

Controle de Processos de Solda no Contexto da Indústria 4.0

Danilo Lima de Souza (FIEL - Faculdades Integradas Einstein de Limeira) dannilodesouza@gmail.com
Eliane Regina Gomes (FIEL - Faculdades Integradas Einstein de Limeira) elianergomes@hotmail.com
Bianco Gallazzi da Silva Leite (FIEL - Faculdades Integradas Einstein de Limeira) biancogallazzi@gmail.com

Resumo:

A Quarta Revolução Industrial, surgida na Alemanha e denominada também de Indústria 4.0 tem por objetivo revolucionar a manufatura e caracterizar-se pelos princípios da conectividade e autonomia dos processos, através da automatização, robótica e da aplicação de sistemas de informação em toda a cadeia de valor. O emprego desses recursos permite que os processos sejam mais robustos e aumente e garanta a qualidade e a produtividade dos processos e dos produtos. Porém, devido ao conceito ser relativamente novo no Brasil e ser o novo paradigma das indústrias, faz-se necessário o estudo dos recursos aplicáveis aos controles de processos de solda. Dessa forma, este estudo tem por objetivo apresentar os conceitos da Indústria 4.0, os desafios, os benefícios e os impactos nas atividades industriais bem como os recursos que podem ser utilizados para controle de processos de solda, por meio da metodologia de revisão bibliográfica e de estudo de caso de uma célula de produção de uma Indústria Automotiva do interior de São Paulo, comparando-se o cenário atual ao cenário seguindo os princípios da Indústria 4.0. Pretende-se obter como resultados as características mais relevantes para o emprego deste conceito e seus benefícios para as indústrias que utilizem processos de solda.

Palavras chave: Indústria 4.0, Produtividade, Controle de Processos, Processos de Soldagem.

Welding Process Control in the Context of Industry 4.0

Abstract

The fourth Industrial Revolution, which start in Germany and also is called Industry 4.0 aims to revolutionize the manufacturing and characterize itself through of the connectivity and autonomy of the process based on automation, robotic and IT systems in all of your value chain. The application of this resources allows a robust process improving and assuring the quality and productivity of the process and the products. However, this concept is relatively new in Brazil, in order the new industries paradigm, so is necessary the study of the applicable resources to the welding process control. Therefore, the intention of this study is to present the Industry 4.0 concepts, the challenge, benefits and the impacts on the industry activity, also how the resources may be used for welding process control along of literature review and a case study applied in manufacturing line in an Automotive Industry in the state of São Paulo, comparing the current scenario with the scenario applying the Industry 4.0 principles. It's intend to obtain as results the most relevant characteristics for the application of this concept and their benefits to the companies that uses welding process

Key-words: Industry 4.0, Productivity, Process Control, Welding Process.

1. Introdução

Desde o surgimento da era industrial, a otimização dos recursos e a busca por novos meios de produção se tornou crucial para as indústrias, visto que na competitiva concorrência mercadológica atual, é necessário ter vantagens sobre seus concorrentes e buscar continuamente inovações, através do desenvolvimento de novas tecnologias e maximização da eficiência dos

processos. De acordo com a CNI (2016), é fato que as empresas que não adotarem as tecnologias digitais terão muita dificuldade de se manter competitivas e, conseqüentemente, no mercado.

Em meio aos séculos XVIII e XIX, ocasião em que houve o surgimento da primeira e segunda revolução industrial, foi estimulado o crescimento e desenvolvimento de indústrias de aço, têxtil, elétrica, entre outros seguimentos. Segundo a citação de Silveira (2009), o período da Segunda Revolução Industrial ficou marcado pelo avanço científico e tecnológico. A terceira revolução industrial foi caracterizada pela era digital, onde surgiram e foram desenvolvidas em passo acelerado novas tecnologias, impactando as indústrias e direcionando ao panorama que temos atualmente. Schwab (2016) assegura que no século XXI, há uma força impulsionadora da quarta revolução industrial, a tecnologia. Ela traz uma gama de novas ferramentas, sensores, nanotecnologia e dispositivos para admitir mais próximos os mundos real e virtual. Ele ainda ressalva que diferente das outras revoluções, que foram analisadas após acontecerem, a indústria 4.0 está sendo acompanhada no andamento da sua transformação.

Ciente dessa nova transformação na esfera industrial, as indústrias automotivas, mundialmente notadas por sua competitividade, pela constante busca por melhoria e maximização da eficiência dos processos e emprego de novos conceitos em toda cadeia produtiva, vem buscando meios de se atualizar diante desse novo conceito, a fim de garantir o aumento da produtividade, da qualidade de seus produtos e processos, e também, competitividade frente aos concorrentes. Grandes empresas fabricantes e fornecedoras do setor automotivo deram início a corrida para a Indústria 4.0, visto que este exercício tem se mostrado vantajoso. Boucherat (2016) expõe em sua publicação na revista Automotive World que a Bosch conquistou um aumento de 25% na produção do seu sistema de frenagem automática (ABS) e do programa de estabilidade eletrônica (EPS), simplesmente com a introdução de linhas inteligentes e conectadas.

