

UM MODELO DE PROCESSOS DO PROJETO DE ADAPTAÇÃO EMPRESARIAL AO PARADIGMA DAS INDÚSTRIAS 4.0

Thales Botelho de Sousa
thales.botelho@ifsp.edu.br
Fábio Müller Guerrini
guerrini@sc.usp.br



A Indústria 4.0 surgiu na Alemanha, em 2011, como uma proposta para o desenvolvimento de um novo conceito de política econômica com base em estratégias de alta tecnologia. Esta estratégia representa a quarta revolução industrial, e é uma das abordagens da manufatura inteligente, a qual é baseada em tecnologias que incluem os sistemas ciber-físicos, a internet das coisas, a internet de serviços e a manufatura em nuvem, e que via internet permitem uma interação contínua e troca de informações entre homens, homens e máquinas, e entre as próprias máquinas. A literatura apresenta a necessidade de apresentação de modelos de empresas e linguagens visuais que auxiliem no desenvolvimento das Indústrias 4.0. Nesse contexto, com o intuito de facilitar a compreensão dos principais processos necessários para o projeto de adaptação empresarial, este artigo visa apresentar um Modelo de Processos desenvolvido por meio do método For Enterprise Modeling (4EM). As informações foram obtidas por meio de um estudo de caso. A contribuição deste artigo é a identificação e apresentação das principais atividades necessárias para o projeto de adaptação empresarial ao paradigma das Indústrias 4.0, a fim de que as empresas interessadas tenham um referencial como base, uma vez que o modelo permitiu absorver o conhecimento tácito de uma empresa fornecedora de tecnologias e apresentá-lo de forma explícita e compreensível para diversos stakeholders.

Palavras-chave: Indústrias 4.0, Modelo de Processos, For Enterprise Modeling, Manufatura inteligente, Estudo de Caso

1. Introdução

Em todo o mundo, esforços têm sido feitos para melhorar a produtividade e eficiência das indústrias e essa melhoria pode ser alcançada por meio da integração da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) com a manufatura (SHAFIQ et al., 2015). Com a evolução da TIC, organizações necessitam adotar novos modelos de negócios, renunciando a métodos tradicionais e arcaicos de gestão, para inserção e/ou permanência no mercado altamente competitivo e caracterizado por rápidas e intensas mudanças.

A manufatura inteligente representa um sistema de manufatura em nuvem integrado por homens e máquinas para conduzir atividades inteligentes na empresa (LIU et al., 2017; ZHONG et al., 2016); e visa mudar a forma de gerenciamento das unidades empresariais, empresa como um todo e cadeia de suprimentos (JIA; TANG; LV, 2016). A adaptabilidade, eficiência de recursos, ergonomia, integração de clientes e parceiros em processos de negócios e de valor são características da manufatura inteligente (SHAFIQ et al., 2015).

O ambiente empresarial encontra-se em processo de adaptação à quarta revolução industrial, a qual é caracterizada pela manufatura inteligente. Pode-se afirmar que esta revolução foi desencadeada pela iniciativa alemã conhecida como Indústrias 4.0, e baseia-se em ciência da computação, TIC e ciência e tecnologia de fabricação para desenvolver futuros sistemas industriais que permitem a aquisição inteligente de informações, conectividade entre elementos do sistema e capacidade de resposta às mudanças internas e externas (BOKRANTZ et al., 2017).

O termo Indústria 4.0 foi oficialmente apresentado ao público pela primeira vez por Kagermann, Lukas e Wahlster em 2011 na Alemanha, durante a Hanover Fair (UHLMANN; HOHWIELER; GEISERT, 2017). A Indústria 4.0 é sinônimo de transformação das fábricas atuais em fábricas inteligentes, as quais abordam e superam desafios atuais como ciclos de vida mais curtos dos produtos, produtos altamente personalizados, concorrência global rígida e produção enxuta (UPASANI et al., 2017). A Indústria 4.0 combina máquinas, sistemas, produção e processos inteligentes para formar uma rede sofisticada, enfatizando a ideia de digitalização consistente e ligação de todas as unidades produtivas em uma instalação de fabricação, ao criar uma virtualização do mundo real em um grande sistema de informação (SHAFIQ et al., 2016). A Indústria 4.0 deve ser uma integração e assimilação de conceitos

