem ser sistematicamente processados em informações, que permitem que as máquinas e sistemas tenham recursos “autoconscientes” [54]. Os dados de uso do usuário de

produtos inteligentes que já estão no mercado também podem ser repassados para as equipes de design, fabricação e vendas para otimização produtos em produção [47].

- 4) Preparação da Produção do Produto (PPP): A fase de preparação da produção do produto envolve a produção do lote piloto e a definição dos processos de produção e manutenção [33]. A maioria das recomendações está direcionada para as atividades de desenvolvimento do processo de produção (4.9%) e o desenvolvimento processo de manutenção (2.5%). Para as máquinas inteligentes recomenda-se o desenvolvimento da manutenção preditiva, que é baseada na coleta e na interpretação dos dados de monitoramento da máquina para tomada de decisão [23, 31].
- 5) Lançamento do Produto (LP): A fase de lançamento do produto objetiva colocar o produto no mercado e fazer cumprir o plano de marketing [33]. Entre as recomendações indicadas na literatura, 3.1% estão direcionadas para a atividade de desenvolvimento do processo de distribuição [59, 60, 61]. Os autores sugerem principalmente o rastreamento e a autenticação dos produtos e o gerenciamento de cadeia de suprimentos baseado na utilização de RFID [62, 63], Wireless Sensor Network (WSN) [27, 64], e na utilização do Electronic Product Code (EPC) [62]. Outra atividade relevante para a fase é o processo de atendimento ao cliente [21, 30, 65]. Os autores sugerem esta recomendação baseado no uso de aplicativos para avaliar o comportamento do usuário em relação ao produto [65], a utilização de plataforma colaborativa com o cliente [7], entre outros.

C. Recomendações para a Macrofase Pós-Desenvolvimento (POS)

A macrofase de pós-desenvolvimento compreende a retirada sistemática do produto do mercado e, finalmente, uma avaliação de todo o ciclo de vida do produto [33]. Proporcionalmente, esta macrofase apresenta 33,8% de todas as recomendações da literatura para o PDP IoT, conforme pode ser observado na Tabela IV.

TABELA IV
RECOMENDAÇÕES PARA A MACROFASE DE PÓS-DESENVOLVIMENTO

	Principais Atividades ^[1]	Freq.	(%) ^[2]
Acompanhar Produto e Processo	Monitorar desempenho do produto (técnico, econômico, de produção e de serviços)	493	30.3%
	Total da Fase	519	31.9%
	Atividades	Freq.	(%)^[1]
Descontinuar Produto no Mercado	Planejar a descontinuidade do produto	14	0.9%
	Total da Fase	31	1.9%

^[1] Para cada fase foram listadas as principais atividades em termos de quantidade de recomendações. ^[2] A porcentagem de cada atividade da fase é calculada em relação ao total de 1627 recomendações obtidas na revisão sistemática de literatura para o PDP IoT.

- 1) Acompanhar Produto e Processo (APP): A fase de acompanhar produto e processo visa garantir o acompanhamento do desempenho do produto na produção e no mercado [33]. Entre as recomendações para o monitoramento de dados, a literatura sugere principalmente o monitoramento do desempenho de coleta, transmissão e

análise de dados [7, 18, 59]. Também são verificadas orientações quanto ao rastreamento de uso do produto, do software e dos serviços [10, 64, 66]. O monitoramento permite que empresas rastreiem as características operacionais e o histórico do produto e entendam como o mesmo é utilizado pelo cliente [16]. O data mining destes dados e sua posterior análise é mencionada como uma importante oportunidade para agregar valor para o cliente, pois possibilitam melhorias na otimização do produto [47], segmentação de clientes, personalização de produtos e serviços [21], disponibilização de pacotes de serviços pós-vendas [16], entre outros. A partir dos dados obtidos em tempo real pelo monitoramento dos produtos ainda é possível inferir as condições de uso dos mesmos e, desse modo, projetar produtos com maior confiabilidade e com maior foco na proposição de valor para o cliente [9, 23].

