

**INDÚSTRIA 4.0: ESTUDO DE MÚLTIPLOS CASOS NO SETOR
INDUSTRIAL DE SOROCABA-SP**

***INDUSTRIA 4.0: STUDY OF MULTIPLE CASES IN THE
INDUSTRIAL SECTOR OF SOROCABA-SP***

Recebido: 10/04/2019 – Aprovado: 12/12/2019 – Publicado: 02/01/2020

Processo de Avaliação: Double Blind Review

Délvio Venanzi¹

Doutor em Educação

Professor na Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (Fatec SO)

Orlando Roque da Silva²

Doutor em Engenharia da Produção

Professor na Universidade Paulista (Unip)

Haroldo Lhou Hasegawa³

Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais

Professor da Universidade Federal de Itajubá³

¹ Autor para correspondência: Endereço: Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (Fatec SO), Av. Eng. Carlos Reinaldo Mendes, 2015 – Além Ponte, Sorocaba – SP, CEP: 18013-280, Brasil.

E-mail: delvio.venanzi@fatec.sp.gov.br

² E-mail: orlando.silva@fmu.br

³ E-mail: haroldo.hasegawa@unifei.br



RESUMO

Atualmente, discussões referentes à Indústria 4.0 vêm se destacando como a nova revolução industrial, em que ocorrerão avanços significativos entre as relações homem-máquina. Segundo a ABDI, estima-se que esta revolução poderá movimentar até quinze trilhões de dólares nos próximos quinze anos no mundo, e no Brasil atualmente apenas 2% das indústrias adotam práticas relativas à Indústria 4.0. O presente estudo foi realizado por meio de questionário aplicado com executivos de sete empresas multinacionais do setor automobilístico, localizadas na região metropolitana de Sorocaba-SP. Os resultados apresentados mostram que, a Indústria 4.0 será importante para a sobrevivência e garantir a competitividade perante os concorrentes nacionais ou internacionais. Porém a aplicação efetiva dos conceitos da indústria 4.0 ainda depende algumas vezes da autorização da matriz e também da efetiva preparação de seus fornecedores. Esta pesquisa mostrou que o Brasil ainda está começando devagar e isso pode afetar a competitividade industrial em um curto período de tempo. Portanto, eles terão que acelerar para acompanhar o ritmo.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Tecnologias; Ferramentas.

ABSTRACT

Nowadays, Industry 4.0 is the fourth manufacturing Revolution, the rise of new digital industrial technology that will lead to greater efficiencies and growth, become more flexible and productive, changing traditional production relationships between human and machine. According to ABDI, it is estimated that such manufacturing revolution will create a macroeconomic shift of USD15 trillion in the next fifteen years throughout the world. Brazil represents only 2% of industries that adopted this new technology. The present study was carried out through a questionnaire applied to executives of seven multinational companies in the automobile sector, located in the metropolitan region of Sorocaba-São Paulo. The results presented show that Industry 4.0 will be important for survival and guarantee competitiveness with national or international competitors. On the other hand, such companies still depend on their headquarters and they need to change traditional production relationships among suppliers and customers. This survey has shown that Brazil is still starting slowly and this might affect industrial



competitiveness in a short period of time. Therefore, they will have to speed up to keep up with the pace.

Keywords: *Industry 4.0; Technologies; Tools.*

1. INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica, como sempre, traz mudanças rotineiras e periódicas, não somente no modo de vida das pessoas, mas também no meio industrial. Atualmente, com a onda da Indústria 4.0, a comunidade como um todo tem trazido à tona debates envolvendo processo de automação, empregabilidade e principalmente os novos recursos que a TI tem trazido nos últimos anos, mas particularmente a partir de 2011, quando nasceu o conceito da Indústria 4.0. Em passado não muito distante, ou seja, antes da década de 2010, bastava declarar um padrão de qualidade do produto ou de seu processo produtivo para participar de determinado mercado de forma vigorosa a fim de garantir a lucratividade de uma organização. Atualmente, verifica-se a necessidade de uma constante atualização e evolução do produto para sua conformidade com normas e regulamentos técnicos e exigências de seus consumidores, para que esse possa ser ou continuar sendo comercializado no mercado. Destaca-se o fato de os consumidores modernos, além de ser mais informados, buscarem novidades de forma bastante intensa, diminuindo o ciclo de vida dos produtos. Nesse cenário, constata-se a necessidade de um produto ser projetado e manufaturado segundo diversas versões com custos de produção, preços de venda e valores diferenciados, visando a sua inserção em mais do que um mercado. A dinâmica desse cenário está profundamente associada ao ciclo de desenvolvimento tecnológico, que proporciona continuamente transformações em produtos e processos, resultando em inovações, as quais, por sua vez, estimulam e criam condições objetivas para que o desenvolvimento tecnológico ocorra.

Para Antsaklis (2014), a manufatura avançada, também denominada indústria inteligente ou Indústria 4.0, adotada pelos alemães, refere-se à 4ª revolução industrial caracterizada pela integração e o controle remotos da produção, a partir de sensores e equipamentos conectados em rede, associados a sistemas ciberfísicos, dados e serviços inteligentes de internet, é entendida como o futuro da produção, dentro de um esforço para revitalização



das empresas e pela busca de liderança tecnológica e, conseqüentemente, de mercados globais cada vez mais competitivos. O atual ambiente de negócios, dinâmico e complexo, determina que as empresas tomem decisões rápidas e melhores se quiserem permanecer competitivas em longo prazo. Práticas comerciais convencionais raramente solucionam esse desafio, contribuindo com o risco de perder o controle de seus negócios. Nessas práticas, os processos de decisão podem demorar longos períodos, e as decisões adotadas são muitas vezes baseadas em percepção intuitiva e não em dados e informações reais e apropriados.