Este artigo foi desenvolvido para demonstrar os conceitos da Indústria 4.0, os desafios, os benefícios e os impactos nas atividades industriais, bem como os recursos que podem ser utilizados nos processos de solda, por meio da metodologia de revisão bibliográfica e de estudo de caso de uma célula de produção de uma Indústria Automotiva do interior de São Paulo..

2. Referencial teórico

2.1. Quarta revolução industrial

Segundo Lima (2017), a primeira revolução foi caracterizada pela era da máquina a vapor, em meados de 1760 e 1840, onde sucedeu o início das construções das ferrovias e o início da produção mecanizada. De acordo este autor, a segunda Revolução Industrial ocorreu entre meados do século 19 até a metade do século 20, sendo esta marcada pela invenção da eletricidade e também da linha de montagem, sobressaindo a produção em massa.

Impulsionada pelos computadores e por semicondutores, surge a Terceira Revolução Industrial, também denominada de Revolução digital, por volta das décadas de 60 a 90. Passadas algumas décadas, com os avanços tecnológicos e o uso cada vez mais frequente da internet, surge um novo conceito conhecido como Indústria 4.0 ou Quarta Revolução Industrial. Segundo Silveira (2016), o termo Indústria 4.0 se originou a partir de um projeto de estratégias do governo alemão voltados à tecnologia e que ele foi usado pela primeira vez na Feira de Hannover no ano de 2011. Ele afirma também que os propulsores pelo projeto foram Siegfried Dais, da empresa Robert Bosch GmbH e Kagermann, da empresa Acatech, pois foram responsáveis por elaborar e expor um plano para o governo alemão realizar a implantação e alcançar seu objetivo. O objetivo estratégico consiste em explorar o alto

potencial econômico e de inovação resultante do impacto das tecnologias de informação e comunicação na indústria (ANDERL, 2015). No que tange a competitividade, Kagermann et al. (2013) diz que o escopo é consolidar o país como líder na área de tecnologia se fortalecendo globalmente.

A indústria 4.0 é caracterizada pela interconectividade de processos, cadeia de suprimentos e valor, produtos, modelos de negócios, digitalização dos dados e manufatura de produtos através de processos e métodos inteligentes (FORSCHUNGSUNION et. al., 2013). O conceito fábrica inteligente se comunica com as pessoas, as máquinas e recursos e uma mudança de paradigma se faz necessário para a integração e adequação à indústria 4.0, visto que ela já está ocorrendo de forma gradual (KOCH et al., 2014).

A indústria 4.0 ainda trará impactos positivos em três pilares do conceito de sustentabilidade. As empresas poderão aumentar sua lucratividade não apenas baseadas em ganhos de escala, como acontece hoje, mas em conhecer com mais profundidade seus consumidores, eliminando ineficiências no processo fabril e permitindo o uso de recursos naturais de forma otimizada. A geração de resíduos tende a diminuir e as empresas poderão desenvolver soluções mais robustas para seus produtos quando chegarem ao final da vida útil, com base na análise de dados do comportamento do consumidor (PALMA et al. 2017).

2.2. Indústria 4.0 no Brasil

Conforme a Confederação Nacional da Indústria, o uso de tecnologias digitais na indústria brasileira é pouco difundido e levando em conta o total das indústrias, apenas 58% conhecem a importância dessas tecnologias para a competitividade da indústria e menos da metade as utiliza (CNI, 2016).

Nota-se que as empresas têm focado em aprimorar os processos produtivos, aumentando a produtividade, para posteriormente focar em processos de inclusão de novos recursos e desenvolvimento de novos modelos de produção. Entretanto, a Confederação salienta que considerando a posição competitiva do Brasil na economia global, o mais recomendado seria que o esforço da digitalização fosse realizado, simultaneamente, em todas as dimensões (CNI, 2016). De acordo com Zancul (2016), o Brasil tem poucos setores competitivos em escala global. Para competir globalmente, a indústria nacional deve aumentar sua produtividade e sua participação na economia brasileira (EXAME, 2016), logo, o esforço simultâneo aceleraria o crescimento das indústrias e elevaria o Brasil a um novo patamar.

Marques (2017) diz que o desafio consiste em garantir competitividade à indústria brasileira diante de uma transformação que ganha corpo na Europa e nos Estados Unidos, dando mais eficiência e flexibilidade a linhas de produção e reduzindo custos.