como sistemas ciber-físicos, internet das coisas, internet de serviços, fabricação inteligente, computação móvel, computação em nuvem, redes sem fio industriais, *big data*, manufatura sustentável, autoconfiguração e auto-otimização de processos produtivos, e personalização de produtos (GORECKY; KHAMIS; MURA, 2017; HSU; YANG, 2017; OH; SON, 2016; ROBLEK; MEŠKO; KRAPEŽ, 2016; SEPULCRE; GOZALVEZ; COLL-PERALES, 2016; SHAFIQ et al., 2016).

Para Lasi et al. (2014), a Indústria 4.0 necessita de métodos avançados de modelagem e segundo Koussouris et al. (2010) as técnicas de modelagem de empresas e as linguagens visuais associadas são muito importantes e úteis para apoiar o desenvolvimento de empresas inteligentes. Assim, este artigo busca apresentar os principais processos a serem realizados por empresas que visam se adequar ao paradigma das Indústrias 4.0. O trabalho foi desenvolvido por meio do método de modelagem de empresas *For Enterprise Modeling* (4EM) e um Modelo de Processos é apresentado. As informações necessárias para a modelagem foram obtidas por meio de um estudo de caso realizado em uma empresa brasileira fornecedora de tecnologias para a Indústria 4.0.

2. Metodologia

Esta pesquisa foi desenvolvida por meio de um estudo de caso e da técnica de modelagem de empresas. É uma pesquisa de abordagem qualitativa, fornecendo maior proximidade entre os pesquisadores e os problemas estudados; bem como possui caráter exploratório, fornecendo correlações entre os objetos de estudo para colaborar com futuras pesquisas.

2.1 Estruturação do estudo de caso

Para o desenvolvimento deste trabalho, primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica, de caráter exploratório, sobre fundamentos, princípios e conceitos de Indústrias 4.0. Devido à sua ampla utilização e impacto na comunidade acadêmica internacional (ROMO-FERNÁNDEZ et al., 2011), foram levantados artigos publicados nas bases de dados Scopus e Web of Science. Para selecionar as publicações de interesse, foi pesquisado por meio do título, resumo e palavras-chave, sem restrição ao período de publicação, os seguintes termos: “*Industr* 4.0*”, “*Intelligent Manufacturing*”, “*Smart Compan**”, “*Smart Enterprise*”, “*Smart Fabric*”, “*Smart Factory*” e “*Smart Manufacturing*”.

Após a conclusão da etapa de pesquisa bibliográfica, foi realizada um estudo de caso alicerçado em um roteiro de entrevista, a fim de obter-se informações que possibilitassem realizar o desenvolvimento e posterior apresentação de modelos de empresas relacionados ao processo de adaptação de empresas ao paradigma das Indústrias 4.0. Justifica-se a escolha deste procedimento metodológico por ele ser adequado para o desenvolvimento da pesquisa, tendo em vista que a modelagem de empresas tem sido dominada por abordagens qualitativas (SUZUKI et al., 2012), já que a modelagem qualitativa permite que os modeladores vejam a existência sinérgica da organização em sua totalidade (WHITMAN; GIBSON, 1996). Ainda, justifica-se a escolha de um único caso pelo fato de ele fornecer maior riqueza nos detalhes analisados (BEVERLAND; LINDGREEN, 2010), permitir que o pesquisador capte melhor contexto dentro do qual os fenômenos em estudo ocorrem (BARRATT; CHOI; LI, 2011), ser adequado para as fases iniciais da natureza exploratória de um trabalho de pesquisa (MONDRAGON; MONDRAGON; CORONADO, 2017).

