

Revista da Universidade Vale do Rio Verde
ISSN: 1517-0276 / EISSN: 2236-5362
Vol. 16 | n. 1 | Ano 2018

Adriano Pereira

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Administração, UFSM
peradri@gmail.com

Eugênio de Oliveira Simonetto

Professor do Programa de Pós-Graduação em Administração, UFSM
eosimonetto@ufsm.br

RESUMO

Mudanças nos processos produtivos vem ocorrendo ao longo dos anos. As três revoluções Industriais, ocorridas ao longo de 200 anos, foram marcos históricos dessas alterações, sendo estudadas após ocorrerem. A quarta revolução industrial vem sendo chamada de Indústria 4.0 e, pela primeira vez, é investigada antes de ocorrer, ou enquanto está acontecendo. Trata-se de uma revolução baseada na inclusão de tecnologias como os Sistemas Ciber-Físicos e a Internet das Coisas nos processos produtivos, possibilitando uma maior autonomia na tomada de decisão, e maior transparência nas relações entre humanos e máquinas. Este artigo buscou trazer uma série de conceitos relacionados com a Indústria 4.0, bem como verificar perspectivas para o mercado brasileiro. Para tanto, utilizou-se como metodologia a pesquisa bibliográfica, analisando diferentes materiais disponíveis na literatura. A partir do trabalho, verificou-se que a Indústria 4.0 reúne tecnologias já disponíveis, porém utilizadas em outros campos, e que o mercado brasileiro precisa tomar providências para sua implantação, o que pode levar a uma maior competitividade em nível internacional.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Conceitos. Perspectivas para o Brasil. Sistemas Ciber-Físicos. Internet das Coisas.

INDUSTRY 4.0: CONCEPTS AND PERSPECTIVES TO BRAZIL

ABSTRACT

Changes in production process has been occurring over the years. The three Industrial Revolutions were historic landmarks, occurred along 200 years, and they had been studied after they happen. The fourth Industrial Revolution has been called Industry 4.0 and, for the first time, it is been studied before it occurs, or while it is occurring. Industry 4.0 is a revolution based on technological insertions, like Cyber-Physical Systems and Internet of Things, in the production processes. These technologies allow greater autonomy in decision making, as well as easier relations between humans and machines. This paper aims to bring concepts related to Industry 4.0, and perspectives to Brazilian market. Bibliographical research method was used to achieve paper's goal, and different kinds of materials were investigated. Based on the research, it was noticed that Industry 4.0 uses technologies already available, but used in different areas. Furthermore, measures have to be taken in Brazilian market, in order to implant Industry 4.0, what can lead to greater competitiveness in global levels.

Keywords: Industry 4.0. Concepts. Perspectives. Cyber-Physical Systems. Internet of Things.

1. INTRODUÇÃO

A evolução da tecnologia tem levado a mudanças nos paradigmas de produção; três marcos históricos foram definidos como Revoluções Industriais, estudados após acontecerem (LASI et al., 2014). A Primeira Revolução Industrial (1780) foi impulsionada pela concepção dos teares mecânicos dirigidos por motores a vapor, e culminou na centralização do processo de produção em fábricas; a Segunda Revolução ocorreu cerca de 100 anos depois, e tem como marca a inserção das linhas de produção e a construção do Ford T; a Terceira Revolução Industrial ocorreu no final da década de 1960, e é marcada pela apresentação do primeiro controlador lógico programável, que permite a programação de sistemas digitais (DRATH; HORCH, 2014).

Em 2011, na Alemanha, o termo “Indústria 4.0” (tradução de *Industrie 4.0*) foi apresentado, referindo-se ao que seria a Quarta Revolução Industrial (DRATH; HORCH, 2014). Trata-se de um fenômeno que está guiando as transformações nos processos de produção e que vem sendo estudada *a priori*, isto é, antes de acontecer (ou durante o seu acontecimento), diferentemente dos outros três marcos passados (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016). A Indústria 4.0 está alicerçada em tecnologias como a Internet das coisas e objetos inteligentes, construindo sistemas com maior capacidade de

autogestão, possibilitando uma maior customização dos produtos sem perder as vantagens da produção em massa (LASI et al., 2014).