- 2) Descontinuar Produto no Mercado (DPM): A fase de descontinuidade do produto no mercado objetiva suspender o produto quando este não apresenta mais vantagens e importância do ponto de vista econômico e estratégico [33]. As principais recomendações estão voltadas para a atividade de planejamento da descontinuidade do produto [10, 13, 59]. Os dados gerados pelos produtos inteligentes reduzem a incerteza relacionada aos volumes e variedade na logística reversa, relacionada com o fim da vida do produto [30]. Essa possibilidade permite o desenvolvimento do conceito de Cadeia de Suprimentos Reversa Inteligente (SRSC), que consiste em uma cadeia reversa baseada na IoT [62]. A partir das plataformas de comunicação IoT, os consumidores e fornecedores podem ser melhor orientados quanto às opções de fim de uso do produto, tais como: revenda, troca, retomo, remanufatura e reciclagem [10, 30]. Como os dados são de propriedade do consumidor, a negociação para acesso a essas informações apresenta potencial para surgimento de novos modelos de negócios. Um deles é a comercialização dos dados de uso do produto, por meio de uma plataforma online, pelo consumidor para as empresas [30].

V. COMPILAÇÃO DAS PRINCIPAIS ATIVIDADES RECOMENDADAS

A partir dos resultados encontrados na pesquisa foi realizada uma compilação com as principais recomendações para o PDP IoT que correspondem a 70,3% de todas as recomendações da literatura (Fig.2).

A atividade de monitoramento do desempenho do produto (At1) corresponde a 30,3% de todas recomendações da literatura para o PDP IoT, sendo a mais importante para ser implementada. As demais atividades mais recomendadas estão na macrofase de desenvolvimento e estão relacionadas com a arquitetura IoT do produto e o planejamento e processo de produção.

VI. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo identificar as alterações recomendadas nas atividades do PDP para o desenvolvimento de produtos com tecnologias IoT, também denominados produtos inteligentes.

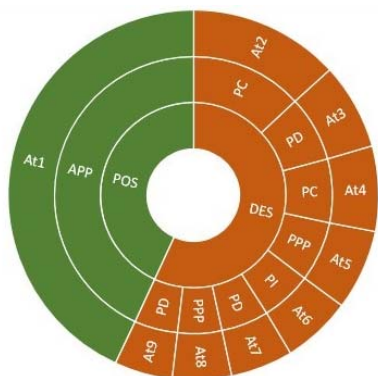


Fig. 2. Principais recomendações para o PDP IoT.

^[1] (At1) monitoramento do desempenho do produto, (At2) definição da arquitetura do produto, (At3) planejamento do processo de fabricação e montagem; (At4) planejamento do processo de manufatura macro; (At5) desenvolvimento do processo de produção, (At6) detalhamento do ciclo de vida do produto, (At7) projeção dos recursos de fabricação, (At8) otimização da produção, e (At9) otimização do produto e processo e software.

As informações resultantes apresentam as recomendações para o processo de desenvolvimento de produtos com tecnologias IoT, aqui denominado de PDP IoT. Para alcançar este objetivo, foi realizada uma revisão sistemática de literatura que identificou 149 artigos para compor o portfólio de pesquisa. Foram identificadas 1627 recomendações, as quais foram analisadas segundo as atividades do modelo do PDP de Rozenfeld *et al.* [33]. Os resultados permitem avaliar quais as atividades mais relevantes e quais adaptações necessárias para cada fase do desenvolvimento de produtos inteligentes.

