

PROPOSTA DE MODELO DE MATURIDADE DOS CONCEITOS E TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 PARA O SETOR SUCROENERGÉTICO

Clésio Aparecido Marinho; clesio.marinho@yahoo.com.br; Universidade Federal de São Carlos (UFSCar);
Juliano Endrigo Sordan; julianosordan@yahoo.com.br; Universidade Federal de São Carlos (UFSCar);
Pedro Carlos Oprime; pedro@dep.ufscar.br; Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

RESUMO: Modelos de Maturidade medem ou monitoram adaptações de organizações diante de novas práticas gerenciais ou tecnológicas, refletem a realidade e direcionam decisões na busca de melhorias realizadas ou a fazer. O presente artigo tem como objetivo propor um modelo de maturidade para avaliar a implementação de conceitos e tecnologias da Indústria 4.0 na área industrial de usinas de setor sucroenergético. O modelo foi desenvolvido através da análise comparativa de modelos de maturidade existentes na literatura e tem como referência de construção os critérios do Prêmio Nacional da Qualidade. O foco principal do modelo é identificar as ferramentas tecnológicas de gestão de processos produtivos, que compreendem a coleta, armazenamento e análise de dados, e que possibilita atingir um melhor rendimento empresarial.

PALAVRAS-CHAVE: Modelo de Maturidade; Indústria 4.0; Análise de Dados; Sucroenergético.

ABSTRACT: Maturity models measure or monitor adaptations of organizations in the face of new management or technological practices, reflect the reality to direct decisions in the search for improvements made or to be made. This article aims to propose a maturity model to evaluate the implementation of concepts and technologies of Industry 4.0 in the industrial area of sugar-energy plants. The model was developed through the comparative analysis of maturity models existing in the literature and has as a reference for construction the criteria of the National Quality Award. The main focus of the model is to identify the technological tools of management of production processes, which comprise the collection, storage, and analysis of data, and which allows achieving a better business performance

KEYWORDS: Maturity Model; Industry 4.0; Data analysis; Sucroenergetic.

Introdução

O paradigma da quarta revolução industrial, também conhecido como “Indústria 4.0” representa um importante desafio para as organizações que almejam converter seus atuais processos de fabricação para o modelo de manufatura digital, com o propósito de obter vantagens competitivas por meio da atualização tecnológica. Neste cenário, surgem novas oportunidades e desafios na gestão da manufatura ao possibilitar o uso e integração de tecnologias como Internet Industrial das Coisas (IIoT), Simulação, robótica avançada, computação em nuvem, manufatura aditiva e realidade aumentada (RÜßMANN et al., 2015).

Quando se trata de medir ou monitorar as adaptações das organizações diante de novas práticas ou modos de operação, tanto no que se refere aos aspectos gerenciais como nos tecnológicos, se utiliza o termo “maturidade” para análise das adaptações realizadas ou a fazer. Esse termo, implica em algum progresso no desenvolvimento, ou seja, monitorar as capacidades ao longo

do tempo em relação a realização de um estado futuro desejável, que pode ser analisada de forma qualitativamente ou quantitativamente (SCHUMACHER *et al.*, 2016).

Portanto, um modelo de maturidade serve como um guia para avaliação da posição atual da organização no caminho de uma evolução planejada, pois fornece parâmetros e metas que precisam ser cumpridos para atingir determinados estágios de níveis de desempenho ou atributos (BECKER *et al.*, 2009).

Este trabalho apresenta uma análise comparativa entre modelos de maturidade da Indústria 4.0 com a proposta de um modelo de maturidade para ser aplicação ao Setor Sucroenergético. Foram utilizadas análises comparativas entre os modelos levantadas na revisão bibliográfica, possibilitando identificar aspectos construtivos e de aplicação, para que sejam a base para o desenvolvimento de um novo modelo. A seguir são apresentadas considerações sobre a Indústria 4.0 e Modelos de Maturidade, assim como as etapas executadas na construção do modelo de avaliação do nível de maturidade.

