ROBÓTICA COLABORATIVA: A UTILIZAÇÃO DE ROBÔS NOS PROCESSOS PRODUTIVOS

SANTONI, Fabiano[1].
LUCATO, André Vicente Ricco[2].

https://doi.org/10.47820/recima21.v2i10.914

RESUMO

Os robôs colaborativos são máquinas que permitem automatização de atividades produtivas. Seu desenvolvimento tem como principal finalidade o compartilhamento da área de trabalho com o homem, exigindo baixa especialidade técnica e menor carga de treinamento ao operador, aliado a aspectos preventivos e de segurança com objetivo de evitar ao máximo qualquer espécie de acidente. O sistema pelo qual são desenvolvidos estes robôs, permite a parada ou redução gradativa de velocidade da máquina após detectar um obstáculo no seu percurso a determinada distância, impedindo assim, um eventual choque com o usuário. Os cobots, como são conhecidos os robôs colaborativos, caracterizam-se também por serem flexíveis e simples quanto ao seu manuseio, permitindo um sistema *teach-in* (modo aprendizado) através de indicações manuais associadas a direção e funcionalidades adicionais. O presente estudo justifica-se, principalmente, pelo fato de que os robôs colaborativos oferecem diversos benefícios nas atividades consideradas exaustivas e repetitivas, oferecendo também segurança e agilidade em ambientes que possam oferecer riscos para a saúde dos indivíduos, com foco no aumento de qualidade e eficiência nos processos produtivos. Os robôs colaborativos como ferramentas de trabalho, podem adicionar vantagens competitivas as organizações que optarem pela sua utilização. O objetivo geral desse estudo foi levantar as características da robótica colaborativa e as vantagens proporcionadas na sua adoção no processo produtivo. Esta pesquisa baseia-se em revisão bibliográfica para atingir os resultados e conclusões do objetivo proposto.

Palavras-Chave: Competitividade. Ambiente de Trabalho. Processos Produtivos. Robótica Colaborativa. Segurança e Prevenção.

[1] Graduando no curso de Engenharia Elétrica, na Universidade de Araraquara - UNIARA, Araraquara/SP. E-mail: fsantoni@uniara.edu.br
[2] Professor e orientador no curso de Engenharia Elétrica, na Universidade de Araraquara – UNIARA, Araraquara/SP. E-mail: avrlucato@uniara.edu.br

COLLABORATIVE ROBOTICS: THE NEW GENERATION OF ROBOTS IN PRODUCTIVE PROCESSES

ABSTRACT

Collaborative robots are machines that allow the automation of productive activities. Its main development is the sharing of the work area with men, requiring low technical expertise and less training for the operator, combined with preventive and safety aspects in order to avoid as much as possible any kind of accident. The system by which traversed is developed allows the machine to stop or gradually reduce the speed after detecting an obstacle in its distance traveled, thus preventing an eventual collision with the user. Cobots, as collaborative robots are known, are also characterized by being flexible and simple in handling, allowing a teach-in system (learning mode) through manuals associated with steering and additional functionalities. The present study is mainly justified by the fact that collaborative robots offer several benefits in the exhaustive and repetitive activities examined, also offering safety and agility in environments that can provide for the health of the requirements, with a focus on increasing quality and efficiency in production processes. Collaborative training as work tools, can add competitive advantages as associations that protect by its use. The general objective of the study was to raise the characteristics of collaborative robotics and the advantages provided by its adoption in the production process. This research is based on a bibliographic review to achieve the results and objective of the objective.

Keywords: Competitiveness. Workplace. Productive processes. Collaborative Robotics. Security and Prevention.

1 INTRODUÇÃO

A utilização da automação é um processo recorrente quando o objetivo é o aumento dos níveis de produção e eficiência em diversos sistemas produtivos, sendo que uma das formas de automação é a utilização de robôs como meio de promover essas melhorias. Atualmente junto a automação utilizando a robótica convencional, a robótica colaborativa vem ganhando espaço devido a relativa simplicidade de instalação e operação, onde o homem e a máquina podem desenvolver atividades dividindo o mesmo espaço físico.

