

ESTUDO DE PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO E FERRAMENTAS A SEREM IMPLEMENTADAS NO CENTRO DE COMPETÊNCIA EM MANUFATURA AVANÇADA (CCMA) DO INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA (IMT)

Pedro Cardoso Vilaça ¹; Ari Nelson Rodrigues Costa ²

¹ Aluno de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

² Professor Mestre da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

Resumo. *A nova era industrial pressupõe uma nova maneira de se produzir baseada no fluxo de dados gerados e tratados dentro de um ambiente fabril. Dessa maneira, é de fundamental importância entender o meio pelo qual esses dados são transmitidos uma vez que essa é a base para se chegar a um sistema produtivo autônomo. Sendo assim, o foco da pesquisa se baseia em determinar os principais protocolos de comunicação, meios de transmissão de dados e tecnologias para se implementar no Centro de Competências em Manufatura Avançada que irão dar suporte a essa nova era, a primeira em que o país poderá concorrer no mesmo nível de países altamente industrializados e fornecedores de tecnologias como Alemanha, China, Coreia do Sul, Estados Unidos e Japão. O artigo propõe os próximos passos para que o Instituto Mauá de Tecnologia continue se desenvolvendo com a mesma velocidade das indústrias dos países citados até que se atinja por completo a essência da Indústria 4.0, o que, segundo o documento “Implementation strategy Industrie” 4.0 (Dorst, 2016) ocorrerá por volta de 2035 na Alemanha, com o primeiro sistema produtivo autônomo “by design”.*

Introdução

A Indústria 4.0, conhecida como Manufatura Avançada no Brasil, ou então como a Quarta Revolução Industrial, pressupõe, dentro do conceito de sistemas físico-cibernéticos, que informações sejam trocadas entre todos os componentes “inteligentes” da fábrica (comunicação vertical) por meio de protocolos de comunicação, linguagem pela qual ocorre a transmissão dos dados. O tratamento dado a esses dados advindos da integração de todos os componentes fabris, permite que a fábrica, como um todo, adquira um grau de consciência o suficiente que a permite prever a lógica de produção e se adequar, reorganizando-se, da maneira mais eficiente possível, para realizar a manufatura de um determinado produto.

O nome, Indústria 4.0 foi sugerido no ano de 2013 ao governo alemão, com base em um documento formulado pela academia nacional de ciências e engenharia da Alemanha (*National Academy of Science and Engineering – ACATECH*), na sequência do movimento originário da Coreia do Sul em 1999, quando engenheiros do país perceberam que as tecnologias vigentes poderiam modificar a forma de se produzir (LEE *et al*, 1999) e isso poderia alavancar a indústria local tornando-a ainda mais competitiva no mercado internacional.

Embora a Indústria 4.0 seja tratada como uma tecnologia voltada para a indústria, na realidade ela é uma nova forma de se utilizar as tecnologias com o fim de, na indústria, se ter uma melhor eficiência no processo produtivo, personalizando produtos em massa sem perder eficiência. Neste sentido as tecnologias utilizadas são denominadas de “tecnologias habilitadoras” da Indústria 4.0. Além de, segundo (QUIN *et al*, 2016) reduzir emissões de gases poluentes de gastos energéticos, o que, por consequência, reduz os custos de produção.

De acordo com Dorst (2016) a Indústria 4.0 é definida como sendo “a próxima etapa na organização e controle de todo o fluxo de valor ao longo do ciclo de vida de um produto. Este ciclo baseia-se em desejos cada vez mais individualizados dos clientes e varia desde a ideia, a ordem, desenvolvimento, produção e entrega ao cliente final até a reciclagem e serviços relacionados. O fundamental da Indústria 4.0 é a disponibilidade de todas as informações relevantes em tempo real através da rede de todas as instâncias envolvidas na criação de valor bem como a capacidade de obter o melhor fluxo de valor possível a partir de dados em todos os momentos. Conectar pessoas,

objetos e sistemas levando à criação de redes de valores otimizadas dinâmicas, auto-organizadas, inter organizacionais e em tempo real, que podem ser otimizadas de acordo com uma série de critérios, como custos, disponibilidade e consumo de recursos”, ou seja, a Indústria 4.0 é uma parte das futuras “*Smart Cities*” interligando pessoas, mobilidade urbana, indústrias, serviços e meio ambiente de forma eficiente e sustentável.