2. Referencial Teórico

2.1. Indústria 4.0

Nas últimas décadas, a humanidade obteve avanços tecnológicos significativos, proporcionando ganhos de produtividade consistentes, desde os primórdios da Revolução Industrial. Os motores a vapor e a eletricidade são exemplos do impacto da tecnologia na sociedade moderna do século XX, que alavancou a produção aos patamares inimagináveis a época. Entretanto, para alguns autores, os ganhos de produtividade, a partir dos anos 70, foram obtidos por meio de inovações apenas incrementais (RÜßMANN *et al.*, 2015). A competitividade da manufatura do século XXI converge na integração do físico com o digital, de forma que o *hardware*, combinado com ferramentas de *software*, resulta em controles de processos mais sofisticados, além do relacionamento mais próximo com fornecedores e clientes (GIFFI *et al.* 2015).

Os avanços da Indústria 4.0 (I 4.0) afloram o uso e a integração de tecnologias, como a Internet Industrial das Coisas – IIoT, simulação, robótica avançada, computação em nuvem, manufatura aditiva e realidade aumentada e virtual (SCHWAB, 2017). O fato é que essas tecnologias influenciam todos os aspectos da vida humana, desde o restaurante, ao supermercado, bancos, indústria e a agricultura. Neste contexto, um dos grandes desafios das indústrias no século XXI

será a criação de redes integradas horizontalmente ao longo de toda a cadeia de valor (RÜßMANN *et al.*, 2015).

A integração vertical da produção de bens e serviços eleva a novos patamares de desempenho um grupo seleto de empresas com processos digitalizados em um novo paradigma da indústria mundial. Há indicações na literatura que a utilização de tecnologias, em especial na captação, armazenamento, análises e transmissão de dados, com os recursos humanos integrados à essas novas tecnologias, sejam apontados como uma das barreiras e ao mesmo tempo e elementos centrais nos avanços em direção à I4.0 (BECKER *et al.*, 2009).

2.2. Modelos de maturidade e Indústria 4.0

Quando se trata de medir ou monitorar as adaptações das organizações diante de novas práticas quanto aos aspectos gerenciais ou tecnológicos, se utiliza o termo maturidade para analisar as adaptações realizadas ou a fazer (SCHUMACHER *et al.*, 2016). Portanto, um modelo de maturidade serve como um guia para avaliação da posição atual de uma organização no caminho de uma evolução planejada, pois fornece parâmetros e metas que precisam ser cumpridos para atingir determinados estágios de desempenho ou a implementação de atributos (BECKER *et al.*, 2009).

Modelos de maturidade contemplam níveis e dimensões que refletem aspectos da realidade para classificar capacidades de determinados domínios de interesse, que podem ser usados para análises e comparações (O'DONOVAN *et al.*, 2016). Os níveis são rótulos ordinais que significam estágios de maturidade, enquanto as dimensões representam capacidades específicas do domínio de interesse. Um nível de maturidade consiste na consolidação de práticas gerais e específicas relacionadas a um conjunto de processos predefinidos que aumentam a performance geral de uma empresa, ou de um objetivo específico (SOUZA; GOMES, 2015).

O conteúdo de cada dimensão pode ser derivado de métodos qualitativos de pesquisa, incluindo estudos de caso, grupos focais, e outras metodologias de geração de ideias e tomada de decisão (O'DONOVAN *et al.*, 2016). Desta forma, antes de iniciar um projeto de transformação digital, precisa-se analisar o estado atual de utilização dos conceitos e tecnologias da I 4.0, utilizando-se de uma análise sistemática e estratégica. Para esta análise, um modelo de maturidade se torna uma ferramenta capaz de apoiar a análise e traçar estratégias corporativas. Por meio da revisão da literatura foram selecionados para o estudo sete modelos de maturidade os quais estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Modelos de Maturidade estudados.