3. Pilares da indústria 4.0

Para Spricigo (2018), a indústria 4.0 é fundamentada em pilares essenciais para sua existência e desenvolvimento, focando na melhoria, captação e análise de dados e maximização da eficiência dos processos, através dos conceitos Big Data; IoT (Internet of Things); Manufatura aditiva; Simulação; Realidade Aumentada; Sistemas cyberfísicos; Robótica; Cibersegurança e Computação em nuvem, conforme demonstrado abaixo na figura 1 e nos tópicos subsequentes:

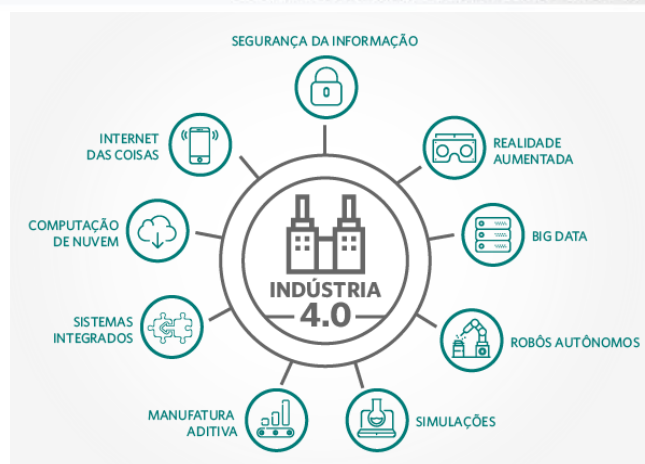


Figura 1: Pilares da Indústria 4.0

3.1. Big Data

O termo vem da capacidade de processar uma grande quantidade de dados considerando a velocidade e variedade. Esses dados devem ser transformados em informações que serão utilizadas por empresas no auxílio da tomada de decisões. De acordo com Kagermann et al. (2013), o big data é uma inovação que permite a execução de simulações aperfeiçoadas de dados em tempo real, essenciais na tomada de decisão. Quando se fala dos benefícios, Koike (2018) cita como principal vantagem a transformação de dados em informações, que contribuirá em redução de falhas no chão de fábrica, embasamento para planejamentos estratégico, e gestão de sistemas para manutenção preventiva.

3.2. Robôs autônomos

Os robôs estão inseridos em ambientes produtivos, desde a terceira revolução industrial, contudo, com os avanços tecnológicos, possibilitam um funcionamento com maior autonomia, e também integração com o homem (REHMAN et al. 2015). Segundo Spricigo (2018), eles vieram para aumentar as habilidades humanas colaborando com maior segurança em atividades de risco, e também na redução de falhas, gerando um impacto direto e significativo no aumento da produção, redução de custos, logo, crescimento dos lucros.

3.3. Simulação

De acordo com Shao et al. (2014), a simulação já faz parte do cotidiano de algumas empresas no desenvolvimento de novos produtos, compra de matéria prima, e processos produtivos. Portanto, através de sistema cyberfísicos, os trabalhadores terão essa facilidade em sua rotina, proporcionando uma jornada mais assertiva em algumas experiências diárias. Sendo assim, eles poderão enxergar novos layouts, setup de máquinas, e arranjo de processos.

3.4. Manufatura aditiva

Através de bases virtuais que são executados em programas como CAD, obtém-se peças físicas com o auxílio de uma impressora 3D. Essa ferramenta colabora na produção de uma fase essencial do desenvolvimento de um novo produto, a prototipagem. (VOLPATO, 2006). Como cita Gibson et al. (2010), essa tecnologia já está além de apenas prototipagem, quando já estão sendo fabricados componentes funcionais a partir de arquivos digitais.

3.5. Sistemas integrados

Segundo Barreto (2017), o objetivo da integração dos sistemas é ir além do que está dentro da fábrica e interconectar também o que está lá fora como economia, cadeia de distribuição e fornecedores. A integração de sistemas é dividida em vertical e horizontal: a horizontal envolve tudo o que está ligado a cadeia de valor externa à fábrica, e a vertical, faz com que a conexão seja entre níveis da fábrica, partindo do chão de fábrica, até o executivo da empresa.

3.6. Computação em nuvem

Segundo Tanenbaum et al. (2016), a tecnologia está sendo bem utilizada e de diferentes maneiras, existindo as nuvens consideradas públicas disponíveis para uso, e outras para quem está disposto a pagar por esse serviço. É uma tecnologia que veio para unificar dados que antes eram armazenados por servidores e grandes computadores, dessa forma esses arquivos podem ser acessados de qualquer computador com acesso permitido e qualquer lugar. Hashizume et al. (2013), definem a nuvem como a arquitetura de distribuição de informações, tendo como seu maior objetivo armazenar dados com agilidade, eficiência e de forma cabível.