A Indústria 4.0 é o movimento de fabricação que está remodelando os negócios de produtos e serviços de todos os setores. É definida pela inteligência e conectividade dentro de um processo fabril, com máquinas se comunicando e tomando decisões em muitas situações sem a interferência humana. Com o objetivo de trazer maior eficiência, qualidade e sustentabilidade ao processo de fabricação (Brettel, Friederichsen, Keller, & Rosenberg, 2014). Essa tecnologia ou conceito permite inovações na cadeia de suprimentos de uma organização de acordo com a característica específica? Por exemplo, a tecnologia da nuvem, a computação permitem processos digitais e proposições de valor (isso significa conta para o recurso “Digitalização”) e aumentam a modularização da escalabilidade de produtos, processos e instalações na cadeia de suprimentos).

A Indústria 4.0 é a soma de todas as inovações disruptivas derivadas e implementadas em um valor de cadeia para abordar as tendências da digitalização, autonomização, transparência, mobilidade, modularização, colaboração em rede e socialização de produtos e processos (Brettel et al., 2014). No Brasil, conforme mostram estudos da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2019), apenas por volta de 2% das empresas se interessam por um setor que está prevendo movimentar até 15 trilhões de dólares nos próximos 15 anos, vale salientar que em países como Alemanha, Estados Unidos e Israel aproximadamente 15% das empresas já estão adotando práticas que envolvem o conceito da Indústria 4.0. Dessa forma, este artigo teve como objetivo levantar os entraves das empresas pesquisadas no tocante à decisão de partir para a Indústria 4.0, e analisar as respostas dos entrevistados quanto à decisão. Tal fato é reforçado por todas as empresas envolvidas serem grandes grupos empresariais com alcance global e que teoricamente devem estar mais preparados para essa nova realidade.



2. REFERENCIAL TEÓRICO

Inicialmente, é interessante mostrar a cronologia no tempo até chegar à Indústria 4.0. A Figura 1 apresenta a cronologia das Revoluções Industriais.



Figura 1
Cronologia das Revoluções Industriais.

Fonte: Venanzi (2019).

De acordo com Herman (2015), o termo Indústria 4.0 apareceu pela primeira vez em uma publicação em 2011, tendo sido usado para descrever a aplicação integrada das TIC (Tecnologia de Informação e Comunicação) na produção de bens e serviços. Como consequência dessa etimologia, este termo é às vezes mal-interpretado, concentrando-se apenas na perspectiva tecnológica, esquecendo que as empresas precisam também transformar sua estrutura e cultura organizacional para se inserirem nessa indústria, com objetivo principal de serem capazes de se adaptar rapidamente a um ambiente de mercado mutável. Tal momento tecnológico pode ser interpretado como resultado da combinação de alguns aspectos:

- Avanço contínuo da capacidade dos computadores e das interfaces software-usuário;

- Redução do custo de novas tecnologias utilizadas em processos produtivos;
- Digitalização da informação, desde a concepção dos produtos, testes, protótipos até *layouts* fabris;
- Mudanças na organização do trabalho, na produção e nos estoques de componentes e produtos;
- Novas estratégias de negócios, impulsionadas pela integração de TIC e prestação de serviços inteligentes de internet.

A mudança para fábricas inteligentes já está bem encaminhada em diversos setores, pelo menos em tese. Embora os robôs executem uma média global de 10% das tarefas da fábrica em 2015, até 2025, esse número deverá subir para 25% e chegar a 40% em alguns setores. Algumas adições automatizadas liberam os funcionários para tarefas mais envolventes, enquanto outros trabalham ao lado deles para executar tarefas que são muito difíceis ou perigosas demais para que os humanos possam executar repetidamente. Na era da Indústria 4.0, as empresas devem projetar inteligência e sustentabilidade, tanto no que fabricam como nos processos para fabricá-las (Wolfgang, 2015). A seguir, são apresentadas algumas tecnologias essenciais na construção de uma fábrica inteligente e sustentável do futuro.

2.1. SIMULAÇÃO

Segundo Ely (2017), a importância da Simulação, dentro desse novo cenário, é vital para as empresas que almejam diferenciação, pois os *layouts* e testes da linha de fabricação requerem tempo, recursos e capital, apenas para resultar potencialmente em desperdício, a menos que essas operações possam ser simuladas primeiro. A simulação permite observar operações em um objeto ou ambiente sem ter de executar fisicamente a operação que pode danificar objetos tangíveis. A simulação procura tirar proveito do “gêmeo digital”, ou a representação digital de um objeto físico.