Modelo / Autor	Dimensões / Estágios	Maturidade
Modelo de Maturidade Empresarial Conectada - Rockwell (2014):	Avaliação da infraestrutura de TI e TO; Redes e Controles Seguros e Atualizados; Definição e Organização dos Dados; Análises de Dados; Colaboração entre setores;	Evolução entre os estágios de 1 a 5
Disponibilidade para Indústria 4.0 – IMPULS Lichtblau <i>et al.</i> (2015)	Estratégia e Organização; Fábricas Inteligentes; Operações Inteligentes; Produtos Inteligentes; Serviços Derivados de Dados; Força de Trabalho;	Nível 0, leigo, fora do conceito da I 4.0 e nível 5, Melhor Desempenho
Indústria 4.0: Construindo uma Empresa Digital - Geissbauer <i>et al.</i> (2016):	Modelo de Negócios Digitais e Acesso ao Cliente; Digitalização de Produtos e Serviços; Digitalização e Integração das Cadeias de Valor Vertical e Horizontal; Coleta e Análise de Dados como Capacidade Principal; Arquitetura Moderna de Tecnologia da Informação; Conformidade, Segurança das Áreas Legal e Fiscal; Cultura Digital e Colaboradores;	a. Aprendiz Digital; b. Integração Vertical; c. Colaboração Horizontal; d. Campeão Digital.
Avaliação da Maturidade da Indústria 4.0 de Empresas de Manufatura - Schumacher <i>et al.</i> (2016):	Estratégia Empresarial; Liderança; Clientes; Produtos; Operações; Cultura Empresarial; Pessoas; Governança Corporativa; Tecnologias utilizadas;	Nível 1 completa falta de atributos; nível 5 estado da arte.
M2DDM – Modelo de Maturidade para Manufatura Baseada em Dados - Weber <i>et al.</i> (2017)	Armazenamento e Processamento de Dados; Arquitetura Orientada a Serviços; Integração da Informação; Gêmeos Digitais; Análises Avançadas de Dados; Recursos utilizados em tempo real;	Nível 0, não existe integração e análise dados e nível 5, empresa auto otimizada.
Indústria 4.0: Índice de Maturidade ACATECH - Schuh <i>et al.</i> (2017):	Recursos, que analisa a Capacidade Digital e a Comunicação Estruturada; Sistemas de Informação, que avalia o Auto Aprendizado no Processo de Informação e Integração dos Sistemas de Informação; Estrutura Organizacional, que considera Organização Interna e a Colaboração na Cadeia de Valor; Cultura Organizacional, que analisa a Abertura para Mudanças e Colaboração Social;	a. Informatização b. Conectividade c. Visibilidade d. Transparência e. Capacidade Preditiva f. Adaptabilidade
Avaliação da Indústria 4.0: Indústria 4.0 MM - Gokalp <i>et al.</i> (2017):	Gestão de Ativos; Governança de Dados; Gestão da Aplicação; Transformação do Processo; Alinhamento Organizacional.	Nível 0, incompleto e nível 5 Otimizando.

Fonte: elaborado pelo autor.

3. Análise comparativa dos modelos

Os modelos de maturidade apresentados são baseados nos principais conceitos e tecnologias habilitadoras da I4.0, entre elas os sistemas cyber-físicos, IoT, computação em nuvem, *Big Data*, comunicação entre máquinas (M2M), integração vertical e horizontal, dentre outras. Todos os modelos consideram que essas tecnologias, aplicadas ao ambiente industrial, são capazes de provocar mudanças significativas para a competitividade das empresas, e abrir novas oportunidades de negócios, gerando mudanças em toda a cadeia de valor.

Percebe-se em todos esses modelos, o entendimento de que os principais atributos da quarta revolução industrial será a integração, primeiramente a vertical, que possibilita a integração de processos e dados da empresa, para então partir para a integração horizontal, que integra a cadeia de valor, empresa, fornecedores e clientes, possibilitada e apoiada pelas tecnologias da informação, comunicação e de operação. De forma geral, os modelos analisados cobrem as principais áreas estruturais de empresas, contemplando as instalações, processos de produção, operação e gestão, colaboradores, e se estende para a definição de estratégias de digitalização.

Diversos pontos divergem entre os modelos, como o conteúdo avaliado, diferenças na quantidade e descrição dos níveis de maturidade, os itens avaliados em cada dimensão, as profundidades e objetividade e os critérios de mensuração dos níveis de maturidade. Para elucidar as relações entre os modelos foi elaborada uma rede social com o auxílio do *software* Gephi v.0.9.2. Uma rede é um tipo de grafo que associa nomes aos círculos (nós), às arestas (linhas), ou a ambos, de modo a reduzir o nível de abstração e facilitar o entendimento do grafo (MUELLER; MASSARON, 2018). A Figura 1 ilustra a integração entre os autores e os itens de avaliação. Esta rede possui 22 nós e 246 arestas, onde os nós representam os autores e os itens de avaliação e as arestas representam as integrações entre os modelos. O volume e a intensidade de coloração em cada nó são proporcionais aos relacionamentos.