3.7. Internet das coisas

A internet das coisas, também conhecida pelo termo em inglês Internet of Things (IoT), vem ascendendo em meio a sensores e microeletrônica de comunicação. De forma resumida, podemos dizer que a internet das coisas vai além da internet que estamos acostumados, entrando na extensão para objetos que usamos em nossas rotinas, onde um dia será possível controlá-los sem estar perto dos mesmos. Tema que traz uma incrível facilidade para o dia-a-dia, mas além de suas vantagens, traz uma bagagem de desafios de como integrar esses objetos à internet falando sobre a restrição de processamento, entre outros. (MATTERN et al. 2010).

3.8. Cybersegurança

De acordo com Militão (2014), a Cibersegurança pode ser definida de várias maneiras, de forma resumida são medidas que buscam garantir o bom relacionamento e funcionamento de ações no ciberespaço. Ele ainda complementa que, aplicado as novas tecnologias que podem ser usadas na indústria, essa segurança pode ser considerada uma lei onde dita os limites da internet, e usa do apoio de órgãos de segurança pública para proteger a imagem e informações que estão na internet.

3.9. Realidade aumentada

A realidade aumentada é uma tecnologia com o intuito de manter o usuário em seu ambiente físico e dar a ele uma experiência de trazer junto dele de uma maneira simples o ambiente virtual. Essa ferramenta tem um futuro promissor dentro da quarta revolução industrial, no desenvolvimento de simulações, como novos layouts para a indústria, visualização de um novo projeto. Hoje já existem aplicativos de celulares que proporcionam ao usuário esse tipo de realidade. (SISCOUTO et al. 2004).

4. Processos de soldagem no contexto da indústria 4.0

De acordo com a Sumig (2017), depois de três revoluções industriais, a nova revolução traz um grande progresso para expandir e evoluir ainda mais a fabricação como é conhecida

atualmente, não deixando de englobar a área da soldagem que está interligada diretamente com essa nova indústria.

4.1. Robotização e soldagem

Baseado no novo cenário de produção, movido a automatização, interconectividade e robotização, a Sumig (2017) afirma que o próximo passo das indústrias da área de soldagem é automatizar cada vez mais os processos.

O quadro de crescimento da economia brasileira nos últimos anos mostra a perspectiva de expansão do parque instalado de robôs que são destinados a operações de soldagem e de corte nas indústrias (ESAB, 2008). É ressaltado por Clond (2017) que o surgimento de mais automação e troca de dados entre máquinas na área de fabricação pode ajudar as operações de soldagem de todos os tamanhos a atender às expectativas até mesmo dos clientes mais exigentes. A soldagem automatizada garante processos rápidos, alta qualidade de soldagem constante, soldagem uniforme, pode ser realizada com vários métodos diferentes e, normalmente, os períodos são curtos para amortização. A Esab (2008), reforça que estas aplicações respondem, além de uma necessidade de aumentar a qualidade e a produtividade, sobretudo, a segurança em lugares nos quais o ser humano se submeteria a circunstâncias insalubres ou sujeito à realização de esforços repetitivos.

4.2. Computação em nuvem aliada aos controles de processos de soldagem

De acordo com a Sumig (2017), com a transformação digital ocasionada pela Indústria 4.0, no segmento da solda, é possível que o operador acompanhe, por exemplo, todo o processo de solda, as falhas e as necessidades do equipamento de forma remota, ou seja, sem precisar estar na mesma célula produtiva, através de um dispositivo conectado à internet, pois os dados ficam armazenados em nuvem e todos os envolvidos no processo podem ter acesso às informações. Ela ainda destaca que, baseado nesses dados, outras máquinas podem receber as informações sobre seu status e as condições das peças recém produzidas e a partir disso, realizar ajustes na própria máquina para se adequar às condições necessárias para realizar o próximo processo.

4.3. Simulação para processos de soldagem

O uso de simuladores de realidade aumentada se mostra bastante eficaz como metodologia para a formação de soldadores, implicando na formação robusta de um profissional da área técnica e também, impactando em ganhos econômicos (REVISTA AÇO, 2014).

De acordo com o ISQ (2017), o simulador permite reduzir os desperdícios com materiais e consumíveis que representam custos elevados e verificar também se o operador está apto para soldar adequadamente.

Ainda segundo a Revista Aço (2014), os custos com energia elétrica e estrutura física são reduzidos e os riscos de acidentes com gases tóxicos e queimaduras são anulados. No que tange a habilidades de solda tais como postura, velocidade de soldagem, habilidades manuais e o modo que a distância e os gases inertes de proteção influenciam o arco elétrico são praticadas veementemente por meio de simulação.

5. Estudo de caso

O presente estudo de caso foi realizado em uma célula de produção de uma indústria multinacional automotiva do interior do estado de São Paulo.

A empresa tem por objetivo investir em recursos e tecnologias para obter uma célula autônoma, visando melhoria e padronização de processos para atingir ganhos em produtividade e redução de custos com mão de obra.