2.2. MANUFATURA ADITIVA

O ciclo tradicional de desenvolvimento de produtos significava esperar dias ou semanas por um protótipo funcional concluído. O advento da fabricação aditiva e da impressão 3D transformou esse processo, simplificando as fases iniciais do desenvolvimento do produto por uma fração do tempo e do custo. Ela otimiza seus projetos para melhorar a funcionalidade, a personalização do produto e o gerenciamento de peças e custos como ferramentas; com a capacidade de fabricar peças sob demanda, reduzirá os prazos de entrega e minimizará o excesso de estoque. Além disso, as peças fabricadas sob demanda significam tempos de entrega reduzidos e estoque mínimo de *buffer* e isso facilita o gerenciamento da cadeia de suprimentos mais simples e fácil (Ely, 2017).

2.3. AUTOMAÇÃO INTELIGENTE

Para Ihu (2017), não se trata mais de um braço de robô montando um produto, agora que o braço de robô pode alimentar dados na nuvem para fornecer melhores *insights* sobre suas operações. A próxima geração de robôs terá sensores que lhes permitem extrair informações para desempenhar melhor suas tarefas. Em troca, você poderá obter maior eficiência operacional e prever sua produção com mais confiança. Robôs colaborativos, ou “co-robôs”, são capazes de perceber seus ambientes com mais eficiência. Eles usam sensores para perceber seu ambiente e ver se um humano está trabalhando ao lado deles. Se eles estão chegando muito perto de um humano, podem parar automaticamente. É mais seguro trabalhar com eles e melhor para os trabalhadores, porque eles executam tarefas difíceis ou árduas demais para serem executadas repetidamente.

2.4. COMUNICAÇÕES MÁQUINA A MÁQUINA

No coração da Indústria 4.0 e na fabricação moderna as comunicações máquina a máquina (M2M) são a chave para desbloquear fábricas do futuro. As conexões cabeadas tradicionais entre máquinas no chão de fábrica não são projetadas para conectividade, o que significa que essas máquinas exigem inerentemente assistência manual de um operador. As comunicações máquina a máquina apresentam a primeira oportunidade real para manutenção de linha sem toque e um passo mais perto de um ambiente de fabricação totalmente automatizado. Gerenciados por um único operador, os painéis eletrônicos



monitoram os processos de fabricação e fornecem análises de dados em tempo real, reatribuindo uma tarefa monótona (Bagheri, 2015).

2.5. REALIDADE AUMENTADA

As soluções de AR (Realidade Aumentada) e Realidade Virtual (VR) se estenderam para além da percepção tradicional de jogos e para aplicativos corporativos. Ambientes industriais e de manufatura têm enormes oportunidades de usar a realidade aumentada para otimizar suas operações. Uma maneira de utilizar a AR em nossos processos de fabricação modernos é por meio de assistência remota. Um operador confrontado com a fixação de uma máquina na linha pode se conectar com especialistas em todo o mundo usando a realidade aumentada, exibindo seu campo de visão para que eles visualizem e orientem adequadamente (Fagundes, 2018).

2.6. CLOUD

A introdução da IoT no chão de fábrica requer conectividade contínua e um repositório ilimitado de dados. A computação em nuvem permite extrair, analisar e armazenar informações que podem afetar a linha de produção. Cada vez mais, as máquinas conectadas podem relatar problemas e fornecer informações sobre maneiras de melhorar a eficiência, melhorar a qualidade e os rendimentos. A robótica inteligente capaz de capturar dados de produção pode usar essas informações para prever o tempo de inatividade e prescrever ações corretivas de acordo. Os dados da realidade aumentada terão impacto significativo na pesquisa e no desenvolvimento, dando aos consumidores mais do que desejam, obtendo-os mais rapidamente e reduzindo os custos de um sistema que acabará por impulsionar a inovação. O dilúvio de dados apresentados por comunicações máquina a máquina, robótica inteligente e realidade aumentada exige ambientes de computação com rápida escalabilidade. A Indústria 4.0 está aqui com oportunidades interessantes e novos requisitos desafiadores (Moreira, 2018).

2.7. FÁBRICAS INTELIGENTES

O certo sobre a tecnologia inteligente é que ela continuará a evoluir. Se a Indústria 4.0 trata da interconectividade de máquinas e sistemas, já temos os chamados “cobots” (robôs colaborativos) trabalhando junto com seus colegas humanos para criar forças



combinadas. Embora o aprendizado das máquinas e a inteligência artificial estejam impulsionando a manufatura inteligente, a contribuição humana ainda é essencial. Sensores se tornarão ainda mais difundidos e responsivos, e as companhias poderão reagir às informações em tempo real. Um consórcio no Reino Unido está testando a tecnologia 5G para avaliar como ela pode tornar as fábricas inteligentes ainda mais inteligentes. Entre as possíveis aplicações estão: manutenção preventiva e controle de máquinas remotamente. Dessa forma, fica claro que as fábricas que quiserem continuar no mercado competitivo deverão adotar as últimas tecnologias digitais (McGibney, 2015).

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

O presente artigo teve como objetivo mostrar quais foram os fatores que levaram as empresas de grande porte instaladas na região metropolitana de Sorocaba (SP) a partirem para um planejamento rumo à Indústria 4.0. O estudo envolveu oito empresas de grande porte do setor de manufatura, sendo sete do ramo automobilístico, o que o caracteriza como um estudo de múltiplos casos. Para tanto, foi realizado um estudo exploratório e foi desenvolvido *in loco*, ou seja, baseando-se em um estudo de caso no qual foram investigados os fenômenos contemporâneos, inseridos em algum contexto da vida real em que foram utilizadas múltiplas fontes de evidências coletadas de planilhas e dados internos das nove empresas que formaram o pilar deste trabalho, e também por entrevistas estruturadas (questionário com quinze perguntas abertas e fechadas) realizadas com os gerentes de produção das empresas, entre os períodos de julho de 2019 a setembro de 2019. Também para realização do estudo, todas as empresas condicionaram o fato de não explicitar a identidade, razão social, endereço ou o nome dos entrevistados.