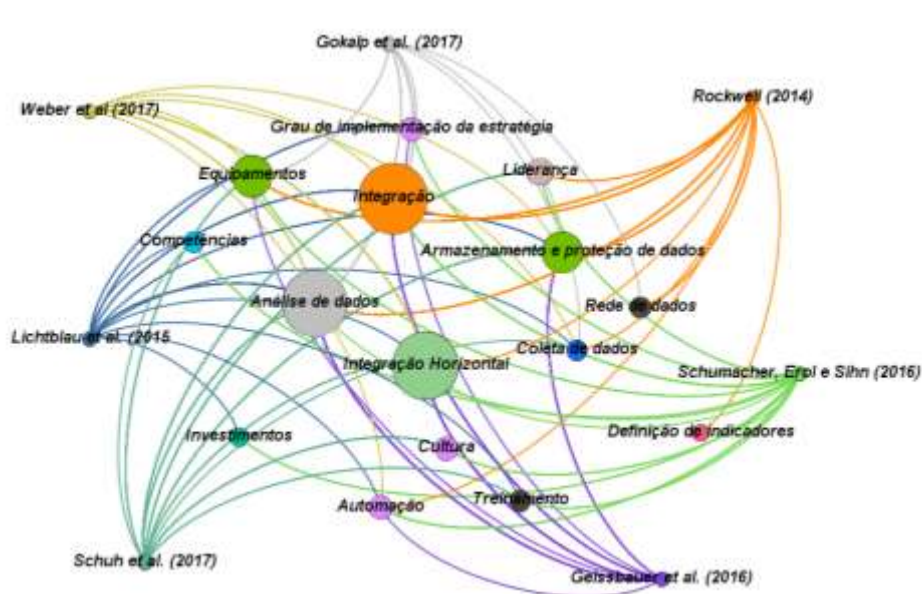


FIGURA 1 - Relação entre os autores e os itens de avaliação. Fonte: dados da pesquisa.

4. Proposta de Modelo de Maturidade

Para o desenvolvimento do modelo foi utilizada a metodologia de desenvolvimento de modelos de maturidade de De Bruin *et al.* (2005), que contempla as etapas Escopo do modelo, Projeto, Composição e validação, Teste, Distribuição aos interessados e Manutenção do modelo.

4.1. Dimensões

As dimensões são multidisciplinares e representam fatores de agrupamento dos itens de avaliação. Elas têm a função de gerar um agrupamento dos principais aspectos que evoluem o conceito sobre I4.0, contemplando estratégia empresarial, processos, pessoas, produtos e aspectos tecnológicos. Não possuem hierarquia, sendo todas importantes para o alcance do objetivo do trabalho, medir o nível de maturidade. Com base nos modelos analisados, e com a análise comparativa realizada entre eles, foi possível definir as dimensões que serão utilizadas no modelo proposto, sendo:

- D1. Estratégia:** contempla questões relacionadas a responsabilidade da alta administração, que são importantes para o direcionamento estratégico da empresa na implantação da Indústria 4.0;
- D2. Gestão de dados:** contempla questões sobre como utilizar os dados do negócio para gerar inteligência empresarial;
- D3. Equipes de trabalho:** referentes a qualificação e constante atualização das habilidades técnicas e de gestão dos colaboradores, incluindo operacional e liderança;
- D4. Integração Vertical:** referente a comunicação entre equipamentos e sistemas, responsável por canalizar dados e informações desde a área fabril até a gestão do negócio;
- D5. Integração Horizontal:** coleta e análise de dados da relação entre empresa, clientes e parceiros, e demais atores da cadeia de valor.

4.2 Itens de avaliação

Os itens de avaliação são a base do processo de transformação para a Indústria 4.0, e podem ser entendidas como as áreas de interesse a serem analisadas, através de ações a serem executadas para o alcance dos objetivos estratégicos da Indústria 4.0. São de fato os itens que receberão a classificação mensurável de maturidade, e os princípios que norteiam o sucesso da implementação dos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0. Os itens de avaliação propostos estão apresentados no quadro 2.