A célula estudada é responsável por um processo de soldagem de chapas calandradas, transformando-as em tubos catalíticos que envolvem cerâmicas. Os recursos empregados nessa célula são:

- a) 1 operador: Responsável por operar uma calandra, uma máquina de solda plasma e uma máquina serra que executa recortes dos excessos de chapa, além de realizar a embalagem dos tubos catalíticos em caixas KLT, os quais serão enviados para um cliente interno, ou seja, outra célula produtiva;
- b) 1 máquina de solda plasma;
- c) 1 calandra;
- d) 1 Serra.

Antes da implementação dos conceitos de indústria 4.0, que se iniciaram no segundo semestre de 2017, a célula já contava com processos automatizados nas máquinas de solda e calandra, porém para alcançar autonomia e redução de custos, faz-se necessário outros investimentos.

5.1. Investimento em recursos empregados na indústria 4.0

Um dos elementos chave para a contextualização da linha de produção com a indústria 4.0, foi a implementação de um robô colaborativo, com o intuito de ser utilizado para substituir a mão de obra humana nessa célula. O robô conta com o incremento de uma garra responsável por coletar, segurar e transportar a matéria prima e o produto pós operação, levando-a de uma operação a outra.

A célula foi adaptada com a instalação de uma mesa com um sensor de posição responsável por rotacionar o tubo para que ele fique na posição adequada para receber a solda, ou seja, com a abertura para cima. Também, pode-se citar o robô de solda como um dos aspectos da indústria 4.0 presentes nessa célula, pois ele recebeu a instalação de sensores de presença que permite que ele inicie os processos sem o acionamento por mão de obra humana.

No quadro 1, é possível observar a descrição dos itens e os custos que foram necessários para a adaptação, funcionamento do robô e automação da linha:

Descrição dos investimentos	Quantidade	Valor (R\$)
Mesa das chapas ("enclausuramento")	1	R\$ 3.365,00
Mesa (saída calandra) + sensor	1	R\$ 14.980,00
Componentes para automação	1	R\$ 9.000,00
Mesa (saída corte - Rampa)	1	R\$ 1.980,00
Garra	1	R\$ 19.980,00
Proteção para a saída da solda	1	R\$ 400,00
Pedestal	1	R\$ 1.000,00
Scanner	1	R\$ 7.361,95
Robô colaborativo	1	R\$ 106.000,00
Total	-	R\$ 164.066,95

Quadro 1: Recursos e custos necessários para adaptação da linha

5.2. O processo

Na Figura 2, consta o layout da célula já com a implementação do robô, no qual é possível entender como o processo é realizado. Não foi necessário realizar mudanças na disposição das máquinas, devido ao espaço ser suficiente para a movimentação do robô colaborativo.