A pesquisa, segundo Lakatos (1992) e Yin (2001), pode ser classificada como uma pesquisa do tipo exploratória em que a análise dos resultados se deu de forma qualitativa e quantitativa pelo método da análise por conteúdo, onde os principais dados (quantitativos ou qualitativos) foram apresentados na forma de quadro ou tabelas, a fim de facilitar a visualização e comparação dos resultados. Por fim, é importante comentar que o presente trabalho possui como limitação o grupo de sete empresas todas do ramo automobilístico e uma do ramo eletrônico. Contudo, apesar dessas empresas mostrarem características muito similares, os resultados apresentados não podem ser extrapolados



para as demais empresas, ou até mesmo para outras empresas do ramo automobilístico, uma vez que o estudo se limitou a essas empresas localizadas em uma mesma região e por possuírem muitos de seus fornecedores também na mesma região, facilitando a logística e os planejamentos estratégicos. É importante salientar também que o estudo não possui como finalidade a formulação ou elaboração de estratégias de negócio, a criação de uma metodologia para implantação. Por essas razões elucidadas, a pesquisa se limitou a analisar os motivos que resultaram na tomada de decisão das empresas pesquisadas para o caminho da Indústria 4.0.

4. CASO PRÁTICO

O estudo de múltiplos Casos ocorreu na cidade de Sorocaba, no setor industrial com oito multinacionais. Após a tabulação das respostas, serão apresentados os resultados e as análises de cada resposta. As empresas mencionadas neste artigo terão os nomes fictícios, por solicitação das mesmas. A Figura 2 apresenta as empresas e a origem em termos de país e o setor que atuam.

Obs.: Todas essas multinacionais são empresas de grande porte, com no mínimo 1500 funcionários até 4200 (Sebrae, 2019).

Empresas	País de Origem	Setor de atuação no mercado
ABC	USA	Automotivo
DEF	USA	Automotivo/Agrícola
GHI	GER	Automotivo/Agrícola
JKL	USA	<i>Contract Manufacturer</i>
MNO	GER	Automotivo
PQR	JPN	Automotivo
STU	USA	Automotivo
VXZ	GER	Automotivo

Figura 2

Nacionalidade das Empresas Pesquisadas/Setor.

Fonte: Empresas Pesquisadas (2019).

Pela origem e o setor atuante, há um predomínio de empresas servindo o mercado automotivo, até mesmo porque a cidade de Sorocaba se encontra em uma localização privilegiada em escoamento de produtos, com vias a 50 min. de Campinas e 60 min. de São Paulo. A seguir estão elencadas as respostas e os comentários de cada uma das empresas, do questionário aplicado aos Gerentes de Produção de cada uma das empresas.

- **Sistema Produtivo:** A empresa **ABC** utiliza-se do sistema de produção MTS (*Make To Stock*) apenas, as empresas **DEF, GHI, JKL, MNO, STU** e **VXZ** utilizam sistemas híbridos (MTS + MTO – *Make To Order*), produzem para estoque e produzem conforme encomenda, já que vários produtos são complexos e são fabricados de acordo com o projeto definido entre o cliente e a empresa prestadora do serviço. A empresa **PQR**, por sua vez, trabalha com o sistema JIT (*Just in Time*).
- **O formato de parceria na PQR** é de CI (Condomínio Industrial), os parceiros são escolhidos estrategicamente, utilizando-se os objetivos estratégicos de desempenho, portanto, para cada sistema, tem-se um parceiro exclusivo. As demais empresas trabalham com 75% dos parceiros com exclusividade em sistemas críticos de fornecimento, mas a maioria fica espalhada no Sudeste de São Paulo.
- **Quanto ao planejamento para a Indústria 4.0**, com exceção de **PQR**, as demais estão se preparando e planejando ações iniciais internas e externas para o *start* da 4.0, com um horizonte de hoje a cinco anos à frente, envolvendo os parceiros, as empresas de consultoria e as parcerias com Instituições de ensino superior. Internamente estão montando grupos de trabalhos para averiguar onde é viável colocar um projeto piloto. Todas as demais são unânimes em projetar ganhos de: atender os clientes com soluções inovadoras e produtos, sistemas que possam ser aplicados para coleta de dados de rentabilidade dos produtos e garantir a segurança técnica e operacional na aplicação nos clientes.
- **As áreas envolvidas para implementação**, em todas as respostas, com exceção da **PQR**, seriam todas as áreas, mas em uma eventual prioridade, em primeiro a produção, engenharia, logística, TI e depois as demais áreas funcionais.
- **Quanto aos investimentos** alocados para essa implementação no horizonte de tempo citado acima, com exceção de **PQR**, há variações do montante a ser disponibilizados para cada empresa. São esses os valores: (em MUS\$ – de acordo com a sequência da Figura 1 citada, respectivamente: 6, 9, 5.5, 7.5, 5.2, 5, 4.5).