A empresa que participou do estudo de caso possui uma unidade industrial no Brasil, conta com 30 funcionários, e de acordo com seu faturamento é classificada como empresa de médio porte. A empresa é uma das líderes nacionais no fornecimento de *softwares* para indústrias manufatureiras, disponibilizando sistemas de: supervisão; coleta de dados históricos; apresentação de informações sobre eficiência, qualidade e rastreamento; malhas de controle; gerenciamento de alarmes, etc. O profissional entrevistado é um engenheiro eletricitista e tem como responsabilidades implantar as tecnologias de Indústrias 4.0 nas empresas clientes.

2.2 Seleção do método de modelagem de empresas

A modelagem de empresas é uma técnica utilizada para estudar a operação de uma empresa, considerando-a dos seus pontos de vista funcionais, operacionais e/ou de recursos (BHUIYAN; THOMSON, 1999). A modelagem de empresas proporciona benefícios como compreensão das atividades empresariais; atribuição de múltiplas perspectivas nos modelos desenvolvidos; transparência e representação dos processos empresariais; unificação das visões dos diversos *stakeholders*; apoio à tomada de decisão; melhor gerenciamento de processos de mudança; *benchmarking* e a possibilidade de reuso generalizado dos modelos desenvolvidos (KOSANKE; VERNADAT; ZELM, 1999; ONG et al., 2006; RAHIMIFARD; WESTON, 2007).

Pesquisas no campo de modelagem de empresas resultaram no desenvolvimento de uma ampla gama de técnicas de modelagem que fornecem representações visuais para melhorar a compreensão e comunicação sobre a arquitetura de negócios (ROELENS; STEENACKER; POELS, 2017). A seleção da técnica adequada é um dos estágios essenciais em um projeto de modelagem de empresas e pode aumentar substancialmente as chances de sucesso (KASSEM; DAWOOD; MITCHELL, 2011).

A Tabela 1 apresenta uma comparação entre alguns dos principais métodos de modelagem de empresas (CARVALHO; GUERRINI, 2017; DAABOUL et al., 2014; GUERRINI; PELLEGRINOTTI, 2016; LAKHOUA; RAHMOUNI, 2011), visando apresentar se ela atende ou não os quesitos analisados, tidos como importantes para a modelagem de empresas.

Tabela 1 - Comparação entre os principais métodos de modelagem de empresas

Método	Objetivo	Decisão	Atividade	Dados	Organização	Informações	Processo
ARIS	-	-	X	X	X	X	X
CIMOSA	X	-	X	X	X	X	X
GERAM	X	X	-	X	-	X	-
GRAI	-	X	X	-	X	X	X
IDEF	-	-	X	X	-	-	X
ORDIT	-	-	X	X	X	X	-
PERA	X	X	X	X	X	X	-
SADT	-	-	X	-	-	-	X
UML	-	-	X	-	X	-	X
4EM	X	X	X	X	X	X	X

Com o propósito de analisar e realizar a modelagem de empresas, apresentando um Modelo de Processos do projeto de adaptação empresarial ao paradigma das Indústrias 4.0 foi utilizado o método 4EM, pois o mesmo atende integralmente uma série de quesitos que outros métodos não contemplam, leva em consideração os aspectos destacados por Berio e Vernadat (2001) para modelagem de empresas, e o resultado final é um conjunto de modelos conceituais que examinam a empresa e seus requisitos sob uma série de perspectivas inter-

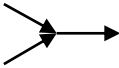
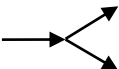
relacionadas (BUBENKO; PERSSON; STIRNA, 2001). Pádua, Cazarini e Inamasu (2004) realizaram um trabalho sobre a captura dos requisitos organizacionais no desenvolvimento de sistemas de informação a partir das técnicas e métodos de modelagem de empresas, no qual avaliaram as principais técnicas. Como resultado, concluiu-se que o 4EM satisfaz 23 dos 28 requisitos técnicos abordados, ao passo que os demais métodos não chegam a cumprir 13 requisitos.