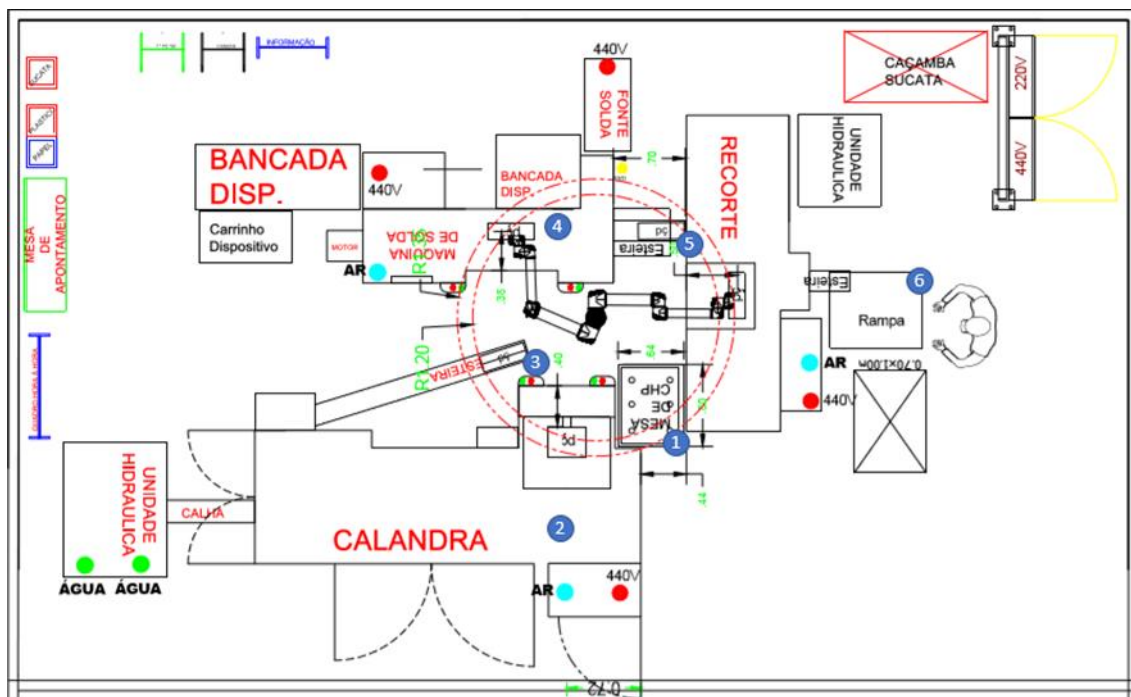


Figura 2: Layout da célula

O ponto 1, indicado na figura, é onde se inicia o processo, no qual o robô, com sua garra de sucção a vácuo (ventosa), coleta a matéria-prima e a leva até o ponto 2, etapa onde a chapa é calandrada, recebendo uma forma tubular. Após a operação 2, a chapa calandrada é transportada por uma esteira automática até a mesa rotativa, indicada pelo ponto 3, que o deixará na posição correta (com a abertura para cima) para receber o cordão de solda plasma. Nessa fase, uma vez que a chapa calandrada está na posição indicada, o robô coleta o tubo e o transporta até a máquina de solda, identificada como ponto 4, onde é realizada a soldagem. Em seguida, o tubo é levado por uma esteira até o ponto 5, onde ocorre o recorte do excesso de material. Por último, o operador retira o tubo do compartimento e armazena na embalagem. Inicialmente, antes de realizar a implantação do robô colaborativo e da mesa de rotação da chapa calandrada, todas as operações de coleta de matéria-prima, abastecimento da calandra, rotação do tubo e abastecimento da máquina de solda eram realizadas pelo operador. Atualmente, após as modificações e implementações, ele executa apenas o abastecimento da serra, a qual realiza a operação de recorte e também o armazenamento das peças nas embalagens.

6. Resultados e discussões

A empresa conseguiu resultados significativos após a implementação dos princípios da quarta revolução industrial. Um dos benefícios foi a redução de custo com mão de obra, visto que o robô é capaz de substituir três operadores, sendo um operador por turno e considerando que a célula opera em três turnos. Atualmente, devido à recente implementação do robô e pela necessidade de mais adequações e automatização nas operações de recorte e embalagem, o operador ainda dedica parte do seu tempo nessa célula realizando essas duas operações, entretanto, tem mais tempo disponível para dedicar a outras atividades e responsabilidades. A empresa pretende eliminar a mão existente nessa célula com o emprego de mais recursos e também expandir as lições aprendidas nessas adequações para outras células produtivas. Os custos com os colaboradores podem ser conferidos no quadro 2:

Situação	Custo com mão de obra por colaborador (R\$)	Quantidade de colaboradores (3 turnos)	Custo total com mão de obra (R\$)
Antes da melhoria	R\$ 5.000,00	3	R\$ 15.000,00
Pós melhoria	R\$ 2.500,00	3	R\$ 7.500,00
Redução de custo com mão de obra			R\$ 7.500,00

Quadro 2: Custos com mão de obra

Não foram identificadas melhorias em relação a aumento de produtividade (taxa horária), conforme demonstrado no gráfico 1. Também, é possível notar uma queda na produtividade nos meses de janeiro e fevereiro de 2018, período em que as melhorias foram implementadas

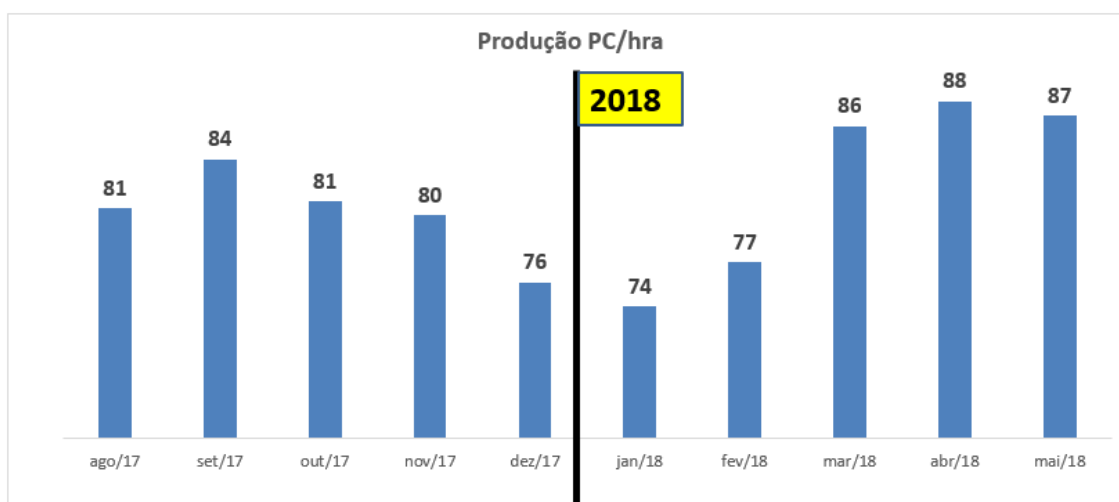


Gráfico 1: Produtividade mensal da célula

Considerando a redução de custo com mão de obra, o retorno do investimento se dará a partir do 22º mês em relação a data de implementação dos recursos e melhorias, conforme ilustrado no gráfico 2:

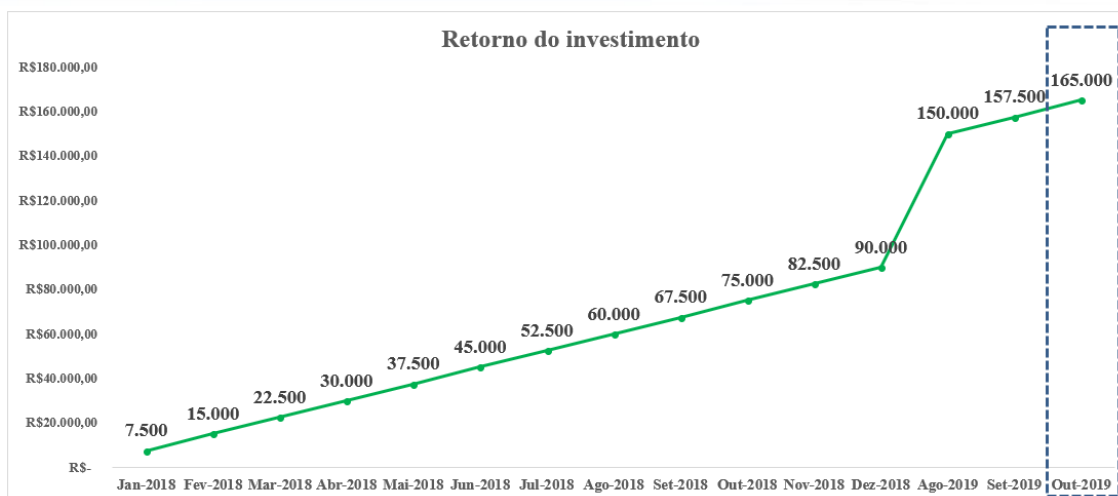


Gráfico 2: Prazo para obter retorno do investimento

O principal resultado alcançado com essas melhorias é a obtenção de uma linha de produção com maior flexibilidade e autonomia, contribuindo para a empresa sobressair na corrida tecnológica e frente à indústria 4.0, consolidando sua imagem nesse cenário e impactando em parâmetros que contribuem de forma positiva para sua competitividade do mercado automotivo.

7. Considerações finais

Levando em consideração as transformações que as industriais vêm sofrendo por conta da globalização, a principal ferramenta é a adaptação. Ao observar os resultados obtidos após uma reformulação de uma célula produtiva que possui processos de calandragem e solda, comprova-se os reflexos positivos que a indústria 4.0 traz às empresas, e também expõe que este é um importante passo para se aprofundar em um mercado com considerável competitividade como é o automotivo.

Porém, não se pode descartar os desafios que elas sofrem. No que tange a tecnologias ligadas diretamente aos processos de solda, nota-se que fabricantes e desenvolvedores tem buscado novas soluções para as indústrias, entretanto, as empresas ainda estão se adaptando gradualmente para receber e implementar todos os recursos disponíveis e viáveis aos seus processos, visto que a fase das adequações requer um grande investimento em recursos de manufatura, softwares e mão de obra especializada nas instalações, operações e manutenções.

Referências

ACATECH, National Academy of Science and Engineering. *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. 2013. Disponível em: <http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf> Acesso em: 04 maio 2018.

ANDERL, Reiner. *Industrie 4.0 – technological approaches, use cases, and implementation*. *Automatisierungstechnik*, p. 1-2, 2015.

BOUCHERAT, X. *Industry 4.0 and the rise of smart manufacturing*. *Automotive Megatrends Magazine*, Q2, p. 59-61, 2016.



VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ponta Grossa, PR, Brasil, 05 a 07 de dezembro de 2018

CNI (Confederação Nacional da Indústria). *Sondagem especial Indústria 4.0.* Indicadores CNI, n. 2, p.1-13, 2016.

CLOND, David. *Welding in the Industry 4.0 world.* Disponível em: <<https://www.thefabricator.com/article/arcwelding/welding-in-the-industry-4-0-world>> Acesso em: 04 Jun. 2018.

ESAB. *Revista Solução.* 10ª edição, 2008. Disponível em: <https://www.esab.com.br/br/pt/education/solucao_magazine/upload/revista_solucao_10.pdf> Acesso em: 08 Mai. 2018.

FORSCHUGSUNION. *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0.* Alemanha. 2013.

GIBSON, I.; STUCKER, B.; ROSEN, D. W. *Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing.* New York: Springer, 2010.