- **Ganhos esperados por essa nova Revolução Industrial?:** com exceção de **PQR**, a **ABC**, planeja ganhos iniciais em: Ergonomia e custo do produto, a **DEF**, os ganhos na rapidez das informações em tempo real. **GHI** oportunidades de aumento de produtividade, **JKL**, inicialmente essa integração máquinas-máquinas, informações em tempo real, integração com as plantas globais e fornecedores, darão um salto de competitividade, **MNO** com a informação integrada, conectada e em tempo real utilizando-se das ferramentas da indústria 4.0 identificar-se-á não conformidades no processo, produto, máquinas, a qualidade passa a ser utilizada com a ferramenta Reconhecimento de padrões (algoritmo) detectando em real time os possíveis problemas e dessa forma garantindo um produto 100% correto. Já **STU**, alta produtividade com uma fábrica inteligente e com custo de produto inferior, pois a rapidez proporcionará essa vantagem, além da personalização de produtos, **VXZ**, também está otimista quanto a alta produtividade e informações integradas e em tempo real com todas as plantas, possibilitando troca de *know how* mais rápida e ganhos operacionais no todo.

- **Haverá redução em postos de trabalho?** Para a empresa **ABC**, sim, muitos postos de trabalho serão substituídos por robôs ou equipamentos, já que nessa inovação industrial busca-se otimização máxima em todos os quesitos e alta produtividade, em função dos investimentos. A **DEF**, a princípio não, o objetivo é conseguir produzir mais, já que teremos aumento de demanda. A **GHI**, não muito significativo (menor do que na automação pura), apenas de postos operacionais que, hoje, utilizam tempo excessivo para levantamento e análise de dados. Na **JKL** a ideia não é reduzir postos, mas sim obter melhor *output* com a mão de obra que já temos, substituindo trabalhos muito manuais e colocando em tarefas na qual o valor agregado é maior. Na **MNO**, no administrativo, a aplicação de robôs virtuais eliminará muitas atividades repetitivas e, conseqüentemente, postos de trabalhos, já na manufatura, ainda (nessa fase preliminar) não vejo impacto na redução da quantidade de mão de obra e sim uma alteração nesse perfil, tornando-se necessária maior qualificação. Na **STU** vai existir uma redução, pois na comunicação entre as máquinas é tudo conectado, integrado, digitalizado em tempo real, portanto haverá uma redução de MO e os demais terão que se reinventar, pois é a era da digitalização, das análises preditivas, do *cyber physical system*, portanto um novo patamar de MO surgirá. A **VXZ** com toda essa integração que a indústria 4.0 possibilita, entende

que num futuro próximo, sem dúvida a atual mão de obra da empresa, terá que ser reinventada.

- **Como a empresa planeja preparar as pessoas para essa nova fase?** ABC, Treinamento em conjunto com o projeto de instalação, acompanhado de uma consultoria externa. DEF, capacitações externas, visitas e parcerias com universidades. GHI, os fabricantes dos equipamentos, dentro dos custos de aquisição, oferecem os treinamentos iniciais e a multiplicação é via matriz ou pelos primeiros treinados. Mas, sem dúvida nenhuma, existirão perfis de funções específicas que deverão ser redefinidos. JKL, há um programa de treinamento para *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* e conforme necessidade. MNO, evidentemente se faz necessário investir na qualificação das pessoas com foco em *data analytics* e ferramentas dos pilares da Indústria 4.0. PQR, não está dentro do esquema. STU, o treinamento para a nova Era será integrado: áreas internas, fornecedores parceiros, clientes com a consultoria externa. VXZ vai preparar a MO de acordo com as necessidades do mercado, mas a preparação vai ser integrada com a matriz, as pessoas escolhidas inicialmente vão na matriz para entender a tecnologia empregada e o que a empresa almeja de resultados com esses investimentos em integração de dados e digitalização sob a ótica de uma fábrica inteligente.

- **Quais os pilares dessa nova fábrica dentro da era de digitalização de dados/fábricas inteligentes?** Com exceção de PQR, fora desse contexto; ABC vai seguir o sistema global de produção, no qual contempla os pilares da Indústria 4.0. DEF seguirá globalmente o sistema **WCM – World Class Manufacturing** (contém os pilares JIT e adaptando-os para a Indústria 4.0), GHI, além do TPS, são os pilares principais: Qualificação, Cultura organizacional e Visão de Serviço (como podemos contribuir mais); JKL vai seguir as diretrizes da matriz, onde a matriz já está com muitos pilares em desenvolvimento da Indústria 4.0, com foco em manufatura aditiva no Brasil. MNO também seguirá os passos dos pilares da matriz; STU seguirá os pilares, dando foco em: Processo, Produto, Pessoas e integração dos dados. VXZ também acompanhará a matriz, mas tendo como foco os pilares também.

- **A empresa vai implementar a Ind. 4.0 internamente com os recursos disponíveis ou vai ter auxílio de uma consultoria especializada?** ABC (recursos internos e externos, além de parceiros e clientes), DEF (internos e externos), GHI (Inicialmente conta com os recursos próprios e suporte de áreas de desenvolvimento de

tecnologia da matriz (Europa)), **JKL** (interno, externo e parceria com instituições de ensino e empresas que tenham troca de *know how*), **MNO** (parcerias com as Instituições Acadêmicas e Consultorias), **PQR, STU** (consultoria externa, parcerias com empresas de automação, TI e instituições de ensino e pesquisa), **VXZ** (parceria com a matriz e consultoria externa).