A Indústria 4.0 prevê a integração entre humanos e máquinas, mesmo que em posições geográficas distantes, formando grandes redes e fornecendo produtos e serviços de forma autônoma (SILVA; SANTOS FILHO; MIYAGI, 2015). A Indústria 4.0 pode agregar valor a toda a cadeia organizacional, a partir de mudanças que afetarão diversos níveis dos processos produtivos, como a manufatura, o projeto, os produtos, as operações e os demais sistemas relacionados à produção (FIRJAN, 2016). Ela está ligada aos sistemas Ciber-Físicos, isto é, equipamentos dotados de uma representação virtual, conectados através da Internet das Coisas, capazes de trocar informações acessando dados em tempo real para dispararem ações autônomas (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; LASI et al., 2014).

Diferentes áreas estão estudando a Indústria 4.0, como administração, engenharia elétrica, ciência da computação, entre outras (LASI et al., 2014). Por ser estudada antes de acontecer, ou enquanto está acontecendo, uma série de questões podem ser envolvidas com a quarta revolução industrial. Dessa forma, é de interesse estudar conceitos relacionados com a Indústria 4.0, e as perspectivas para o cenário nacional. Este artigo tem como objetivo abordar uma série de conceitos que estão envolvidos com

a Indústria 4.0, bem como apresentar perspectivas para o Brasil, com base em um estudo em bibliografia especializada.

O artigo está organizado em 5 seções, contando esta introdução. A seção 2 traz a metodologia aplicada na pesquisa; a seção 3 traz conceitos relacionados com a Indústria 4.0; a seção 4, por sua vez, aborda perspectivas para o Brasil; e, por fim, a seção 5 traz uma discussão, concluindo o trabalho.

2. MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica, o que, segundo Gil (2008, p.50), “é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”. Ainda segundo o autor, a pesquisa bibliográfica tem como principal vantagem a possibilidade de cobrir uma série de fenômenos mais ampla do que poderia ser feito diretamente, especialmente quando o problema requer dados espalhados geograficamente, como é o caso do estudo da Indústria 4.0 abordado neste artigo. Na pesquisa bibliográfica, a escolha e avaliação das fontes utilizadas é de suma importância, já que o uso de fontes secundárias mal conduzidas pode levar a um trabalho incorreto (GIL, 2008).

A condução da pesquisa bibliográfica consiste na consulta de diferentes tipos de materiais bibliográficos, buscando reunir conhecimento sobre a temática de interesse e, assim, atribuir a eles uma nova leitura (RAUPP; BEUREN, 2006).

A pesquisa bibliográfica usualmente faz parte de todas as pesquisas, mas algumas são

exclusivamente conduzidas dessa forma (GIL, 2008); ela não pode ser aleatória, e deve ser conduzida a partir de um conjunto de procedimentos atentos ao assunto abordado, de forma não aleatória (LIMA; MIOTO, 2007).

Para a condução deste trabalho, foram buscados materiais tanto em bibliografia predominantemente acadêmica, como livros, periódicos e anais de eventos, bem como em publicações de organizações brasileiras vinculadas com a indústria. A continuação do texto traz os resultados dessa pesquisa bibliográfica.

3. CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0

O termo Indústria 4.0 foi utilizado pela primeira vez em 2011, na Feira de Hanover, Alemanha, para definir o que seria a Quarta Revolução Industrial (DRATH; HORCH, 2014), vindo após três revoluções que resultaram da mecanização, eletricidade e das tecnologias da informação (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

A introdução das tecnologias da Internet na indústria pode ser vista como a grande base tecnológica para a Indústria 4.0; embora a maior parte das tecnologias que possibilitam o acontecimento da Indústria 4.0 esteja disponível, elas são utilizadas em outras áreas (DRATH; HORCH, 2014). Os autores apresentam três hipóteses para auxiliarem o entendimento dos Sistemas Ciber-Físicos (*Cyber-Physical Systems - CPS*), discutidas a seguir; segundo eles, a Indústria 4.0 está intimamente relacionada aos CPS:

1. A primeira hipótese trata da comunicação em sistemas de produção, que está cada vez mais fácil devido à maior disponibilidade de infraestrutura. Assim, a comunicação pode ser feita em qualquer lugar, auxiliando serviços de engenharia, configuração, diagnósticos, operação, entre outros. Essa tendência, segundo os autores, é imparável, e não é forçada por ninguém.
2. Dispositivos de campo, máquinas, fábricas e até mesmo produtos individuais estarão conectadas a uma rede, como a Internet, e serão capazes de armazenar dados em tempo real. Esses dispositivos poderão ser acessados através da rede a partir de qualquer lugar, podendo ser buscados e analisados.
3. Dispositivos de campo, máquinas, fábricas e até mesmo produtos individuais terão capacidade de armazenar documentos e conhecimento sobre si dentro da rede, fora de sua estrutura física. Essas informações podem ser atualizadas com o passar do tempo e, a partir delas, algumas funcionalidades podem ser executadas, como negociações.

Sistemas Ciber-Físicos necessitam três níveis, segundo Drath e Horch (2014): (i) os objetos físicos; (ii) modelos de dados dos objetos físicos, representados na rede; e (iii) serviços baseados nos dados disponíveis. Assim, diferentes tipos de entidades de produção na indústria serão capazes de negociarem entre si, e sistemas interconectados poderão ser testados e simulados (DRATH; HORCH, 2014).

As fábricas inteligentes são pontos-chave para a Indústria 4.0, na busca pela criação de produtos, processos e procedimentos inteligentes; tratam-se de plantas capazes de tratar complexidades maiores, menos propensas a interrupções, onde humanos e máquinas comunicam-se entre si de forma natural, como em uma rede social (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013). Campos como engenharia, planejamento, manufatura, operação e processos logísticos terão maior qualidade, flexibilidade e robustez com a Quarta Revolução Industrial, que poderá levar a cadeias de valores auto-organizáveis (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

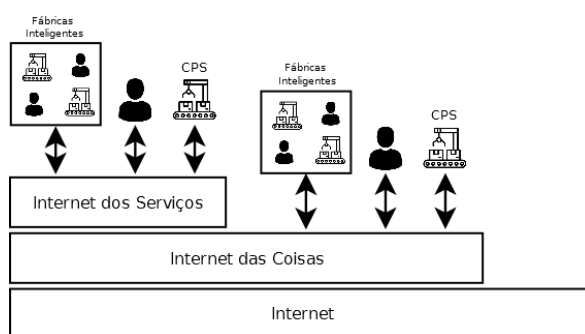
Para Hermann, Pentek e Otto (2016) a Indústria 4.0 é composta por quatro componentes, a saber: (i) Sistemas Ciber-Físicos; (ii) Internet das Coisas; (iii) Internet de Serviços; e (iv) Fábricas Inteligentes. Os CPS são os componentes que integram o mundo físico ao virtual; são equipamentos que armazenam dados sobre o seu estado e realizam operações. A conectividade da Indústria 4.0 é obtida através da Internet das Coisas (*Internet of Things – IOT*), que integra os mais diferentes objetos de nosso cotidiano e aumenta a ubiquidade da Internet, construindo uma rede de comunicação entre pessoas e dispositivos (XIA et al., 2012). A Internet dos Serviços (*Internet of Services – IOS*), permite a oferta e demanda de serviços utilizando a estrutura da Internet (BUXMANN; HESS; RUGGABER, 2009). As Fábricas Inteligentes são formadas a partir da conectividade da Internet das Coisas e disponibilização de serviços da Internet dos Serviços, e são capazes de gerenciar altas

complexidades, com humanos e máquinas comunicando-se como em uma rede social (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013); são plantas onde as demandas são realizadas pelos CPS, comunicando-se através da IOT (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

Dessa forma, a estrutura da Indústria 4.0 pode ser vista como um conjunto de CPS, pessoas

e fábricas inteligentes, interagindo entre si, utilizando recursos da Internet dos Serviços e da Internet das Coisas, que, por sua vez, estão sobre a Internet. A Figura 1 ilustra essa estrutura.