Tendo em vista que a base dessa nova maneira de se produzir é a troca de informações entre dispositivos e o tratamento adequado aos dados gerados por estes, esse artigo, resultado de uma iniciação científica, tem como principal objetivo identificar os principais protocolos de comunicação existentes no mercado e determinar qual o melhor que se adequa ao Centro de Competências em Manufatura Avançada (CCMA) do Instituto Mauá de Tecnologia. Também cabe ao pesquisador identificar novas tecnologias que podem ser aplicadas ao CCMA a fim de torná-lo mais enriquecedor aos alunos, que, por sua vez, terão maior contato com essas tecnologias existentes nas maiores indústrias mundiais, tornando a experiência das aulas práticas uma simulação muito próxima ao dia a dia de profissionais de várias áreas de conhecimento, além de servir como demonstrador para empresas parceiras da universidade, que é possível adequar a nova era industrial às micro, pequenas e médias empresas, e explicar qual a posição brasileira dentro da Indústria 4.0 quando comparada a outros países.

Material e Métodos

A primeira etapa da pesquisa baseou-se na identificação dos principais protocolos de comunicação existentes no mercado e qual seria a vantagem de se utilizar cada um deles. Sendo assim, os três principais protocolos encontrados e que são amplamente utilizados pelas grandes marcas de automação foram: OPC-UA®, MTCONNECT®, AutomationML®. Todos utilizam a programação em XML, uma linguagem largamente conhecida no mundo da programação, o que é uma vantagem em relação aos demais que utilizam linguagens diferentes. Contudo, os dois primeiros são conjuntos de padrões abertos e livres de *royalties*, o que os tornam mais viáveis quando se comparam custos e facilidade de uso. Além disso, ambos se uniram lançando um manual de especificações de como podem se complementar quando utilizados simultaneamente. O MTCONNECT funcionando horizontalmente apenas como transmissor de dados dentro da cadeia produtiva e o OPC-UA além de transmitir os dados sendo capaz de realizar comandos operacionais virtuais sobre as máquinas e se comunicar verticalmente com as outras instâncias das organizações.

A base de utilização desses dois protocolos pode ser dividida em cinco pontos, segundo o manual de utilização e funcionamento integrado dos protocolos (MTConnect Institute e OPC Foundation, 2013) sendo eles:

- 1) Dispositivo: qualquer equipamento gerador de dados;
- 2) Adaptador: software ou hardware que irá converter os dados gerados para o modo MTConnect ou OPC-UA. Esse adaptador só é preciso para equipamentos que não usam essa linguagem como padrão;
- 3) Agente: software que coleta os dados, armazena-os e, quando solicitado, filtra o pedido e envia apenas a informação solicitada-;
- 4) Cliente: fonte que solicita dados do Agente. Pode estar instalado em aplicativos (computadores e smartphones) ou embutidos em outros Dispositivos;
- 5) Rede: meio físico entre o dispositivo (gerador de dado) e o aplicativo (consumidor de dados). Normalmente é usada a rede padrão de comunicação na internet – TCP/IP.