- **Dentro das ferramentas disponíveis da Ind. 4.0, quais ferramentas a empresa está utilizando ou utilizará?** **ABC** (Integração de sistemas com a manufatura), **DEF** (Já usamos Manufatura aditiva, sensores, em andamento: Big Data, IA, Integração de sistemas) **GHI** (em ordem de prioridade: digitalização de dados, sensorização, Robôs (Robôs colaborativos), **JKL** (digitalização dos dados e RPA, nossa matriz está bem avançada nestas ferramentas e já está trabalhando em Big Data, integração de sistemas de manufatura e sensores), **MNO** (CPS, Big Data, IA, digitalização de dados, IIoT, manufatura aditiva, sensores espalhados pela fábrica toda), **PQR, STU** (seguirá a matriz, pois as ferramentas dos pilares já estão sendo utilizadas), **VXZ** (integração dos dados em tempo real, e seguindo a matriz nos pilares).

- **Quais seriam as principais dificuldades de adoção das ferramentas acima?** **ABC** (Integração do sistema com o sistema vigente da empresa, isso é caro e bem complicado), **DEF** (conhecimento e dependência da tecnologia e investimento), **GHI** (a maior dificuldade é o suporte de manutenção dos equipamentos), **JKL** (preparo das pessoas, confiança na integração dos dados e resultados das ferramentas), **MNO** (as soluções precisam ser globais, temos problemas para padronização), **PQR, STU** (pessoas aptas a extrair todo potencial de informações), **VXZ** (dificuldade de integração de dados e adaptação das pessoas à utilização e tomadas de decisões em tempo real).

- **Como será a organização do trabalho na fábrica pós-implementação das ferramentas da Ind. 4.0?** **ABC** (Organização do trabalho será mais eficiente), **DEF** (mais organizado e integrado, em tempo real) **GHI** (mudança de atividades 100% operacionais para mais e mais análises de dados e tomadas de decisão, portanto grandes mudanças na MO), **JKL** (a expectativa é conseguir com que os processos aconteçam sem a necessidade da intervenção humana, já que com toda essa digitalização, integração vertical e horizontal, estaremos em outro patamar, além de ser possível correções de forma autônoma (criando mecanismos de correção dentro do próprio processo)), **MNO** (o planejamento é estarmos em outra dimensão: uma fábrica inteligente, portanto muitas

diretrizes serão outras), **PQR** (não participa), **STU** (muito organizada, otimizada e sem erros), **VXZ** (com muita automação e conectada com as plantas globais e parceiros, um novo e complexo desafio aos colaboradores e a forma de gestão).

- **Como será implementada a integração Vertical?** **ABC** (será uma integração desde o início de pedir a matéria-prima até a entrega ao cliente), **DEF** (hoje já há ilhas conectadas, mas não em uma sequência total, precisamos aprimorar), **GHI** (o desenvolvimento de aplicativos específicos para monitoramento das linhas de produção em cada família de produto tem sido a tônica, mas ainda em fases iniciais de estudos), **JKL** (iniciamos esse processo, todo *input* e *output* da fábrica já é monitorado, o próximo passo será automatizar a alimentação da fábrica e saída de *finish goods*, porém estamos trabalhando também na sensorização de *buffers* intermediários). O passo final será a integração total de dados e a conexão de processos sem a intervenção de pessoas. **MNO** (em fase inicial, preparando os softwares, algoritmos para a interconectividade), **PQR** (sem participação), **STU** (a integração das máquinas se dará após a implementação dos sensores junto com as ferramentas da Ind. 4.0, já que ainda estamos em fase inicial), **VXZ** (ainda em fase de projeto, mas seguindo os passos da matriz que está com a planta dentro dos pilares da Ind. 4.0).

- **Como será implementada a integração Horizontal?** **ABC** (essencial, mas temos que estar 100% integrados), **DEF** (hoje temos conexão, mas não em tempo real), **GHI** (já existem hoje sistemas integrados de demanda para as duas pontas da cadeia (fornecedores e clientes), reduzindo os desperdícios no fluxo de informação), **JKL** (as áreas de desenvolvimento e inovação estão conectadas com as demais operações globais da matriz), **MNO** (as áreas de produção estão conectadas com as demais plantas globais da matriz), **STU**, após a definição e implementação do *cyber physical system*, a integração entre as plantas se dará conforme necessidade, **VXZ** (tem-se que integrar tudo para a disponibilização em tempo real envolvendo todas as plantas).

- **Como a empresa vê os ganhos das Smart Factories?** **ABC** (mais competitivos no mercado, menos problemas de qualidade, uma vez que deixamos que o fator humano impacte no processo, mais seguros (ergonomicamente falando), **DEF** (ganhos de tempo e acuracidade nas informações), **GHI** (a empresa ainda vê como um grande desafio a implementação por causa do extenso portfólio de produtos), **JKL** (os ganhos: produtividade e competitividade; poder produzir mais com menos, receber dados a

respeito das mudanças na cadeia produtiva dentro e fora da empresa), **MNO** (ainda não está devidamente planejado), **PQR** (não entrou na Ind. 4.0), **STU** (ganhos competitivos em produtividade e produtos personalizados com custo bem inferior aos atuais), **VXZ** (integração das informações e velocidade na tomada de decisão).