Este estudo tem como principal contribuição a organização de informações em torno das etapas do processo de desenvolvimento de produto, que estavam dispersas em diferentes áreas da literatura. Ao final desse estudo tem-se mapeado o impacto que a incorporação as tecnologias IoT apresentam no processo de desenvolvimento de novos produtos, até então não disponível na literatura. A maior parte dos trabalhos sobre o tema está concentrada nos aspectos técnicos das tecnologias IoT, com pouco foco nas funcionalidades dos produtos inteligentes e menos ainda na gestão do processo de desenvolvimento. Outra parcela significativa dos trabalhos está voltada para os processos inteligentes específicos da manufatura, e não compreendem o processo de desenvolvimento de forma integrada. O PDP IoT ainda recebe pouca atenção das publicações de áreas de Negócios, Gestão e Contabilidade. Portanto as informações sobre como proceder em cada fase do PDP são abordadas de forma isolada e não sistematizada.

Os resultados deste trabalho também atingem contribuições teóricas e práticas. Este trabalho contribui para a literatura, em particular para a gestão de desenvolvimento do produto, pois - do PDP IoT, até então não abordado integralmente e sistematizado na literatura. A partir desta publicação e das lacunas levantadas, novas pesquisas serão desenvolvidas para abordar essa temática. Como contribuição prática, este trabalho poderá orientar gestores no processo de adaptação do PDP das empresas para desenvolvimento de produtos inteligentes. Este resultado também pode contribuir como mecanismo de apoio para as equipes de desenvolvimento quanto às decisões ao longo do ciclo de vida dos produtos inteligentes.

REFERÊNCIAS

- [1] M. E. S. Echeveste, H. Rozenfeld and D. C. Fettermann, "Customizing practices based on the frequency of problems in new product development process," *Concurrent Engineering*, vol. 25, no. 3, pp. 245-261, 2017.
- [2] T. Takenaka, Y. Yamamoto, K. Fukuda, A. Kimura and K. Ueda, "Enhancing products and services using smart appliance networks," *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, vol. 65, pp. 397-400, 2016.
- [3] D. C. Fettermann, C. G. S. Cavalcante, T. D. D. Almeida and G. L. Tortorella, "How does Industry 4.0 contribute to operations management?," *Journal of Industrial and Production Engineering*, vol. 35, no. 4, pp. 255-268, 2018.
- [4] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, pp. 1645-1660, 2013.
- [5] O. Vermesan, P. Friess, P. Guillemin, S. Gusmeroli, H. Sundmacker, A. Bassi and .. P. Doody, "Internet of things strategic research roadmap," in *Internet of things - Global Technological and Societal Trends*, vol. 1, Aalborg, River Publishers, 2011, pp. 9-52.