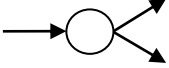
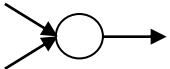
Para Pádua, Cazarini e Inamasu (2004), a utilização do 4EM visa fornecer uma descrição clara e não ambígua de como a organização funciona atualmente, quais são os requisitos e as razões para a mudança, quais alternativas deveriam ser criadas para encontrar esses requisitos e quais são os critérios e argumentos para avaliação dessas alternativas. O 4EM é composto por seis modelos, o Modelo de Objetivos, o Modelo de Regras do Negócio, o Modelo de Processos, o Modelo de Atores e Recursos, o Modelo de Componentes e Requisitos Técnicos e o Modelo de Conceitos.

Neste artigo, é apresentado um Modelo de Processos do projeto de adaptação empresarial ao paradigma das Indústrias 4.0. O Modelo de Processos define as atividades organizacionais e a forma pela qual os processos interagem e manipulam informações e materiais, descreve qual a interação entre os processos do negócio, esclarece as entradas e saídas do processo (BAJEC; KRISPER, 2005; CASTILLO; CAZARINI, 2014), e permite a obtenção de melhorias como *benchmarking*, reengenharia de processos de negócio, gestão por processos e melhoria contínua de processos (GREGORIADES; SUTCLIFFE, 2008; NEUBAUER, 2009).

A Tabela 2 apresenta os principais conectores utilizados no Modelo de Processos do método 4EM (SANDKUHL et al., 2014).

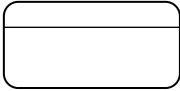

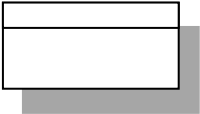
Tabela 2 - Conectores utilizados no Modelo de Processos do método 4EM

Conectores	Finalidades
	<p>É usado para especificar que dois processos se unem para formar um conjunto de informações ou materiais.</p>
	<p>É usado para especificar que um processo se divide para formar dois conjuntos de informações ou materiais.</p>

	<p>É usado para especificar que um conjunto de informações ou materiais se divide para formar dois conjuntos de informações ou materiais, ou para gerar dois processos.</p>
	<p>É usado para especificar que dois conjuntos de informações ou materiais se unem para formar um conjunto de informações ou materiais, ou para gerar um processo.</p>

A notação dos componentes do Modelo de Processos difere da notação usada em outros modelos do método 4EM. A Tabela 3 apresenta os componentes do supracitado modelo (SANDKUHL et al., 2014).

Tabela 3 - Notação dos componentes do Modelo de Processos.

Componente	Descrição
	<p>Processo realizado na organização. É controlado por um conjunto de regras, indicando como processar as entradas e produzir as saídas.</p>
	<p>Conjunto de informações ou materiais enviado de um processo ou processo externo a outro processo.</p>
	<p>Processo realizado externamente à organização. Comunica-se com processos ou atividades da área domínio do problema e é essencial que seja documentado.</p>

3. Modelo de Processos do projeto de adaptação empresarial ao paradigma das Indústrias 4.0

Segundo o profissional entrevistado, para que uma empresa alcance o paradigma das Indústrias 4.0 é necessário que a mesma avalie o que o mercado disponibiliza; analise o que é importante para si a curto, médio e longo prazo; defina as estratégias organizacionais; crie projetos piloto; e disseminação do projeto em outras unidades industriais. De acordo com a experiência obtida pelo profissional em projetos de implantação, as áreas mais afetadas com a adoção de tecnologias da Indústria 4.0 são a TI, automação e alta gerência. Porém, é importante ressaltar que a adequação ao paradigma da Indústria 4.0 é bastante complexa, e assim, as experiências obtidas durante o projeto variam muito entre as organizações.

A Figura 1 apresenta o Modelo de Processos do projeto de adaptação empresarial ao paradigma das Indústrias 4.0. De modo geral, os processos transformam determinadas informações e/ou materiais (*input*) em outras informações e/ou materiais (*output*).

Com a formulação da estratégia da empresa para alcançar a filosofia da Indústria 4.0 (InfoSet 1), deve-se reunir o pessoal da área técnica de engenharia da empresa (Processo 1) para que sejam atribuídos os papéis e responsabilidades de cada funcionário. A realização da(s) reunião(ões) resulta na definição das necessidades da empresa quanto à aquisição de tecnologia(s) da Indústria 4.0 (InfoSet 2). De posse de tal conjunto de definições, deve-se analisar as tecnologias disponíveis no mercado (Processo 2), o que resulta no esboço do projeto (InfoSet 3). Após contratar empresa fornecedora de tecnologias (Processo 3) é um contrato de serviço (InfoSet 4) é elaborado.