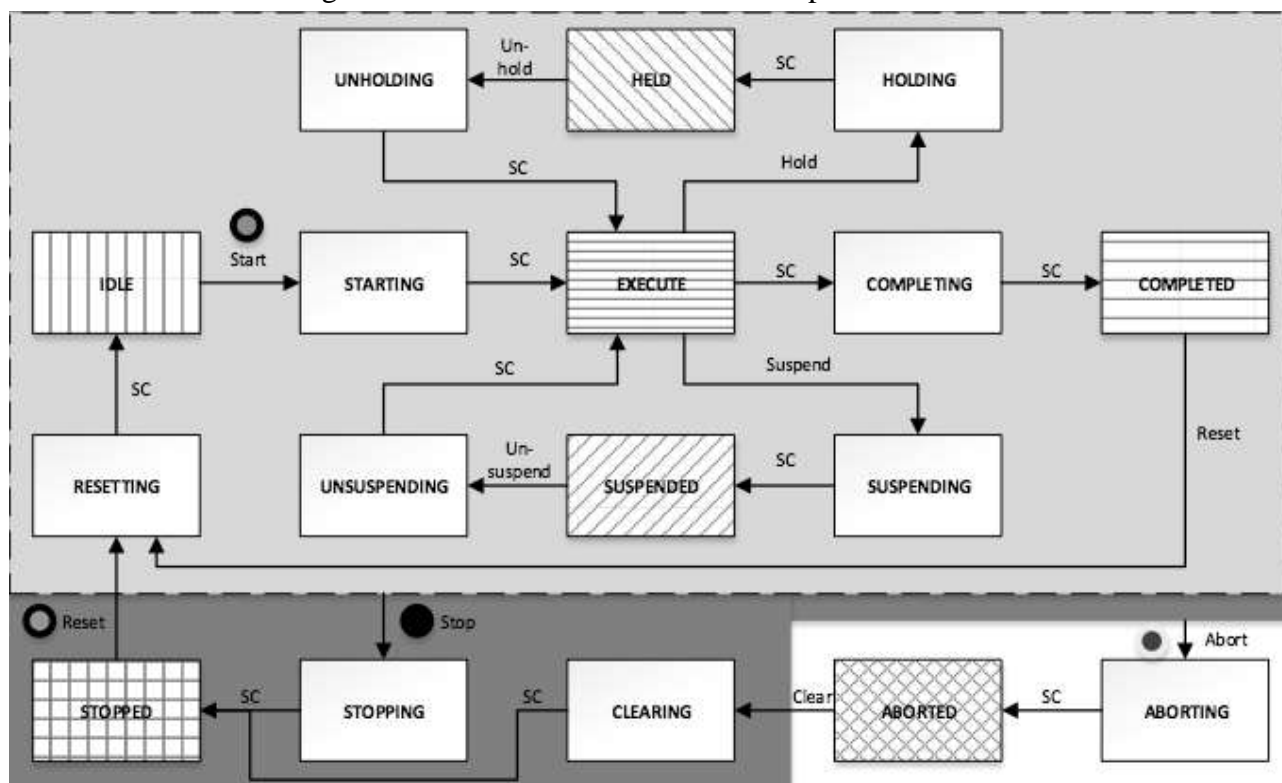
Encontrar profissionais capacitados na área, foi o maior desafio encontrado e documentado pelo governo brasileiro no documento que aborda a perspectiva de profissionais brasileiros sobre a Manufatura Avançada (MDIC; MCTIC, 2016) e isso foi vivenciado pela própria instituição em 2016 na Feira Internacional de Máquinas e Equipamentos (FEIMEC) quando com outras 23 empresas desenvolveu o primeiro demonstrador da Indústria 4.0 no Brasil. Nessa ocasião, foi necessário emular como a linha se comportaria caso a comunicação correta, utilizando-se protocolos de comunicação, estivesse funcionando, ou seja, nenhuma das 23 empresas,

consideradas referências em tecnologia, tinham experiência e profissionais na área que pudessem desenvolver essa atividade.

Durante o ano de 2017 foram desenvolvidas outras três feiras nas quais alunos do Instituto Mauá de Tecnologia, com o suporte de empresas multinacionais, conseguiram suprir essa lacuna existente nas indústrias, gerando conhecimento e experiência para a universidade.