Quadro 2: Itens de avaliação do modelo de maturidade

Dimensão	Itens de Avaliação
Estratégia	Grau de implementação da estratégia
	Definição de indicadores
	Investimentos financeiros
Gestão de dados	Coleta de dados
	Armazenamento e proteção de dados
	Análise de dados
Equipes de Trabalho	Liderança
	Competências
	Treinamento
	Cultura
Integração Vertical	Equipamentos
	Rede de dados
	Automação
	Integração
Integração Horizontal	Integração Horizontal

Fonte: elaborado pelo autor.

Na dimensão **Estratégia** será verificado a existência de uma estratégia de implementação definida e um modelo de acompanhamento das atividades de implantação, e a realização de investimentos financeiros.

Na dimensão **Gestão de Dados** será considerado a existência de uma padronização e normatização dos dados produtivos, e se tem conhecimento de quais dados são mais importantes para tornar o processo produtivo mais eficiente. Bem como, se tem coletado dados, se estes estão protegidos contra acessos não autorizados, se tem feito uso de serviços de nuvem para armazenar e/ou processar dados e se os colaboradores possuem autonomia para acessar e manipular tais dados. Também, será ponderado se a empresa possui uma infraestrutura capaz de analisar dados e qual o nível da análise, descritiva, diagnóstica, preditiva ou prescritiva.

Na dimensão **Equipes de Trabalho** será avaliado o preparo da liderança para conduzir o processo de implementação da I4.0, o alinhamento desse processo com a estratégia organizacional, assim como se a liderança tem incentivado a participação dos colaboradores na transformação digital. A dimensão também busca evidências sobre as competências técnicas para a gestão dos processos baseados em dados, as habilidades e atitudes necessárias para participar do processo de implementação da I4.0 e a disponibilidade de investimentos em programas de treinamentos, referentes a competências digitais e cultura de inovação.

Na dimensão **Integração Vertical** será pesquisado se a organização possui uma infraestrutura de equipamentos que podem ser controlados de forma automatizada ou se podem ser

atualizados para que se comuniquem e se interajam. Verifica-se a disponibilidade e redes de integração entre os equipamentos e setores produtivos, bem como se essas redes estão atualizadas e protegidas. Também, será considerado se possui sistemas automatizados para controle de ativos físicos, se os processos se integram e geram inteligência empresarial e se os processos se utilizam de sistemas de informação e se estes estão integrados.

Por fim, na dimensão **Integração Horizontal** será investigado a integração da organização com seus clientes e parceiros, troca de informações, bem como se essa integração habilita o monitoramento das atividades na cadeia de valor. A integração horizontal requer um escopo definido e protegido contra ataques cibernéticos e a promoção da integração entre clientes e fornecedores por meio do intercâmbio de dados entre essas organizações.

4.2. Níveis de Maturidade

Considerando os objetivos deste trabalho, a adoção de um instrumento simplificado capaz de permitir a avaliação do grau em que se encontra uma organização em relação a implementação dos conceitos e tecnologias da I4.0 é de extrema relevância. Neste sentido, a elaboração do instrumento avaliatório tem como referencial teórico, a publicação “Critérios Rumo a Excelência Avaliação Diagnóstica da Gestão Organizacional” da Fundação para o Prêmio Nacional da Qualidade (2014). A sistemática de avaliação simplificada dos critérios de excelência foi adaptada para os itens de avaliação da I4.0. Nesta adaptação foram considerados os seguintes aspectos:

- **dimensões e fatores de avaliação:** o instrumento de avaliação sugerido avaliará as dimensões definidas seus subitens;
- **sistemática de pontuação:** o instrumento de avaliação proposto compartilha da mesma sistemática de pontuação estabelecida no PNQ. Entretanto, os valores percentuais, bem como a pontuação máxima obtida, foram adaptados para avaliação dos requisitos da Indústria 4.0 levando em consideração os requisitos pontuais, aplicáveis as dimensões específicas.

Na sistemática de pontuação do instrumento de avaliação sugerido, as cinco dimensões foram desdobradas em itens de avaliação. O quadro 3 apresenta as dimensões, os itens de avaliação e as pontuações máximas estabelecidas para os itens de avaliação.

Quadro 3: Dimensões, itens de avaliação e pontuação máxima.