- [6] B. Vanelli, M. P. d. Silva, G. Manerichi, A. S. R. Pinto, M. A. R. Dantas, M. Ferrandin and A. Boava, "Internet of Things Data Storage Infrastructure in the Cloud Using NoSQL Databases," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 15, pp. 737-743, 2017.
- [7] A. Mehraei, B. Henriksen, C. C. Rostad, K. A. Hribernik and K. Thoben, "Make-to-XGrade for the Design and Manufacturing of Flexible, Adaptive, and Reactive Products," *Procedia CIRP*, vol. 21, pp. 199-205, 2014.
- [8] L. P. Calegari, J. Barbosa, G. A. Marodin and D. C. Fettermann, "A conjoint analysis to consumer choice in Brazil: Defining device attributes for recognizing customized foods characteristics," *Food Research International*, vol. 109, pp. 1-13, 2018.
- [9] T. J. Gerpott and S. May, "Integration of Internet of Things components into a firm's offering portfolio—a business development framework," *Info*, vol. 18, pp. 53-63, 2016.
- [10] D. Kiritisis, "Closed-loop PLM for intelligent products in the era of the Internet of things," *Computer-Aided Design*, vol. 43, pp. 479-501, 2011.
- [11] S. Kubler, W. Derigent, K. Främling, A. Thomas and É. Rondeau, "Enhanced product lifecycle information management using "communicating materials", " *Computer-Aided Design*, vol. 59, pp. 192-200, 2015.
- [12] J. Nyman, K. Främling and V. Michel, "Gathering Product Data from Smart Products," in *International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS)*, Barcelona, 2008.
- [13] A. Deuter and S. Rizzo, "A critical view on PLM/ALM convergence in practice and research," *Procedia Technology*, vol. 26, pp. 405-412, 2016.
- [14] C. Perera, C. H. Liu, S. Jayawardena and M. Chen, "A survey on Internet of Things from industrial market perspective," *IEEE Access*, vol. 2, pp. 1660-1679, 2014.
- [15] J. Golovatchev, P. Chatterjee, F. Kraus and R. Schüssl, "The Impact of the IoT on Product Development and Management," in *ISPIM Innovation Symposium*, Manchester, England, 2016.
- [16] M. E. Porter and J. E. Heppelmann, "How Smart, Connected Products are Transforming Competition," *Harvard Business Review*, vol. 92, pp. 64-88, 2014.
- [17] R. R. Harmon, E. G. Castro-Leon and S. Bhide, "Smart cities and the Internet of Things," in *International Conference of Management of Engineering and Technology (PICMET)*, Portland, 2015.
- [18] H. Dawid, R. Decker, T. Hermann, H. Jahnke, W. Klat, R. König and C. Stummer, "Management science in the era of smart consumer products: challenges and research perspectives," *Central European Journal of Operations Research*, vol. 25, pp. 203-230, 2017.
- [19] P. Hu, "A system architecture for software-defined industrial Internet of Things," in *International Conference Ubiquitous Wireless Broadband (ICUWB)*, Montreal, 2015.
- [20] L. Thames and D. Schaefer, "Software-defined cloud manufacturing for industry 4.0," *Procedia CIRP*, vol. 52, pp. 12-17, 2016.