Ao decorrer do ano em que foi realizado esse estudo, foi levantada a hipótese de se utilizar a ferramenta proposta pela OMAC (*Organization for Machine Automation and Control*), denominada PACK ML, utilizada em linhas de embalagem de indústrias alimentícias que aplica o conceito de estado de máquina nos componentes da indústria, para operação inteligente da linha, e desenvolver a mesma aplicação no CCMA. A possibilidade de se implementar essa nova metodologia surgiu da necessidade de se estabelecer uma inteligência de como e quando utilizar os dados gerados e armazenados, uma vez que os protocolos são apenas modos de se organizar e transmitir as informações geradas. A fim de suprir essa necessidade, uma série de estudos foi desencadeada com o intuito de adaptá-la ao uso do CCMA, uma vez que essa metodologia é utilizada para produção em massa e de grandes lotes enquanto que o uso que deve ser dado a ela é de lotes unitários produzidos em escala. Para isso, foi necessário estabelecer quais são os estados de cada máquina e qual a lógica de transição entre eles, seguindo o que a metodologia sugere para o funcionamento. Como base para esse estudo, foi utilizada a tabela sugerida pelo manual do PACK ML (NOKLEBY, 2015) onde se encontram 17 estados de máquinas sendo 10 de transição e 7 de ação. Outro ponto importante do estudo foi determinar os botões reais ou virtuais que seriam atribuídos à linha de produção para que o fluxo de produção ocorra adequadamente, como observado na imagem a seguir.

Figura 1 - Interface PackML com os respectivos botões




Fonte - NOKLEBY, 2015

Legenda – Representação e significado de cada estado de máquina e botões (continua)

Pattern	State	Description
	EXECUTE	Acting State - The unit/machine is in a stable acting state - unit/machine is producing.
	STOPPED IDLE COMPLETED	Wait State – A stable state used to identify that a unit/machine has achieved a defined set of conditions. In such a state the unit/machine is holding or maintaining a status until transitioning to an Acting state. The unit/machine is powered and stationary.
	RESETTING STARTING SUSPENDING UNSUSPENDING COMPLETING HOLDING UNHOLDING ABORTING CLEARING STOPPING	Acting State – A state which represents some processing activity, for example ramping up speed. It implies the single or repeated execution of processing steps in a logical order, for a finite time or until a specific condition has been reached, for example within the Starting state the quality of the received data is checking, before raping up speed for execution.
	HELD ABORTED	Wait state – A state which represents an error state on the Unit. In this state the unit/machine is not producing, until the operator have managed to make a transition to the EXECUTING state. The state holds the unit/machine operations while material blockage are cleared, or

Legenda – Representação e significado de cada estado de máquina e botões (conclusão)

Pattern	State	Description
		safe correction of an equipment fault before the production may be resumed.
	SUSPENDED	Wait State – In this state the unit/machine shall not produce any products. It will either stop running or continue to cycle without producing until external process conditions return to normal, at which time the SUSPENDED state will transition to the UNSUSPENDING state, typically without any operator intervention.