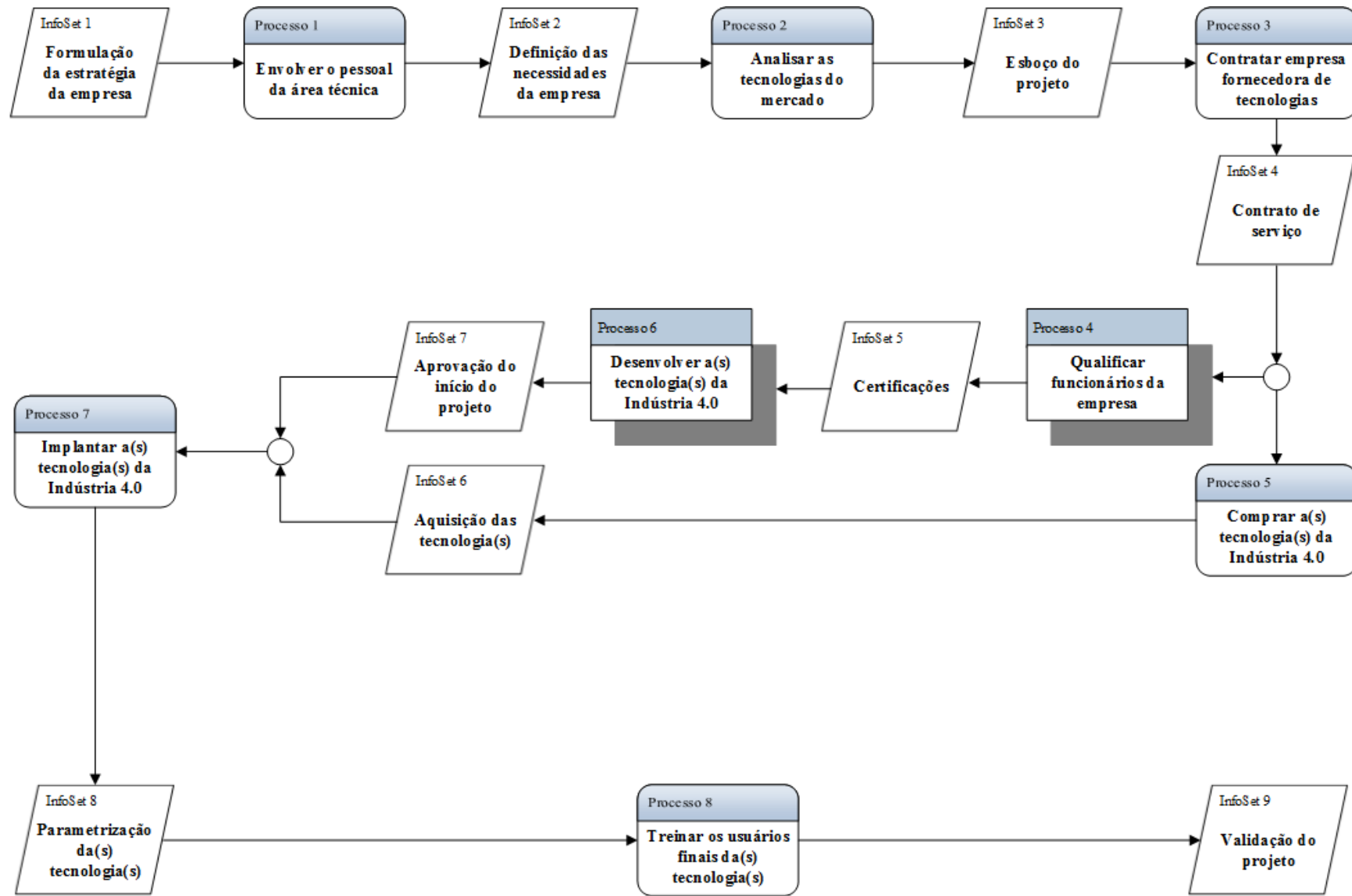
De acordo com o profissional entrevistado, para a execução das atividades do projeto, uma empresa adquirente pode seguir duas estratégias, ambas envolvendo uma empresa fornecedora de tecnologias da Indústria 4.0: qualificar seus próprios funcionários técnicos para que eles mesmos desenvolvam o projeto (Processo 4), ou comprar tecnologia(s) da empresa fornecedora (Processo 5).