GIL, Antonio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social.* 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GRILLETI, Lais. *Indústria 4.0: as oportunidades de negócio de uma revolução que está em curso.* Disponível em: <<https://endeavor.org.br/industria-4-0-oportunidades-de-negocio-de-uma-revolucao-que-esta-em-curso/>> Acesso em: 09 de mai. 2018.

HASHIZUME, Keiko, ROSADO, David G., FERNÁNDEZ-MEDINA, Eduardo, FERNANDEZ, Eduardo B. *Na analysis of security issues for cloud computing.* Journal of Internet Services and Applications, fev, 2013.

ISQ. *Indústria 4.0 | ISQ apresenta simulador de soldadura digital.* Disponível em: <<https://www.isq.pt/industria-4-0-isq-apresenta-simulador-soldadura-digital/>> Acesso em: 30 Mai. 2018.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0.* Final report of the Industrie 4.0 Working Group. 82 p., 2013.

KOCH, V. et al. *Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet.* PWC. 2014.

KOIKE, Tiago. *O big data na indústria 4.0: Qual a sua importância?* Pollux Blog, 2018. Disponível em: <<https://www.pollux.com.br/blog/big-data-na-industria-4-0-qual-sua-importancia>> Acesso em: 16 mai. 2018.

LIMA, Rodrigo. *A Quarta Revolução Industrial.* Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/tecnologia/a-quarta-revolucao-industrial/108184/>> Acesso em: 23 abr. 2018.

MALLMANN, Matheus Andre. *Panorama dos Trabalhos de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção da Universidade de Santa Cruz do Sul.* In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 36., João Pessoa. Anais... Rio de Janeiro: ABEPRO, 2016.

MARQUES, Fabricio. *A corrida da indústria 4.0.* Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/09/22/a-corrida-da-industria-4-0/>> Acesso em 05 abr.2018.

MATTERN, F. and FLOERKEMEIER, C. (2010). *From the internet of computers to the internet of things. In From active data management to event-based systems and more*, pages 242–259. Springer.

MILITÃO, Octávio .P. *Guerra da Informação: a cibersegurança, a ciberdefesa e os novos desafios colocados ao sistema internacional.* Abril 2014.

PALMA, J. M. B. et. Al. *Os princípios da Indústria 4.0 e os impactos na sustentabilidade da cadeia de valor empresarial.* 6th International Workshop Advances in Cleaner Production. Mai 2017.



VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ponta Grossa, PR, Brasil, 05 a 07 de dezembro de 2018

REHMAN, A. UR; NECSULESCU, D.-S.; SASIADEK, J. *Robotic Based Fire Detection in Smart Manufacturing Facilities*. IFAC-PapersOnLine, v. 48, n. 3, p. 1640–1645, 1 jan. 2015.

Revista Aço. *Simulador de Soldagem – A realidade aumentada aplicada na formação de soldadores*. Disponível em: <<http://www.revistadoaco.com.br/simulador-de-soldagem-a-realidade-aumentada-aplicada-na-formacao-de-soldadores/>> Acesso em 29 Mai. 2018.

SHAO, G.; SHIN, S.-J.; JAIN, S. *Data Analytics Using Simulation for Smart Manufacturing*. Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference. Anais: WSC '14. Piscataway, NJ, USA: IEEE Press, 2014.

SILVEIRA, Cristiano B. *O Que é Indústria 4.0 e Como Ela Vai Impactar o Mundo*. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>> acesso em 15 mai. 2018.

SISCOUTO, R.A; TORI, R.; *AVTC-Augmented Virtuality Tele-Conferencing*. In: I workshop sobre Realidade Aumentada, Piracicaba, Brasil, Maio, 2004.

SPRICIGO, Bruno *Resumo sobre Industria 4.0: entenda rapidamente os conceitos e benefícios*: 2018. Disponível em: <<https://www.pollux.com.br/blog/resumo-sobre-industria-4-0-entenda-rapidamente-os-conceitos-e-beneficios/>> Acesso em: 16 mai 2018

SCHWAB, Klauss. *A Quarta Revolução Industrial*. Edipro. 2016.

SUMIG. *Indústria 4.0 e suas aplicações na área da soldagem robotizada*. Disponível em: <<https://www.sumig.com/pt/blog/post/industria-40-e-suas-aplicacoes-na-area-da-soldagem-robotizada>> Acesso em: 30 Mai. 2018.

TANENBAUM, A S.; BOS, H *Sistemas Operacionais Modernos*. 4.ed. São Paulo: Pearson, 2016.

VOLPATO, N. *Prototipagem Rápida: Tecnologias e Aplicações*. São Paulo: Edgard Blücher, (2007), p. 2 – 3.

YIN, R. K. *Estudo de Caso - planejamento e método*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZANCUL, Eduardo. *O Brasil está pronto para a indústria 4.0?* Revista Exame, 2016. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/publicidade/siemens/conteudo-patrocinado/o-brasil-esta-pronto-para-a-industria-4-0>> Acesso em: 14 Mai. 2018.