Botões

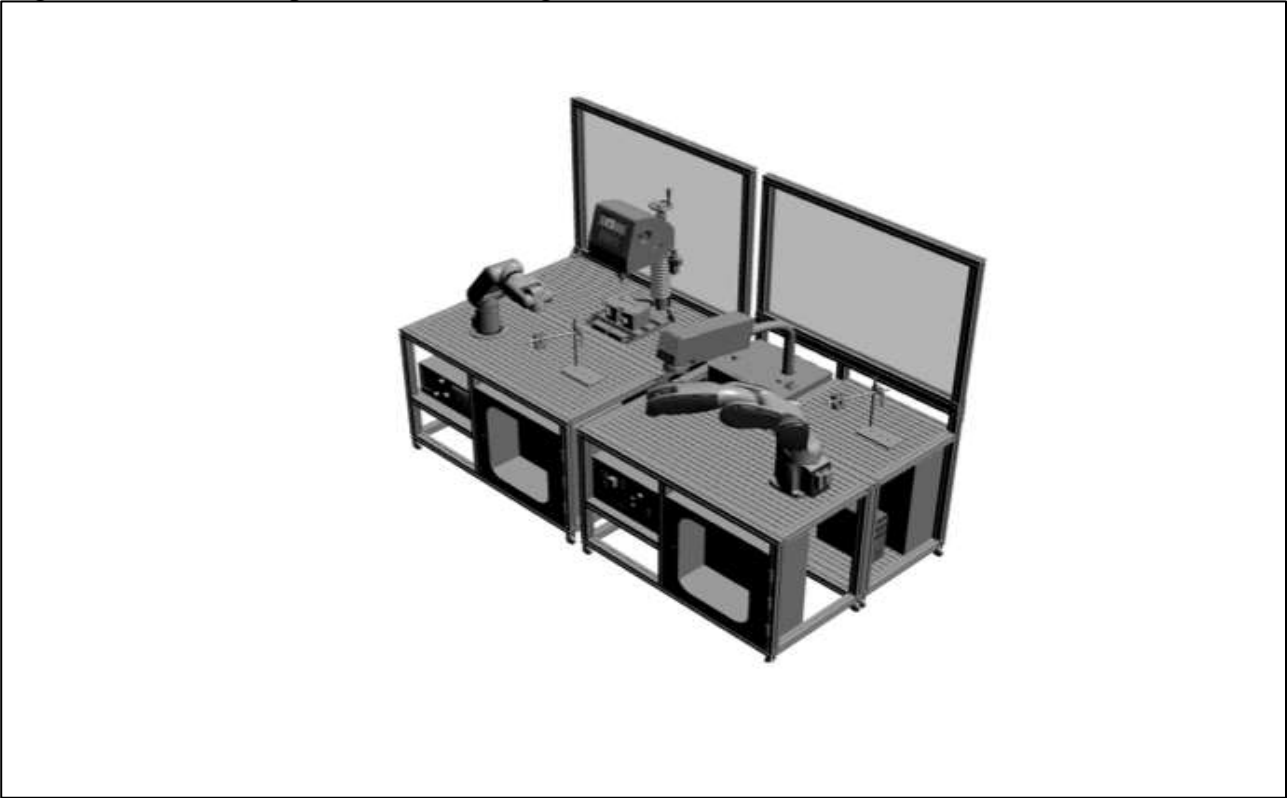


Fonte - NOKLEBY, 2015

Resultados e Discussão

Como resultado da ferramenta OMAC, foi gerada uma tabela para cada 1 dos 17 estados de máquinas e os comandos dos botões para um determinado módulo. Para o CCMA, um módulo é um conjunto de equipamentos destinados a realização de uma tarefa, o que para a metodologia OMAC equivale a uma máquina. Como exemplo e teste inicial, foi adotado o módulo da puncionadeira, onde se realiza a gravação personalizada de produtos, como mostra a Figura 4 e as Tabelas 1 e 2.

Figura 4 - Módulo da puncionadeira e da gravadora a laser



FONTE – IMT, 2017

Tabela 1 - Estados de máquinas de ação

Idle	
Robô	Rep. inicial
Puncionadeira	Recolhida
Leitor	desligado
sensor	-
Pause	-
Stop	-
Emergencia	-
Start	-
clear	-
Reset	-

Execute	
Robô	Executando
Puncionadeira	Executando
Leitor	Executando
sensor	-
Pause	-
Stop	-
Emergencia	-
Start	-
clear	-
Reset	-

Complete	
Robô	Rep. inicial
Puncionadeira	Recolhida
Leitor	desligado
sensor	✓✓
Pause	-
Stop	-
Emergencia	-
Start	-
clear	-
Reset	-

Held	
Robô	Pause
Puncionadeira	Pause
Leitor	Pause
sensor	-
Pause	-
Stop	-
Emergencia	-
Start	-
clear	-
Reset	-

Suspended	
Robô	Pause
Puncionadeira	Pause
Leitor	Pause
sensor	-
Pause	-
Stop	-
Emergencia	-
Start	-
clear	-
Reset	-