Caso a empresa adquirente resolva comprar tecnologia(s) da Indústria 4.0 (Processo 5), após a aquisição da(s) tecnologia(s) (InfoSet 6), inicia-se o processo de implantação (Processo 7). Alternativamente, a qualificação de seus próprios funcionários técnicos (Processo 4), resulta na obtenção de certificações (InfoSet 5). Os profissionais devidamente habilitados desenvolvem a(s) tecnologia(s) da Indústria 4.0 (Processo 6) e apresentam os resultados à

empresa, a qual disponibiliza a aprovação do início do projeto (InfoSet 7), o que resulta no início do processo de implantação (Processo 7).

Segundo o profissional entrevistado, o processo de implantação da(s) tecnologia(s) da Indústria 4.0 (Processo 7) é bastante complexo, envolvendo atividades como integração dos vários departamentos da empresa adquirente, visitas técnicas à empresa, testes da(s) tecnologia(s) implantada(s), etc. A conclusão bem-sucedida do processo de implantação (Processo 7) resulta na parametrização da(s) tecnologia(s) (InfoSet 8). Após os funcionários que serão usuários finais da(s) tecnologia(s) adquirida(s) serem devidamente treinados (Processo 8), o projeto de implantação é validado (InfoSet 9).

Figura 1 - Modelo de Processos



4. Considerações finais

A iniciativa conhecida como Indústria 4.0 tem obtido grande atenção por seu potencial de reunir um conjunto de tecnologias que podem ajudar a conseguir maior eficiência em processos produtivos. A Indústria 4.0 representa a quarta revolução industrial, sendo ao mesmo tempo uma grande oportunidade e um desafio muito complexo e exigente para as empresas.

Considerando que a modelagem de empresas auxilia no desenvolvimento de empresas inteligentes e que a Indústria 4.0 necessita de métodos avançados de modelagem de empresas, esta pesquisa teve como finalidade desenvolver e apresentar um Modelo de Processos do método 4EM para o projeto de adaptação empresarial ao paradigma das Indústrias 4.0. Por meio de uma revisão de literatura sobre métodos utilizados para modelagem de empresas, foi verificado que 4EM é o mais adequado, por ser bastante abrangente.

O Modelo de Processos desenvolvido mapeou os fluxos físico (de profissionais e materiais) e lógico (de informações) realizados durante o projeto de implantação. Este modelo representa uma base adequada para *benchmarking* de empresas interessadas na adaptação ao paradigma da Indústria 4.0, já que não há tanta necessidade de tais empresas entrarem em contato com outras organizações que já se adaptaram. Segundo o profissional entrevistado, o *benchmarking* é bastante importante no âmbito da Indústria 4.0, pois antes de implantarem as tecnologias relacionadas ao paradigma, algumas empresas visitam outras organizações que já desenvolveram projetos semelhantes, a fim de avaliar os resultados obtidos.

Assim como todo trabalho, este artigo apresenta algumas limitações, pois foi desenvolvido com base em um único estudo de caso para explorar os assuntos em questão. Pesquisas posteriores devem fornecer informações mais sistemáticas sobre os tópicos de pesquisa abordados aqui, examinando um conjunto mais amplo de unidades de análise. Considerando que as informações deste estudo de caso são provenientes da experiência de uma empresa fornecedora de tecnologias da Indústria 4.0, o(s) estudo(s) de caso a ser(em) realizado(s) deve(m) contemplar o recorte analítico baseado na visão de empresas usuárias.