- [21] M. E. Porter and J. E. Heppelmann, "How Smart, Connected Products are Transforming Companies," *Harvard Business Review*, vol. 93, pp. 97-114, 2015.
- [22] F. Tao, Y. Wang, Y. Zuo, H. Yang and M. Zhang, "Internet of Things in product life-cycle energy management," *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 1, pp. 26-39, 2016.
- [23] A. Rymaszewska, P. Helo and A. Gunasekaran, "IoT powered servitization of manufacturing—an exploratory case study," *International Journal of Production Economics*, vol. 192, pp. 92-105, 2017.
- [24] S. Nambisan, "Information technology and product/service innovation: A brief assessment and some suggestions for future research," *Journal of the Association for Information Systems*, vol. 14, pp. 215-226, 2013.
- [25] M. Holler, G. Neiditsch, F. Uebernickel and W. Brenner, "Digital Product Innovation in Manufacturing Industries—Towards a Taxonomy for Feedback-driven Product Development Scenarios," in *International Conference on System Sciences*, Hawaii, 2017.
- [26] R. Y. Zhong, X. Xu and L. Wang, "IoT-enabled Smart Factory Visibility and Traceability Using Laser-scanners," *Procedia Manufacturing*, vol. 10, pp. 1-14, 2017.
- [27] D. Mourtzis and E. Vlachou, "Cloud-based cyber-physical systems and quality of services," *The TQM Journal*, vol. 28, pp. 704-733, 2016.
- [28] T. Saarikko, U. H. Westergren and T. Blomquist, "The Internet of Things: Are you ready for what's coming?," *Business Horizons*, vol. 60, pp. 667-676, 2017.
- [29] R. Strange and A. Zucchella, "Industry 4.0, global value chains and international business," *Multinational Business Review*, vol. 25, pp. 174-184, 2017.
- [30] G. C. Parry, S. A. Brax, R. S. Maull and I. C. Ng, "Operationalising IoT for reverse supply: The development of use-visibility measures," *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 21, pp. 228-244, 2016.
- [31] L. S. Terrissa, S. Meraghni, Z. Bouzidi and N. Zerhouni, "A new approach of PHM as a service in cloud computing," in *International Colloquium Information Science and Technology (CiSt)*, Tangier, Morocco, 2016.
- [32] J. Bessant and D. Francis, "Implementing the new product development process," *Technovation*, vol. 17, pp. 189-222, 1997.
- [33] H. Rozenfeld, F. A. Focellini, D. C. Amaral, J. C. Toledo, D. H. Alliprandini and R. K. Scalice, *Gestão de desenvolvimento de produtos: referência para a melhoria do processo*, Saraiva, 2000.
- [34] E. G. Salgado, V. A. P. Salomon, C. H. P. Mello and C. E. S. d. Silva, "A reference model for the new product development in medium-sized technology-based electronics enterprises," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 12, pp. 1341-1348, 2014.
- [35] K. Ulrich and S. Eppinger, *Product Design and Development*, Pennsylvania: McGraw-Hill Education, 2015.
- [36] M. Baxter, *Projeto de Produto: Guia Prático para o Design de Novos Produtos*, 3rd ed., Edgard Blucher, 2011.
- [37] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen and K. H. Grote, *Projeto na engenharia*, São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- [38] B. Kitchenham, "Procedures for performing systematic reviews," *Keele University*, vol. 33, pp. 1-26, 2004.
- [39] D. Benavides, S. Segura and A. Ruiz-Cortés, "Automated analysis of feature models 20 years later: A literature review," vol. 35, pp. 615-636, 2010.
- [40] D. Quiñones and C. Rusu, "How to develop usability heuristics: A systematic literature review," *Computer Standards & Interfaces*, vol. 53, pp. 89-122, 2017.
- [41] K. Upasani, M. Bakshi, V. Pandhare and B. K. Lad, "Distributed maintenance planning in manufacturing industries," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 108, pp. 1-14, 2017.
- [42] A. Whitmore, A. Agarwal and L. D. Xu, "The Internet of Things—A survey of topics and trends," *Information Systems Frontiers*, vol. 17, pp. 261-274, 2015.
- [43] X. Yu, B. Nguyen and Y. Chen, "Internet of Things capability and alliance: Entrepreneurial orientation, market orientation and product and process innovation," *Internet Research*, vol. 26, pp. 402-434, 2016.
- [44] D. Mazzei, G. Baldi, G. Montelisciani and G. Fantoni, "A full stack for quick prototyping of IoT solutions," in *Cloudification of the Internet of Things (CIoT)*, Paris, France, 2016.
- [45] W. He and L. Xu, "A state-of-the-art survey of cloud manufacturing," *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 28, pp. 239-250, 2015.
- [46] D. Karki, A. Kaliki and R. P. Rustagi, "Zygot: A Framework for Prototyping Smart Devices," in *International Conference Advanced Computing and Communications (ADCOM)*, Chennai, India, 2015.