Figura 1 – Estrutura da Indústria 4.0



Fonte: os autores (2018)

Lasi et al. (2014) trazem uma série de conceitos relacionados à Indústria 4.0:

1. *Auto-organização* obtida a partir da descentralização dos sistemas de manufatura.
2. *Novos sistemas de distribuição e aquisição*, visto que os processos envolvidos serão mais individualizados, conectados e tratados a partir do uso de diferentes canais.
3. *Novos sistemas no desenvolvimento de produtos e serviços*, pois esses desenvolvimentos serão concebidos de forma individual, com abordagens de inovação aberta, inteligência e memória de produto.

4. *Adaptação às necessidades humanas*, ao invés do oposto.
5. *Responsabilidade social da corporação*, já que o foco em sustentabilidade e gestão eficiente de recursos vêm crescendo nos processos de manufatura.

A predição de falhas, autoconfiguração e adaptação a mudanças são características da Indústria 4.0, e serão obtidas a partir da conexão entre sensores, ambientes de trabalho, máquinas e sistemas de TI, utilizando protocolos da Internet, trazendo maior eficiência e redução de custos aos processos (RÜßMANN et al., 2015). Segundo os autores, a Indústria 4.0 é sustentada por 9 pilares tecnológicos. Os pilares tecnológicos são:

1. Big data e análise de dados: grandes quantidades de dados sobre a manufatura podem ser obtidos de diversas fontes, como os equipamentos de produção, sistemas de gestão de empresas e clientes, analisados e, assim, utilizados para a tomada de decisão em tempo real.
2. Robôs autônomos: robôs já são utilizados na indústria, porém eles tendem a ser mais autônomos, podendo trabalhar ao lado dos humanos de forma segura, custando menos e tendo maiores capacidades.
3. Simulação: a tomada de decisão poderá ser auxiliada pelas simulações, que utilizarão informações obtidas em tempo real. A otimização de parâmetros poderá ser feita a partir de testes de otimização, feitos com modelos virtuais.
4. Integração de sistemas horizontal e verticalmente: sistemas estarão mais integrados, até mesmo em redes intercompanhias, o que possibilitará maior automação.
5. A Internet das Coisas Industrial: a interação entre os mais diversos equipamentos será obtida pela Internet das Coisas Industrial, conectando equipamentos com processamento embarcado, auxiliando a obtenção de respostas em tempo real.
6. Segurança cibernética: a maior conectividade demandará maiores proteções contra ataques cibernéticos, e, assim, impulsionará a construção de novas tecnologias para este fim.
7. Nuvem: O uso da computação em nuvem, que já vem sendo utilizada em aplicações empresariais e análise de dados, aumentará com a Indústria 4.0, contribuindo para ganhos em performance das tecnologias envolvidas, auxiliando questões entre companhias.
8. Fabricação de aditivos: a Indústria 4.0 possibilitará a construção de produtos customizados, de forma descentralizada, reduzindo despesas com estoque, a partir do uso de tecnologias como as impressoras 3D.
9. Realidade aumentada: a tomada de decisão e o desenvolvimento de procedimentos serão auxiliados pela realidade aumentada, que suporta uma grande variedade de sistemas.

4. PERSPECTIVAS PARA O BRASIL

Em publicação de 2016, a FIRJAN apontou a relação da Indústria 4.0 para o Brasil. Na publicação, indica-se que grande parte da indústria brasileira está transitando entre a segunda e a terceira revoluções industriais, ou seja, entre o uso de linhas de montagem e a aplicação da automação. O setor mais adiantado em relação à Indústria 4.0, segundo a publicação, é o setor automotivo, cujos profissionais estão em constante atualização para atender às demandas. A indústria automotiva tem um grande número de profissionais, que podem ser aproveitados em outros setores (FIRJAN, 2016). O aumento da competitividade da indústria brasileira, em nível mundial, pode ser impulsionado a partir da

aplicação da digitalização, potencializando a economia, o que pode ser visto como uma predisposição para o uso de tecnologias da Indústria 4.0 no cenário brasileiro (FIRJAN, 2016).