Aborted	
Robô	Aborted
Puncionadeira	Aborted
Leitor	Aborted
sensor	-
Pause	-
Stop	-
Emergencia	-
Start	-
clear	-
Reset	-

Stopped	
Robô	Stoped
Puncionadeira	Stoped
Leitor	Stoped
sensor	-
Pause	-
Stop	-
Emergencia	-
Start	-
clear	-
Reset	-

Fonte – Autor, 2017

Tabela 2 - Estados de máquinas de transição

Starting	
Robô	Rep. inicial
Puncionadeira	Recolhida
Leitor	desligado
sensor	✓
Pause	-
Stop	-
Emergencia	-
Start	-
clear	-
Reset	-

Completing	
Robô	peça na esteira
Puncionadeira	Recolhida
Leitor	Peça ok
sensor	-
Pause	-
Stop	-
Emergencia	-
Start	-
clear	-
Reset	-

Holding	
Robô	Executando
Puncionadeira	Executando
Leitor	Erro de Leitura
sensor	-
Pause	-
Stop	-
Emergencia	-
Start	-
clear	-
Reset	-

un-holding	
Robô	Pause
Puncionadeira	Pause
Leitor	Pause
sensor	-
Pause	-
Stop	-
Emergencia	-
Start	✓
clear	-
Reset	-

Suspending	
Robô	Executando
Puncionadeira	Executando
Leitor	Executando
sensor	-
Pause	✓
Stop	-
Emergencia	-
Start	-
clear	-
Reset	-

Un-Suspending	
Robô	Pause
Puncionadeira	Pause
Leitor	Pause
sensor	-
Pause	-
Stop	-
Emergencia	-
Start	✓
clear	-
Reset	-

Aborting	
Robô	Executando
Puncionadeira	Executando
Leitor	Executando
sensor	-
Pause	-
Stop	-
Emergencia	✓
Start	-
clear	-
Reset	-

Stopping	
Robô	Executando
Puncionadeira	Executando
Leitor	Executando
sensor	-
Pause	-
Stop	✓
Emergencia	-
Start	-
clear	-
Reset	-

Clearing	
Robô	Aborted
Puncionadeira	Aborted
Leitor	Aborted
sensor	-
Pause	-
Stop	-
Emergencia	-
Start	-
clear	✓
Reset	-

Reseting	
Robô	Stoped
Puncionadeira	Stoped
Leitor	Stoped
sensor	-
Pause	-
Stop	-
Emergencia	-
Start	-
clear	-
Reset	✓

Fonte – Autor, 2017

Um importante ponto para a transição entre os estados é o conteúdo que cada comando (botão) deve conter para cada estado em que a máquina se encontra. Ao se realizar testes com a tabela proposta pelo próprio manual, reproduzida na Tabela 3, percebeu-se que, como a ordem do fluxo e o número de estados não foi alterado, a lógica aplicada aos comandos permaneceu a mesma, gerando assim maior facilidade de compreensão quando estudantes e bolsistas treinados no CCMA tiveram que lidar com essa ferramenta em um ambiente industrial.

Tabela 3 - Mapeamento dos comandos e estados de máquinas da interface PackML

		Supplier dependent Machine State & transitions																		
		Not ready (Manual intervention required)	LTR – Local to Remote control	RTL – Remote to local control (E.g. error)	Idle	Download (Not supported by PackML)	Clear	Loaded	Select (Not supported by PackML)	Deselect (Not supported by PackML)	Ready	Start	Finished	Running	Pause	Continue	Hold	Reset	Kill	Upload (Not supported by PackML)
PackML Interface State	STOPPED	X																		
	Resetting		C				C													
	IDLE				X			X												
	Starting									X	C									
	EXECUTE												X							
	Holding			C																
	HELD	X																		
	Unholding		C																	
	Suspending														C					
	SUSPENDED																X			
	Unsuspending															C				
	Completing												C							
	COMPLETE													X						
	Aborting			C															C	
	ABORTED	X																		
	Clearing		C																	
Stopping			C															C		