Futuras pesquisas podem analisar um maior número de empresas, desenvolver outros modelos do método 4EM e incorporá-los ao modelo aqui apresentado, a fim de contribuir mais significativamente para o desenvolvimento da temática.

REFERÊNCIAS

BAJEC, Marko; KRISPER, Marjan. A methodology and tool support for managing business rules in organisations. **Information Systems**, v. 30, n. 6, p. 423-443, 2005.

BARRATT, Mark; CHOI, Thomas Y.; LI, Mei. Qualitative case studies in operations management: Trends, research outcomes, and future research implications. **Journal of Operations Management**, v. 29, n. 4, p. 329-342, 2011.

BERIO, Giuseppe; VERNADAT, Francois. Enterprise modelling with CIMOSA: functional and organizational aspects. **Production Planning & Control**, v. 12, n. 2, p. 128-136, 2001.

BEVERLAND, Michael; LINDGREEN, Adam. What makes a good case study? A positivist review of qualitative case research published in Industrial Marketing Management, 1971-2006. **Industrial Marketing Management**, v. 39, n. 1, p. 56-63, 2010.

BHUIYAN, Nadia; THOMSON, Vince. The use of continuous approval methods in defence acquisition projects. **International Journal of Project Management**, v. 17, n. 2, p. 121-130, 1999.

BOKRANTZ, Jon et al. Maintenance in digitalised manufacturing: Delphi-based scenarios for 2030. **International Journal of Production Economics**, v. 191, p. 154-169, 2017.

BUBENKO, J. A.; PERSSON, Anne; STIRNA, J. User guide of the knowledge management approach using enterprise knowledge patterns. Stockholm (Sweden), **Department of Computer and Systems Science, Royal Institute of Technology**, 2001.

CARVALHO, Heber Lombardi; GUERRINI, Fábio Müller. Reference model for implementing ERP systems: an analytical innovation networks perspective. **Production Planning & Control**, v. 28, n. 4, p. 281-294, 2017.

CASTILLO, Lucio Abimael Medrano; CAZARINI, Edson Walmir. Integrated model for implementation and development of knowledge management. **Knowledge Management Research & Practice**, v. 12, n. 2, p. 145-160, 2014.

DAABOUL, Joanna et al. Value network modelling and simulation for strategic analysis: a discrete event simulation approach. **International Journal of Production Research**, v. 52, n. 17, p. 5002-5020, 2014.

GORECKY, Dominic; KHAMIS, Mohamed; MURA, Katharina. Introduction and establishment of virtual training in the factory of the future. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 30, n. 1, p. 182-190, 2017.

GREGORIADES, Andreas; SUTCLIFFE, Alistair. A socio-technical approach to business process simulation. **Decision Support Systems**, v. 45, n. 4, p. 1017-1030, 2008.

GUERRINI, Fábio Müller; PELLEGRINOTTI, Cristina Cury. Reference model for collaborative management in the automotive industry. **Production Planning & Control**, v. 27, n. 3, p. 183-197, 2016.

HSU, Chih-Hua; YANG, Haw-Ching. Real-time near-optimal scheduling with rolling horizon for automatic manufacturing cell. **IEEE Access**, v. 5, p. 3369-3375, 2017.

JIA, Shun; TANG, Renzhong; LV, Jingxiang. Machining activity extraction and energy attributes inheritance method to support intelligent energy estimation of machining process. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 27, n. 3, p. 595-616, 2016.

KASSEM, Mohamad; DAWOOD, N. N.; MITCHELL, Donald. A structured methodology for enterprise modeling: a case study for modeling the operation of a British organization. **Journal of Information Technology in Construction**, 2011.

KOSANKE, Kurt; VERNADAT, Francois; ZELM, Martin. CIMOSA: enterprise engineering and integration. **Computers in industry**, v. 40, n. 2-3, p. 83-97, 1999.

KOUSSOURIS, Sotirios et al. Transforming traditional production system transactions to interoperable eBusiness-aware systems with the use of generic process models. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 19, p. 5711-5727, 2010.