Os robôs colaborativos foram criados para serem manuseados sem grandes complicações por pessoas não especialistas em robótica, ou seja, a partir de comandos intuitivos podem ser empregados nas mais diferentes funções, apresentando baixo risco de acidentes e proporcionando maior rentabilidade e eficiência nas empresas. A sua implantação em posto de trabalho acontece de modo substancialmente mais simples e rápido se comparado com o processo realizado para instalação de estruturas robóticas convencionais, estes, por outro lado, necessitam ser inteiramente separados do convívio com pessoas e demandam a adoção de sistemas de segurança mais robustos, barreiras de proteção e maiores áreas para instalação, isso aumenta a complexidade do projeto elevando os custos, características que muitas vezes inviabiliza a instalação da célula robótica para determinada atividade ou empresa.

A presente pesquisa visa destacar quais as principais vantagens competitivas no mercado para as organizações que utilizam a robótica colaborativa nos processos produtivos.

O objetivo geral desse estudo é por meio de uma revisão bibliográfica levantar as características da robótica colaborativa e as vantagens proporcionadas na sua adoção no processo produtivo.

Dessa forma se propõe a analisar as vantagens competitivas que este mecanismo tecnológico pode proporcionar para as organizações, pois em um mercado extremamente competitivo, a escolha do melhor, mais rápido, e mais flexível método produtivo é o que define quais marcas e produtos prevalecerão.

Essa pesquisa foi desenvolvida por meio de revisão bibliográfica e está estruturada da seguinte maneira: a primeira seção apresenta a introdução, com descrição dos objetivos gerais e específicos, justificativa, problema e demais questões introdutórias; a segunda seção apresenta o referencial teórico de apoio à pesquisa, aborda-se conceitos, características e importância da robótica colaborativa; a seção três detalha o método da pesquisa, ou seja, se descreve como ocorreu a revisão da literatura para dar suporte à análise exposta na seção

quatro, em que se aborda o foco desse trabalho, a seção cinco que expõe as principais conclusões e considerações finais, por fim, a bibliografia citadas nessa pesquisa.

2 ROBÓTICA COLABORATIVA: CONCEITOS, IMPORTÂNCIA E CARACTERÍSTICAS.

2.1 CONCEITOS

O trabalho colaborativo, inicialmente, foi utilizado em atividades como o deslocamento preciso de grandes cargas em operações de montagem, possibilitando o controle do movimento de um transportador robótico diretamente por um colaborador que, desta forma, recebe informações do bom andamento do processo. Atualmente os sistemas colaborativos possibilitam o desenvolvimento de atividades antes cansativas e que demanda alto grau de exatidão, de serem realizadas a partir do estabelecimento de regras relacionadas ao movimento realizado pelo operador.

A robótica em si, tem ampliado seu campo de atuação, tornando-se, gradativamente, mais presente nos processos de manufatura em todos os setores de mercado, haja visto que a sua utilização também pode reduzir os custos relacionados a acidentes de trabalho em ambientes perigosos, insalubres ou que podem causar algum tipo de dano a saúde humana. A utilização da automação e robótica pode ser aplicada desde simples operações de transporte até operações complexas que requeiram robôs multieixos com sistemas avançados de visão integrada e flexibilidade de reconfiguração em tempo real (GOLNABIA; ASADPOURB, 2007).

O desenvolvimento tecnológico relacionado com os robôs colaborativos tendem a tornar os processos de manufatura atuais, possivelmente obsoletos no futuro. Estruturas autônomas ou semiautônomas possibilitarão impulsionar o desenvolvimento da visão computacional, de sensores, incluindo radares e GPS (*Global Positioning System*), e linhas de código de controle remoto. Medidores em 3D e os sensores de visão e localização permitirão a adaptação de máquinas conforme o ambiente e a relação destas com as pessoas (BATCHELOR, 2012). Neste processo, vale ressaltar a importância da chamada "*visão de máquina*" que é a capacidade que um sistema computacional tem de, através das informações visuais fornecidas por câmeras acopladas, permitir que os sistemas eletrônicos e mecânicos tomem decisões. Neste caso, o uso da tecnologia está intimamente relacionado ao processamento de imagens, inteligencia artificial (IA) e aferição quanto à padrões. Em linhas gerais, as funções que se esperam de uma "*visão de máquina"* são a exploração e a imposição das restrições de uma

cena, obtenção de imagens, avaliação das imagens capturadas, inspeção de objetos e desenvolvimento de ações imediatas (BOOK et al., 2010).