Legenda 3 – X =State, C= Comando

Fonte - NOKLEBY, 2015

Quanto aos resultados do estudo dos protocolos de comunicação, foi decidido que o CCMA será um centro híbrido, ou seja, serão utilizados dois protocolos de comunicação, MTCONNECT e OPC-UA. Ambos trabalharão juntos na transmissão de dados e apenas o OPC-UA como operador sendo capaz de dar comando a dispositivos coordenando assim a logística de produção e servindo de interface para o sistema MES (*Manufacturing Execution System*). A utilização desses protocolos juntos já foi testada na Feira Internacional de Tecnologia para a Indústria de Alimentos e Bebidas (FISPAL) onde os próprios alunos da universidade foram os responsáveis por sua realização. Sendo assim, embora ainda não tenham sido implementado no CCMA essa experiência gerou conhecimentos prévios e portanto dando possibilidade de implementação dessa tecnologia.

Conclusões

Embora ainda não tenha sido possível implementar o estudo de protocolos de comunicação e a ferramenta OMAC no CCMA é possível prever que, de acordo com experiências já realizadas e publicadas em outras instituições (DCC, 2017), na cidade de Aachen, Alemanha, cujos resultados possíveis para os arranjos de seu centro de pesquisa e desenvolvimento são: Aumento de 5% na produtividade, 85% na precisão de previsão, além de redução de 50% no tempo de inserção no mercado e 50% no tempo de inatividade da máquina, entre outros, como redução do custo de qualidade de 10 a 20% e menores custos de manutenção de estoque de 20 a 50%. Com isso a Indústria 4.0 trará maior competitividade às empresas ou então uma grande desvantagem àquelas que não se atualizarem.

Isso tudo só será possível graças aos esforços iniciais de identificar e ultrapassar as lacunas encontradas nas empresas e na universidade, como é o caso dos protocolos de comunicação, e trazendo ferramentas de diferentes setores para serem adaptadas e implementadas no CCMA, deixando-o ainda mais rico em tecnologia e mais próximo da plenitude prevista da Indústria 4.0. Com isso é possível concluir que, para o Brasil, a quarta revolução industrial já é uma realidade, entretanto, é necessário que pesquisas continuem acontecendo principalmente em simulação computacional, e IoT (Internet of Things) permitindo que haja um controle do centro através de um ponto remoto, ou seja, um local fora da área industrial. Esses dois pontos serão os próximos que deverão ser estudados com maior ênfase dando continuidade à evolução do conhecimento e possibilitando elevar o nível da competitividade brasileira fazendo com que as indústrias e a universidade desenvolvam projetos de cooperação trazendo benefícios para ambos os lados e principalmente para um país como um todo, sendo mais produtivo, com menos recursos e maior competitividade.

Referências Bibliográficas

- Bitkom e.V., VDMA e.V, ZVEI e.V associations. Implementation Strategy Industrie 4.0. Report on the results of the Industrie 4.0 Platform. 2016.
- DIGITAL CAPABILITY CENTER. Disponível em <<https://www.dcc-aachen.com/>>. Acessado em 09/11/2017 às 18:03. Aachen, Alemanha. 2017.
- LEE, Y., LEE, G, Y., CHOI, H. **The Korea Advanced Manufacturing System (KAMS) Project.** International Journal of Machine Tools and Manufacture, 39(11), 1807-1810. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(99\)00033-4](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(99)00033-4). 1999.
- MDIC (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior); MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações), I. E. C. **Perspectivas de especialistas sobre a manufatura avançada no brasil- 2016.** Disponível em: <https://pt.slideshare.net/mdicgovbr/perspectivas-de-especialistas-sobre-a-manufatura-avancada-no-brasil-2016>. 2016.
- NOKLEBY, C. SESAM-World. PackML unit/machine Implementation Guide. OMAC, The Organization for Machine Automation and Control. 2015
- QUIN, J., LIU, Y., GROSVENOR, R. **A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond** Procedia CIRP, 52, 173-178. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>. 2016