- [47] G. Lyu, X. Chu and D. Xue, "Product modeling from knowledge, distributed computing and lifecycle perspectives: A literature review," *Computers in Industry*, vol. 84, pp. 1-13, 2017.
- [48] M. Holler, F. Uebernickel and W. Brenner, "Understanding the Business Value of Intelligent Products for Product Development in Manufacturing Industries," in *International Conference on Information Management and Engineering*, Turkey, 2016.
- [49] Y. S. Tan, Y. T. Ng and J. S. C. Low, "Internet-of-things enabled real-time monitoring of energy efficiency on manufacturing shop floors," *Procedia CIRP*, vol. 61, pp. 376-381, 2017.
- [50] K. Främling and M. Maharjan, "Standardized communication between intelligent products for the IoT," *IFAC Proceedings Volumes*, v. 46, n. 7, p. 157-162, 2013., vol. 46, pp. 157-162, 2013.
- [51] J. Qin, Y. Liu and R. Grosvenor, "A Framework of Energy Consumption Modelling for Additive Manufacturing Using Internet of Things," *Procedia CIRP*, vol. 63, pp. 307-312, 2017.
- [52] E. Marilungo, A. Papetti, M. Germani and M. Peruzzini, "From PSS to CPS design: a real industrial use case toward Industry 4.0," *Procedia CIRP*, vol. 64, pp. 357-362, 2017.
- [53] L. Ren, L. Zhang, L. Wang, F. Tao and X. Chai, "Cloud manufacturing: key characteristics and applications," *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 30, pp. 501-515, 2017.
- [54] J. Lee, E. Lapira, B. Bagheri and H. A. Kao, "Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment," *Manufacturing Letters*, vol. 1, pp. 38-41, 2013.
- [55] D. Georgakopoulos, P. P. Jayaraman, M. F. M. Villari and R. Ranjan, "Internet of Things and edge cloud computing roadmap for manufacturing," *IEEE Cloud Computing*, vol. 3, pp. 66-73, 2016.
- [56] D. Mourtzis, E. Vlachou and N. MILAS, "Industrial Big Data as a result of IoT adoption in manufacturing," *Procedia CIRP*, vol. 55, pp. 290-295, 2016.
- [57] P. Engelhardt and G. Reinhart, "Approach for an RFID-based situational shop floor control," in *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, Hong Kong, China, 2012.
- [58] M. A. Pisching, F. Junqueira, D. J. D. S. Filho and P. E. Miyagi, "An architecture based on IoT and CPS to organize and locate services," in *International Conference of Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, Berlin, Germany, 2016.
- [59] B. Yan and G. Huang, "Application of RFID and Internet of Things in Monitoring and Anti-counterfeiting for Products," Wuhan, China, 2008.
- [60] H. Wang and X. Chen, "Internet of Things Technology-Based Manufacturing Inventory Management," in *International Workshop on Computer Science in Sports*, Wuhan, China, 2013.
- [61] M. Xia, T. Li, Y. Zhang and C. W. D. Silva, "Closed-loop design evolution of engineering system using condition monitoring through Internet of Things and cloud computing," *Computer Networks*, vol. 101, pp. 5-18, 2016.
- [62] X. Xu, X. Wu and W. Guo, "Applications of IoT to Reverse Supply Chain," in *International Conference of Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM)*, Wuhan, China, 2011.
- [63] L. Li, "Technology designed to combat fakes in the global supply chain," *Business Horizons*, vol. 56, pp. 167-177, 2013.
- [64] R. Y. Chen, "Autonomous tracing system for backward design in food supply chain," *Food Control*, vol. 51, pp. 70-84, 2015.
- [65] P. C. Verhoef, A. T. Stephen, P. K. Kannan, X. Luo, V. Abhishek, M. Andrews and .. M. M. Hu, "Consumer connectivity in a complex, technology-enabled, and mobile-oriented world with smart products," *Journal of Interactive Marketing*, vol. 40, pp. 1-8, 2017.

- [66] J. Wielki, "The impact of the Internet of Things concept development on changes in the operations of modern enterprises," *Polish Journal of Management Studies*, vol. 15, pp. 262-275, 2017.
- [67] D. C. Fettermann, M. E. S. Echeveste, G. L. Tortorella, "The benchmarking of the use of toolkit for mass customization in the automobile industry". *Benchmarking: an International Journal*, vol.24, pp.1767-1783.



Caroline Gobbo Sá Cavalcante é Bacharel em Engenharia Elétrica (2013) e Mestranda em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina. Possui experiência em empreendedorismo com utilização de tecnologias IoT e metodologia de desenvolvimento de produtos.



Diego de Castro Fettermann é Professor de Engenharia de Produção no Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Atua na integração de sistemas IoT no desenvolvimento de produtos e mecanismos de disseminação destas tecnologias nas indústrias.