LAKHOUA, Mohamed N.; RAHMOUNI, M. Investigation of the methods of the enterprise modeling. **African Journal of Business Management**, v. 5, n. 16, p. 6845, 2011.

LASI, Heiner et al. Industry 4.0. **Business & Information Systems Engineering**, v. 6, n. 4, p. 239-242, 2014.

LIU, Mingzhou et al. Intelligent assembly system for mechanical products and key technology based on internet of things. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 28, n. 2, p. 271-299, 2017.

MONDRAGON, Adrian E. Coronado; MONDRAGON, Christian E. Coronado; CORONADO, Etienne S. ICT adoption in multimodal transport sites: Investigating institutional-related influences in international seaports terminals. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 97, p. 69-88, 2017.

NEUBAUER, Thomas. An empirical study about the status of business process management. **Business Process Management Journal**, v. 15, n. 2, p. 166-183, 2009.

OH, Eunsung; SON, Sung-Yong. Toward dynamic energy management for green manufacturing systems. **IEEE Communications Magazine**, v. 54, n. 10, p. 74-79, 2016.

ONG, M. H. et al. A structured approach to evaluating the impact of implementing a component-based system in the automotive engine manufacturing domain. **International Journal of Production Research**, v. 44, n. 13, p. 2645-2670, 2006.

PÁDUA, SID de; CAZARINI, Edson Walmir; INAMASU, Ricardo Yassushi. Modelagem organizacional: captura dos requisitos organizacionais no desenvolvimento de sistemas de informação. **Gestão & Produção**, v. 11, n. 2, p. 197-209, 2004.

RAHIMIFARD, Aysin; WESTON, R. The enhanced use of enterprise and simulation modelling techniques to support factory changeability. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 20, n. 4, p. 307-328, 2007.

ROBLEK, Vasja; MEŠKO, Maja; KRAPEŽ, Alojz. A complex view of industry 4.0. **SAGE Open**, v. 6, n. 2, p. 2158244016653987, 2016.

ROELENS, Ben; STEENACKER, Wout; POELS, Geert. Realizing strategic fit within the business architecture: the design of a Process-Goal Alignment modeling and analysis technique. **Software & Systems Modeling**, p. 1-32, 2017.

ROMO-FERNÁNDEZ, Luz M. et al. Analysis of Europe's scientific production on renewable energies. **Renewable energy**, v. 36, n. 9, p. 2529-2537, 2011.

SANDKUHL, Kurt et al. **Enterprise modeling: tackling business challenges with 4EM method**. Heidelberg: Springer-Verlag, 2014.

SEPULCRE, Miguel; GOZALVEZ, Javier; COLL-PERALES, Baldomero. Multipath QoS-driven routing protocol for industrial wireless networks. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 74, p. 121-132, 2016.

SHAFIQ, Syed Imran et al. Virtual Engineering Object / Virtual Engineering Process: A specialized form of Cyber Physical System for Industrie 4.0. **Procedia Computer Science**, v. 60, p. 1146-1155, 2015.

SHAFIQ, Syed Imran et al. Virtual engineering factory: Creating experience base for industry 4.0. **Cybernetics and Systems**, v. 47, n. 1-2, p. 32-47, 2016.

SUZUKI, Yoichiro et al. Simulation based process design: Modeling and applications. **Advanced Engineering Informatics**, v. 26, n. 4, p. 763-781, 2012.

UHLMANN, Eckart; HOHWIELER, Eckhard; GEISERT, Claudio. Intelligent production systems in the era of Industrie 4.0—changing mindsets and business models. **Journal of Machine Engineering**, v. 17, 2017.

UPASANI, Kartikeya et al. Distributed maintenance planning in manufacturing industries. **Computers & Industrial Engineering**, v. 108, p. 1-14, 2017.

WHITMAN, Michael E.; GIBSON, Michael L. Enterprise modeling for strategic support. **Information Systems Management**, v. 13, n. 2, p. 64-72, 1996.

ZHONG, Ray Y. et al. Visualization of RFID-enabled shopfloor logistics Big Data in Cloud Manufacturing. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 84, n. 1-4, p. 5-16, 2016.