A implantação da Indústria 4.0 no cenário brasileiro traz desafios como: (i) a construção de políticas estratégicas, incentivos governamentais; (ii) a reunião de empresários e gestores com postura proativa; e (iii) o desenvolvimento tecnológico e formação de profissionais, próximos à indústria (FIRJAN, 2016).

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2017) identificou cinco eixos de atuação para que o Brasil possa seguir em busca de uma aproximação com a Indústria 4.0, como uma forma de “manufatura avançada”. Esses eixos foram construídos a partir de uma pesquisa realizada com instituições alemãs, e são:

1. *Criação de um programa brasileiro de manufatura avançada*: a partir da definição de uma estrutura de governança, envolvendo representantes de diversos setores, deve-se buscar um direcionamento, definindo uma agenda de discussões. Com isso, um processo de implantação pode ser estabelecido, tendo por base experiências de outros países, como a Alemanha. O foco do trabalho deve ser, principalmente, as empresas, apoiado por centros de pesquisas e universidades. Finalmente, pode-se implantar um escritório de projetos, buscando alinhar os atores envolvidos.
2. *Buscar acordo bilateral com a Alemanha, entre o programa de manufatura*

avançada criado e o alemão Indústria 4.0: buscar o engajamento de empresas e órgãos de apoio alemães no Brasil, estabelecendo parcerias e bases de investimento. Também é preciso buscar empresas brasileiras com fábrica na Alemanha, para que enviem representantes e, com isso, sejam criados grupos de trabalho, possibilitando a absorção de conhecimento. Apoio técnico especializado da Alemanha deve ser contratado, para a construção de redes (ambientes) de testes e simulações. A importância da participação do Brasil em feiras-chave para a Indústria 4.0 na Alemanha também é um ponto que deve ser avaliado.

3. *Criação de uma rede de testbeds de manufatura avançada no Brasil: testbeds* são ambientes de teste e demonstração de tecnologias, que buscam simular a realidade de ambientes de produção. Dessa forma, o terceiro eixo trata de, primeiramente, definir uma estratégia para impulsionar a infraestrutura existente como *testbeds*. Posteriormente, busca-se construir uma fábrica de demonstração, e construir modelos para contratos de uso das *testbeds* por empresas privadas.
4. *Alinhamento e criação de linhas de fomento*: buscar alocação de recursos nas Fundações de Apoio a Pesquisa estaduais e federais, bem como a definição de linhas específicas para a construção de *testbeds* e programas específicos para atender lacunas de financiamento.

5. *Engajamento de pequenas e médias empresas (PME)*: através da construção de programas, disseminar e capacitar conceitos da Indústria 4.0. Propor iniciativas para facilitar o uso de *testbeds* por PME, bem como definir ações para fomentar o engajamento dessas empresas.

A partir desses cinco eixos, espera-se que a indústria brasileira caminhe em direção de uma manufatura avançada, ou seja, possa estar alinhada com os princípios da Indústria 4.0, tornando-se mais competitiva.

5. CONCLUSÃO

A Quarta Revolução Industrial vem sendo chamada de Indústria 4.0 e, pela primeira vez, não está sendo estudada após ocorrer. Trata-se de uma revolução dos processos de manufatura, tendo por base, entre outras tecnologias, os Sistemas Ciber-Físicos e a Internet das Coisas. Os CPS são equipamentos com capacidade de integrar seu corpo físico ao mundo virtual, com capacidade de representar seu estado a partir da coleta de informações em tempo real, e tomar decisões autônomas. A Internet das Coisas, por sua vez, faz uso da disponibilidade cada vez maior de infraestrutura de comunicação para formar grandes redes, conectando os mais diversos objetos de nosso cotidiano, como os CPS. A partir da Indústria 4.0, maiores complexidades poderão ser tratadas em processo produtivos, obtendo produtos personalizados a preços competitivos.

Este artigo trouxe conceitos relativos à Indústria 4.0 e perspectivas para o cenário

brasileiro. Para tanto, fez-se uso da metodologia de pesquisa bibliográfica, analisando uma série de documentos publicados. Dentre os conceitos explorados, tem-se aqueles relativos às tecnologias que englobam a Indústria 4.0, como a Internet das Coisas e os CPS; as fábricas inteligentes e a Internet dos Serviços, além de características desta quarta Revolução Industrial e pilares que a sustentam.