Dimensão e Itens de Avaliação	Pontuação Máxima
1. Estratégia	150
1.1. Grau de implementação da estratégia	50
1.2. Definição de indicadores	50
1.3. Investimentos financeiros	50
2. Gestão de Dados	320
2.1. Coleta de dados	110
2.2. Armazenamento e proteção de dados	100
2.3. Análise de dados	110
3. Equipes de Trabalho	160
3.1. Liderança	40
3.2. Competências	40
3.3. Treinamento	40
3.4. Cultura	40
4. Integração Vertical	292
4.1. Equipamentos	73
4.2. Rede de dados	73
4.3. Automação	73
4.4. Integração	73
5. Integração Horizontal	78
5.1. Integração horizontal	78
Total Geral de Pontos	1000

Fonte: elaborado pelo autor.

O avaliador juntamente com o avaliado deve identificar o percentual que melhor representa a situação atual da organização em relação aos critérios de avaliação, de acordo com as evidências objetivas apresentadas pelo avaliado. A identificação do percentual para cada item de avaliação é feita com base em uma escala de alternativas que representa o grau de implementação da Indústria 4.0 na referida dimensão. O quadro 4 apresenta a escala de alternativas do instrumento de avaliação proposto.

Quadro 4: Escalas de alternativas.

Percentual	Classificação
0%	Nenhuma prática apresentada
25%	Algumas práticas apresentadas e evidenciadas
50%	Muitas práticas apresentadas e evidenciadas
75%	Quase todas as práticas apresentadas e evidenciadas
100%	Todas as práticas apresentadas e evidenciadas

Fonte: elaborado pelo autor.

A alternativa escolhida pelo avaliado deve ser justificada com base em evidências objetivas que indica a utilização do item de avaliação. Estas informações devem ser registradas na folha de avaliação. A justificativa tem como objetivo apresentar as práticas adotadas pela organização,

informações relevantes, permitindo assim, o esclarecimento quanto ao percentual atribuído aos aspectos de avaliação.

Cada um dos itens de avaliação deve ser pontuado de acordo com a escala de pontuação pertinente. Para obter o percentual total de uma dimensão deve-se calcular a média aritmética dos percentuais de cada item de avaliação. A multiplicação do percentual total de cada item pela pontuação máxima resulta na pontuação obtida para cada dimensão avaliada.

Com base na pontuação global obtida, pode-se identificar o estágio atual de maturidade de implementação dos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0 da empresa avaliada. Se a pontuação da organização atingir 1000 pontos significa que está adequada aos conceitos da Indústria 4.0. O Quadro 5 apresenta as faixas de pontuação correspondentes aos estágios de maturidade que a organização se encontra quanto a Indústria 4.0, bem como o nível de maturidade que será utilizado no modelo proposto.

Quadro 5: Níveis de Maturidade.

Maturidade	Faixa		Estágio da Organização
	Posição	Pontuação	
5 - Especialista	Média	951 – 1000	Total atendimento aos itens de avaliação.
	Baixa	901 – 950	
4 - Experiente	Alta	851 – 900	Muitas evidências de atendimento aos itens de avaliação.
	Média	751 – 850	
	Baixa	701 – 750	
3 - Intermediário	Alta	651 - 700	Existem algumas lacunas importantes no atendimento aos itens de avaliação.
	Média	551 - 650	
	Baixa	501 - 550	
2 – Iniciante	Alta	451 - 500	Existem muitas lacunas no atendimento aos itens de avaliação.
	Média	351 - 450	
	Baixa	301 - 350	
1 – Novato	Alta	201 - 300	Poucas evidências de atendimento aos itens de avaliação.
	Média	101 - 200	
	Baixa	0 - 100	

Fonte: elaborado pelo autor.

5. Considerações finais

Este trabalho apresentou os resultados da proposta de desenvolvimento de um modelo de avaliação de nível de maturidade para empresas do Setor Sucroenergético. O qual foi desenvolvido através da análise comparativa de modelos de maturidade levantados na revisão bibliográfica. O modelo contempla cinco dimensões e dezesseis itens de avaliação, e tem como referência de construção os critérios do Prêmio Nacional da Qualidade.