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Quanto às características do **sistema produtivo e parcerias** com fornecedores, a empresa PQR, está à frente de todas, pois utiliza JIT e seus parceiros estão no site da empresa, facilitando muito o fluxo produtivo, a produtividade, diminuindo drasticamente os retrabalhos, desperdícios e não conformidades na linha de produção, mantendo a eficiência e o foco na qualidade do produto. As demais empresas estão em configuração MTS e híbridos e os parceiros dispersos, mas concentrados no Sudeste. Quanto à visibilidade para a Indústria 4.0, no quesito sistema produtivo e parcerias a **PQR** está em vantagem, pois o formato JIT facilita o fluxo e a organização interna, desde que as empresas possuam parceiros confiáveis e alinhados com essa sistemática. Já analisando quanto ao **planejamento e áreas envolvidas na implementação da Ind. 4.0; PQR** não participa, pois, de acordo com os executivos, ainda não fizeram um apanhado de custos necessários para um norte na Indústria 4.0, portanto ainda não se pronunciaram. Demais veem ganhos futuros, articulando planos internos dentro das tecnologias que estarão disponíveis, mas animadas com os possíveis ganhos em produtos e clientes. As prioridades: produção, engenharia, logística, TI e depois as demais áreas funcionais, sem surpresas, pois toda a tecnologia integrada, digitalizada, e conectada entre máquinas e sistemas estão nessas principais áreas. Com relação **aos investimentos**, há diferenças no tocante à prioridade de investimentos de cada empresa para os projetos futuros, mas há um alinhamento entre os valores, exceção feita à **DEF**, cujo montante é o maior de todos, a explicação é que a empresa quer sair à frente de seus concorrentes, então investir primeiro já é um posicionamento arrojado. **Os ganhos esperados**, no geral, são também alinhados, pois em uma fábrica interconectada em tempo real, com algoritmos aplicados no *cyber physical system* os ganhos são os mais positivos possíveis, pois a rapidez proporcionará tomada de decisões assertivas com as ferramentas e a empresa estará diferenciada em relação aos concorrentes. **Redução de postos de trabalho**, a maioria há

uma tendência em ter como resultado de várias tecnologias integradas e em tempo real, uma diminuição de mão de obra e postos de trabalho, que serão realizados por sistemas, robôs, células integradas, algoritmos, softwares, não há como não ter lacunas, porém as empresas, deverão aproveitar de alguma forma esse efetivo, já que novas oportunidades dentro desse novo contexto surgirão. **Como a empresa planeja preparar as pessoas para essa nova fase.** As respostas são também muito próximas das empresas pesquisadas: treinamento, programas internos, externos, foco em analytics, simulação e algoritmos. **Os pilares dentro da era das *smart factories*?** A maioria segue internamente o sistema global de manufatura com base nos pilares do TPS e adaptados, opinaram em foco de produto, processo e os pilares da Ind. 4.0. **A empresa vai implementar a Ind. 4.0 internamente com os recursos disponíveis ou vai ter auxílio de uma consultoria especializada?** Essa resposta também foi muito próxima dentre as pesquisadas, pois iniciam com recursos próprios e aglutina com recursos externos (consultorias, empresas específicas do ramo de automação e TI), além de parcerias com instituições de ensino e principalmente apoio da matriz. **Dentro das ferramentas disponíveis da Ind. 4.0, quais ferramentas a empresa está utilizando ou utilizará?** ABC, DEF, GHI, JKL, MNO utilizam ferramentas da Indústria 4.0, em seus projetos pilotos, mesmo em fase embrionária, já que mantêm interação com as matrizes na Europa, e nas entrevistas os gerentes estão animados com essas novas tecnologias e os resultados que estas proverão. STU, já há pilotos, mas segue orientações da matriz, mas a produção está sendo preparada para o *cyber physical system*. VXZ também em fase embrionária, em função da alta tecnologia do produto, algumas ferramentas são utilizadas, mas precisam ser integradas e conectadas. **Quais seriam as principais dificuldades de adoção das ferramentas acima?** A maioria das empresas pesquisadas está alinhada: as dificuldades passam por integração, preparo das pessoas, hardware bem definido, investimentos, equipamentos, confiabilidade na segurança dos dados, mesmo que trabalhando em nuvem e adaptação das pessoas a novas regras da tecnologia. **Como será a organização do trabalho na fábrica pós-implementação das ferramentas da Ind. 4.0?** Com relação a essa pergunta, no momento das entrevistas, pode-se perceber um grande ponto de interrogação na cabeça desses Gerentes, pois, grandes investimentos e resultados serão cobrados, mas a dúvida deles é a adaptação a esse novo cenário, pois as máquinas estarão em maior número, se auto-organizando e tomando decisões sem a intervenção humana, vamos aprender a



conviver nesse outro cenário. **Como será implementada a integração Vertical?** Integração entre as máquinas e as plantas globais, as respostas também tinham uma linha tênue entre as participantes, pois utilizando-se de equipamentos internos com alta tecnologia, há maior produtividade. **Como será implementada a integração Horizontal?** Importantíssimo esse elo da cadeia de suprimentos estar interligado com a empresa e com os parceiros das categorias abaixo, pois os *tiers* traduzem o que é planejado na demanda para os demais participantes da cadeia e depois enviam para os parceiros abaixo da hierarquia principal; onde eventualmente surgem problemas de atrasos, retrabalhos, dessa forma a integração por meios de TI e um gerenciamento efetivo contribuirão para melhorias significativas quanto aos problemas citados.