Em atividades de baixa complexidade, como indústria de vestuário, as utilizações da costura robótica têm sido utilizadas e aperfeiçoadas desde meados da década de 1980. A fase inicial deste desenvolvimento ocorreu com a introdução de melhorias incrementais na máquina de costura tradicional, buscando-se elevar a quantidade de dispositivos que possibilitassem a diminuição da intervenção manual no processo. A utilização da visão de máquina para regular a posição de costura em relação aos fios, foi crucial para o processo de automatização da confecção (DICKENS; KELLY; WILLIAMS, 2013).

A partir do suporte de novos materiais e de máquinas reprogramáveis, os níveis de produção poderão apresentar índices cada vez mais elevados, sendo fundamentais para suprir as demandas mais acentuadas da sociedade (BRUNO, 2016).

Adotando princípios da Indústria 4.0, os modos de organização do trabalho, os modelos de negócio e os serviços utilizarão tecnologia da informação e comunicação (TIC) para atrelar a produção a todas as demais atividades envolvidas. A reorganização com a utilização de robôs colaborativos poderá ser determinante para a transformação de toda a cadeia produtiva (FORESIGHT, 2013).

A evolução da inteligência artificial apresenta-se como fundamental para a automatização das máquinas. A compreensão das linguagens e vozes humanas faz com que as máquinas realizem comandos com maior facilidade. A aprendizagem das máquinas tem se mostrado de estimado valor para o diagnóstico médico, por exemplo. Na subseção 2.3 a seguir, são abordados aspectos conceituais e técnicos a respeito da inteligência artificial, ampliando a dimensão a respeito da influência da robótica colaborativa no meio social e mercadológico.

2.2 A IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS COLABORATIVOS.

Um conjunto de trabalho coordenado ou um determinado sistema pode ser classificado como colaborativo se nele for possível identificar uma interação entre o agente operador e a máquina robótica durante a realização de uma atividade (PESHKIN; COLGATE (1999); WANNASUPHOPRASIT et al., 2001).

Essa relação interativa entre o agente operador e o sistema, objetivam minimizar as movimentações do operador, tornando a atividada menos exaustiva. A palavra “colaborativo”, é a expressão utilizada para dar referência aos sistemas robóticos, que possibilitam a

diferenciação existente entre dois modelos: a telemanipulação e a manipulação colaborativa. No que se diz respeito à telemanipulação, é a presença de uma relação indireta entre o agente operador e o sistema robótico nos quais integram-se mutuamente. Neste ponto, o agente operador do sistema estabelece uma relação direta com um robô de comando central, que permite manipular um ou vários robôs remotamente, que interconectados, serão os responsáveis pela realização do trabalho. Entretanto, nestes casos, justamente pela ausência do operador no mesmo espaço físico de trabalho, são necessárias a utilização de meios que permitam ter percepções táteis e orientações visuais (MARAYONG, 2007).

No âmbito da manipulação colaborativa o agente operador, está presente no espaço onde se realiza o trabalho e pode comandar prontamente o sistema robótico. Nesta inter-relação o robô repete sequencialmente tudo o que o agente operador presencialmente comanda. Com isso, o operador mantém a capacidade de livre movimentação entre o espaço físico e o robô, não se fazendo necessários quaisquer outros instrumentos (EMEAGWALI, 2004).

Ao manejar diretamente o robô dentro do espaço de operações o agente condiciona a sua capacidade cinestésica, isto é, sua percepção de movimentação, deixando os manipuladores colaborativos mais harmônicos e sensíveis ao utilizá-los do que pelos sistemas de telemanipulação (RIBEIRO, 2010).

Os sistemas colaborativos avançaram muito no aspecto suplementar aos sistemas robóticos convencionais dos setores industriais nos quais, por motivos de segurança do trabalho, não poderiam proceder conjuntamente com pessoas, dado o nível de perigo e/ou risco que essas atividades apresentam (PESHKIN; COLGATE, 1999).