O modelo proposto foi desenvolvido com base no estado da arte sobre modelos de maturidade na I4.0 e tem como foco analisar a área produtiva das unidades produtivas do setor Sucroenergético, bem como identificar diferentes ferramentas de gestão de processos produtivos utilizados por estas empresas. Ferramentas que vão desde a coleta de dados e controle automatizado, utilizando-se de sensores e atuadores, que monitoram e controlam os processos, e se integram através das redes industriais. Ferramentas tecnológicas, como os sistemas SCADA, que possibilita a integração e a criação do Centros de Operações Integrados. E ainda, ferramentas de integração dos dados, que permite o planejamento, o controle de produção e o desenvolvimento de uma inteligência empresarial que possibilita atingir um melhor rendimento empresarial.

A principal limitação deste trabalho é a de que não foi realizado teste prático do modelo, e desta forma não é possível analisar a aplicação e os pontos fortes e fracos do modelo aqui proposto. Contudo, a contribuição deste estudo pode oferecer *insights* a respeito da avaliação da maturidade para uma área que contempla processos complexos, como a área industrial do setor sucroenergético, e que pode contribuir com as empresas que desejam fazer uma análise da situação atual e traçar estratégias para a implementação de conceitos referentes a I4.0.

Referências

BECKER, J.; KNACKSTEDT, R.; PÖPPELBUß, J. Developing Maturity Models for IT Management – A Procedure Model and its Application. BISE – RESEARCH PAPER. Business & Information Systems Engineering - 3, 2009

DE BRUIN, T.; ROSEMAN, M. Using the Delphi Technique to Identify BPM Capability Areas. 18th Australasian Conference on Information Systems, 2007.

FUNDAÇÃO PARA O PRÊMIO NACIONAL DA QUALIDADE – FPNQ, (2014). CRITÉRIOS RUMO À EXCELÊNCIA - Avaliação e Diagnóstico da Gestão Organizacional - 7ª EDIÇÃO – São Paulo: FPNQ

GEISSBAUER, R.; VEDSO, J.; SCHRAUF, S. Industry 4.0: Building the digital enterprise. Global Industry 4.0 Survey. PWC, 2016.

GIFFI, C. A.; RODRIGUEZ, M. D.; GANGULA, B.; MICHALIK, J.; DE LA RUBIA, T. D.; CARBECK, J.; COTTELEER, M. J. Advanced Technologies Initiative - Manufacturing & Innovation. Deloitte and Council on Competitiveness, 2015.

GÖKALP, E.; ŞENER, U.; EREN, P. E. Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM. RESEARCHGATE Conference Paper, September 2017.

LICHTBLAU, K.; STICH, V.; BERTENRATH, R.; BLUM, M., BLEIDER, M.; MILLACK, A.; SCHMITT, K.; SCHMITZ, E; SCHRÖTER, M. INDUSTRIE 4.0 READINESS. Aachen, Cologne: VDMA's IMPULS-Foundation.

MUELLER, J. P.; MASSARON, L. Algoritmos para leigos. Rio de Janeiro: Alta Books, 2018.

O'DONOVAN, P. O., SULLIVAN, D. T. J. O., BRUTON, K. IAMM: A Maturity Model for Measuring Industrial Analytics Capabilities in Large-scale Manufacturing Facilities. International Journal of Prognostics and Health Management, 7(32), 1–11, 2016.

ROCKWELL AUTOMATION; The Connected Enterprise Maturity Model, 2014.

RÜßMANN, M. et al. Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. Boston Consulting Group, 9, 2015.

SCHUH, G.; ANDERL, R.; GAUSEMEIER, J.; HOMPEL, M. T.; WAHLSTER, W. Industrie 4.0 Maturity Index - Managing the Digital Transformation of Companies. ACATECH STUDY, 2017.

SCHUMACHER, A.; EROL, S.; SIHN, W. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. Procedia CIRP 52, 161 – 166, 2016.

SCHWAB, K. The fourth industrial revolution. New York: Crown Business, 2017.

SOUZA, T. F; GOMES, C. F. S. Assessment of Maturity in Project Management: A Bibliometric Study of Main Models. Procedia Computer Science, 55, 92 – 101, 2015.

WEBER, C.; KONIGSBERGER, J.; KASSNER, L.; MITSCHANG, B. M2DDM – A Maturity Model for Data-Driven Manufacturing. The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems. Procedia CIRP, 63, 173 – 178, 2017.