No que tange as perspectivas, a partir da análise de documentos de duas organizações brasileiras relacionadas à indústria (FIRJAN e ABDI), verificou-se que a indústria brasileira, em boa parte, ainda está entre a segunda e a terceira revoluções industriais, e que o setor automotivo é o que está mais próximo da Indústria 4.0. Por outro lado, o uso de tecnologias pode aumentar a competitividade da indústria brasileira perante o mercado global, o que pode ser visto como uma predisposição para a Indústria 4.0.

Ainda sobre as perspectivas para o Brasil, cinco eixos foram propostos pela ABDI, buscando uma “manufatura avançada”, com base no programa de Indústria 4.0 alemão. Os eixos vão desde a criação de um programa brasileiro, passam pela busca de acordo com organizações alemãs, pela criação de uma rede de testes e simulação, pela criação e pelo alinhamento de linhas de fomento, e, finalmente, engajamento de pequenas e médias empresas. Dessa forma, espera-se que o Brasil possa traçar um caminho em direção à consolidação da Indústria 4.0.

Assim, este artigo atingiu o seu objetivo de trazer uma série de conceitos relacionados com a Indústria 4.0, e apresentar perspectivas para o cenário brasileiro. Como trabalhos futuros, tem-se

a construção de um simulador da produção na Indústria 4.0, com base nos conceitos aqui

REFERÊNCIAS

ABDI. **Inovação, Manufatura Avançada e o Futuro da Indústria**: uma Contribuição ao Debate sobre as Políticas de Desenvolvimento Produtivo. Brasília, 2017.

BUXMANN, P.; HESS, T.; RUGGABER, R. Internet of services. **Business & Information Systems Engineering**, Springer, v. 1, n. 5, p. 341, 2009.

DRATH, R.; HORCH, A. Industrie 4.0: Hit or hype? **IEEE industrial electronics magazine**, v. 8, n. 2, p. 56–58, 2014.

FIRJAN. **Indústria 4.0**: Panorama da Inovação. 2016.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas, 2008.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: **Hawaii International Conference on Systems Science**. 2016. p. 3928–3937.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Securing the future of German manufacturing industry**: Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Frankfurt, 2013.

LASI, H.; FETTKE, P.; KEMPER, H.-G.; FELD, T.; HOFFMANN, M. Industry 4.0. **Business & Information Systems Engineering**, Springer, v. 6, n. 4, p. 239–242, 2014.

LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Revista Katálysis**, v. 10, 2007.

RAUPP, F. M.; BEUREN, I. M. Metodologia da Pesquisa Aplicável às Ciências. **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2006.

RÜBMAN, M.; LORENZ, M.; GERBERT, P.; WALDNER, M.; JUSTUS, J.; ENGEL, P.; HARNISCH, M. **Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries**. Boston Consulting Group, v. 9, 2015.

abordados, possibilitando a avaliação de cenários de produção e a tomada de decisão.

SILVA, R. M. da; SANTOS FILHO, D. J.; MIYAGI, P. E. Modelagem de Sistema de Controle da Indústria 4.0 Baseada em Holon, Agente, Rede de Petri e Arquitetura Orientada a Serviços. In: **XII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente**. Natal, 2015.

Adriano Pereira

Possui graduação em Ciência da Computação (UFSM), Especialização em Aplicações para Web (FURG) e Mestrado em Ciência da Computação (UFSM). Atualmente é aluno de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Administração (UFSM).

Eugênio de Oliveira Simonetto

Possui graduação em Análise de Sistemas pela Universidade Católica de Pelotas (1995), mestrado em Ciência da Computação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1998), doutorado em Administração (Área: Sistemas de Informação e Apoio à Decisão) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2004) e estágio pós-doutoral em Produção e Sistemas na Universidade do Minho - Portugal (2016). Atualmente é professor adjunto no Departamento de Ciências Administrativas da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Tem experiência na área de modelagem de sistemas de apoio a decisão