Os robôs colaborativos possuem uma interface simples o que permite uma programação também de forma mais simples diferentemente do que acontece nos robôs industriais. Os robôs colaborativos, ou cobots, tem a capacidade de "aprendizado", aprendendo a execução do trabalho, desta forma um operador pode programar ou reprogramar um robô colaborativo apenas movimentando sua garra ou ferramenta ao longo do trajeto desejado, dessa forma, o robô terá a capacidade de "lembrar" os movimentos e repetí-los quando necessário. Já nos robôs industriais, esta programação não ocorre de maneira tão simples, pois para serem reprogramados, é necessário mudanças no seu código, o que necessitará ser modificado ou editado por profissional qualificado e com amplo conhecimento em programação.

2.3 INTELIGENCIA ARTIFICIAL: CONCEITOS E ASPECTOS TÉCNICOS.

A inteligência artificial (IA) é tecnologia que teve a sua criação nos anos de 1950. A concepção atual que se tem acerca da IA deriva de diversos enlaces de diferentes áreas do conhecimento ocorridas no decorrer da história e que contribuíram de modo significativo para o seu desenvolvimento – matemática; neurociência; tecnologia da informação; entre outras diversas áreas relevantes (RUSSELL; NORVIG, 2013).

Russell e Norvig (2013) afirmam que a inteligência artificial vem modificando e, incrementando de forma geral, o modo como o ser humano desenvolve as suas atividades, compreendendo a sua comunicação e aspectos práticos de seu trabalho. Os autores classificam a inteligência artificial em quatro principais sistemas – Quadro 1.

Quadro 1 – Inteligência Artificial – Classificação de quatro sistemas principais.

Tipo de sistema	Conceitos
I - Sistemas que pensam como seres humanos	Automatização de atividades associadas ao pensamento humano - tomada de decisões, resolução de problemas e aprendizado, por exemplo.
II - Sistemas que atuam como seres humanos	O estudo de como fazer máquinas que realizem funções que requeiram inteligencia quando executadas por seres humanos.
III - Sistemas que pensam racionalmente	Lógica pelo uso de modelos computacionais .
IV - Sistemas que atuam racionalmente	Área da computação que estuda automação de ações sobre atividades que requer inteligencia. Ações sempre racionais para atingir metas.

Fonte: Russell e Norvig (2013, p. 16), adaptado pelo autor.

Observando o quadro acima, os itens I e III estão relacionados ao processo de raciocínio e pensamento, e os itens II e IV relacionados diretamente ao comportamento. Podemos verificar que os itens I e II estão ligados a avaliação em termos de fidelidade ao desempenho humano, enquanto os itens III e IV medem o sucesso em comparação ao conceito de inteligência ideal, chamada de racionalidade. Um sistema é considerado racional se é capaz de "fazer tudo certo", contando com os dados que tem disponível (RUSSELL; NORVIG, 2013).

A inteligência artificial utiliza algoritmos que trabalham com dados, sendo esta a origem da sua força, seu sucesso atual e o franco aperfeiçoamento decorre em grande medida da utilização de dados provenientes de grandes centros de processamento de informações. De maneira geral, a área da tecnologia é caracterizada como uma inteligência ubíqua, segmentada em três grupos principais: inteligência assistida, inteligência aumentada e inteligência

autônoma. Esses três grupos são reconhecidos internacionalmente pela sigla IAAA (STONE et al., 2016).

A denominação ‘ubíquo’, de acordo com as regras de português no Brasil, tem o seguinte significado: onipresente. A inteligência artificial, mesmo em um estágio considerado inicial, já se mostra como uma tecnologia cada vez mais frequente no cotidiano dos indivíduos, acessível e à disposição em quase todos os espaços. Disponível como a energia elétrica ou saneamento básico, sendo aos pouco integrada à sociedade como ferramenta básica de auxílio às necessidades humanas (SOCIETY, 2016).