6. CONCLUSÕES

Há uma tendência na maioria das empresas que a Indústria 4.0 buscam essas novas tecnologias, caso contrário perderão competitividade e *share*, portanto não terão outro caminho. Vale salientar que a PQR, após o término da pesquisa deu o *start* em análises para a nova Era. As demais empresas, no geral ainda dependem de análises estratégicas e econômicas, pois o investimento é significativo e um erro dessa estratégia pode significar perda de *share* e uma cobrança mais acirrada dos acionistas e *stakeholders*. Entretanto, todas estão cientes em termos de competitividade que a estratégia para ser competitiva, diferenciada em velocidade, custo, personalização de produtos, velocidade na linha de produção, redução de retrabalhos e desperdícios ao patamar mínimo, agilidade na disponibilidade de produtos; é seguir esse novo formato de produzir os produtos; tendo em vista a integração de dados, velocidade, assertividade total, apenas consegue-se com a utilização desses algoritmos empregados de um formato integrado com outros, envolvendo todos os ativos, parceiros, plantas com diferentes logísticas globais, disponibilização de informações em nuvens gerando economias substanciais em equipamentos e pessoas e tempo para se dedicar às atividades que agregam e geram mais valor à empresa.

REFERÊNCIAS

- Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI. Recuperado em 15 outubro, 2019, de <https://www.abdi.com.br/home>
- Antsaklis, P. (2014). Goals and Challenges in Cyber-Physical Systems Research Editorial of the Editor in Chief. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 59(12), 3117-3119.
- Bagheri, B., Yang, S., Kao, H.-A., & Lee, J. (2015). Cyber-physical Systems Architecture for Self-Aware Machines in Industry 4.0 Environment. *Ifac-papersonline. Elsevier BV*, 48(3), 1622-1627.
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M. A., & Rosenberg, M. (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial and Mechatronics Engineering*, 8(1), 37.
- Chen, M., Wan, J., & Li, F. (2012). Machine-to-Machine Communications: Architectures, Standards and Applications. *KSII Transactions on Internet and Information Systems*, 6(2), 480-495.
- Ely, L. (2017). Revolução 4.0 e a necessidade de reinvenção do mundo do trabalho na América Latina. *Notícias, Revista IHU on-line*, 16 de setembro. Recuperado em 12 novembro, 2019, de <http://www.ihu.unisinos.br/78-noticias/571739-revolucao-4-0-e-a-necessidade-e-reinvencao-do-mundo-do-trabalho-na-america-latina>
- Evangelista, A. P. (2018). Seremos líderes ou escravos da Indústria 4.0? *Notícias, EPSJV/Fiocruz*. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venancio.
- Fagundes, E. (2018). As tecnologias emergentes e a indústria 4.0. Recuperado em 12 novembro, 2019, de <http://efagundes.com/blog/as-tecnologias--emergentes-e-a-industria-4-0/>
- Herman, M., Pentek T., & Otto, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Technische Universität Dortmund. Fakultät Maschinenbau. Business Engineering Institute St. Gallen, Lukasstr. 4, CH-9008 St. Gallen.
- IHU (2017). A Inteligência Artificial pode se transformar em um monstro incontrolável. *Notícias, Revista IHU on-line*, 28 de setembro. Recuperado em 12 novembro, 2019, de <http://www.ihu.unisinos.br/78-noticias/571739-revolucao-4-0-e-a-necessidade-e-reinvencao-do-mundo-do-trabalho-na-america-latina>.
- Lakatos, E. M. & Marconi, M. A. (1992). *Metodologia do trabalho científico* (4a. ed.). São Paulo, SP: Atlas.
- Lazovic, V., Montenegro, J., & Durickovic, T. (2014). The digital economy in developing countries-challenges and opportunities. *37th International Convention on*



Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 36-30 May, pp. 1580-1585.

Mcgibney, A., Rodriguez, A. E., & Rea, S. (2015). Managing wireless sensor networks within IoT ecosystems. *Ieee 2nd World Forum on Internet of Things (wf-iot)*, [s.l.], pp. 100-116, dez. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/wfiot.2015.7389077>

Moreira, T., & Pimenta, W. (2018). *A Digitalização do Supply Chain*. Rio de Janeiro, RJ: Editora da UFRJ.

Resch, A., & Blecker, V. (2012). Pioneering supply chain design: a comprehensive insight into emerging trends, technologies and applications. *Smart Logistics – a Literature Review*, 91-102.

Venanzi, D. (2019). *Engenharia de Sistemas Logísticos e Cadeias de Suprimentos – Medidas de Desempenho*. São Paulo, SP: Livrus.

Wolfgang, K., Thorsten, B., & Christian, M. R. (2015). 20 amer Kurnaz y 4.0 on the nd Supply Chains ngle (Eds.), *Innovations and Strategies for Logistics International Conference of Logistics (HICL)*, August, epubli GmbH.

YIN, R. K. (2001). *Estudo de caso: planejamento e métodos* (2a ed.). Porto Alegre, RS: Bookman.