A inteligência assistida defende a participação das pessoas por trás de toda ação automatizada. Desta forma é caracterizado a importância de se ter indivíduos em papel ativo nos processos de tomada de decisões, e a inteligência artificial executa as tarefas conforme programadas pelo homem, sendo utilizada como forma de otimizar as atividades, recebendo como atribuições a execução de tarefas repetitivas e com alto nível de padronização. Este tipo de inteligência artificial está presente em diversos segmentos que fazem uso dessa ferramenta para estabelecer comunicação com seus clientes sanando dúvidas simples e possibilitando que a inteligência humana se concentre em atendimentos que requerem mais sofisticação. A inteligência artificial não somente responde a certos questionamentos como também pode estabelecer um diálogo com o consumidor. Esta tecnologia é denominada como ChatBot, que além de manter conversação pode transferir o processo para outro setor quando perceber que o assunto tratado não diz respeito à sua programação específica (SANTOS, 2017).

Em relação à inteligência aumentada, trata-se do conceito de um sistema de computador que auxilia o pensamento humano e sugere o emprego da tecnologia como suporte e não substituição do homem no trabalho. A inteligência aumentada objetiva elevar a capacidade de processamento humano, haja vista que os sistemas buscam replicar o escopo completo de inteligência humana. A inteligência aumentada apresenta um grande potencial de desenvolvimento, pois é visível em uma realidade próxima, sendo possível visualizar a inteligência artificial contribuindo com os médicos a avaliarem os dados e o histórico de seus pacientes; os indivíduos a terem respostas sobre seguros, carga tributária e programas sociais; os estudantes e docentes utilizarem para estruturar processos de ensino e aprendizagem mais efetivos; as organizações financeiras a efetuarem melhores decisões sobre risco e fraude; utilizada para equacionar os problemas de segurança pública, ambientais e da sociedade de um modo geral (CLABURN, 2015).

Quanto à inteligência autônoma, esta trata-se da concepção de máquinas com maior autonomia, ou seja, equipamentos computacionais que tomam para si, conforme certas

especificidades definidas pelo usuário, a responsabilidade pelo processo de tomada de decisões. Os carros autônomos são um exemplo deste tipo de inteligência.

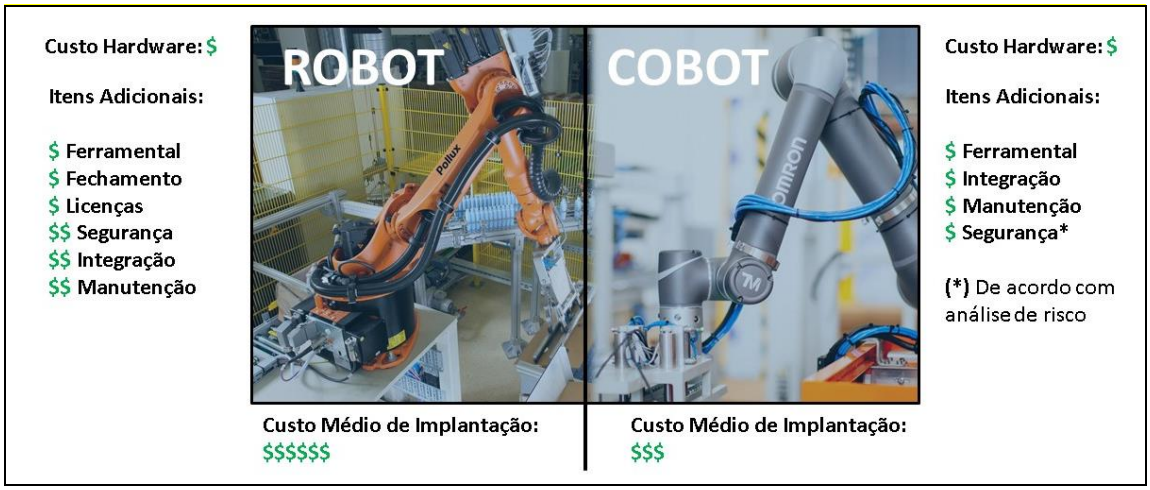
3. MÉTODO DA PESQUISA.

Os robôs colaborativos são uma inovação tecnológica que pode ser adaptada para utilização nos mais variados cenários produtivos. Essa pesquisa se caracteriza como revisão bibliográfica, para tanto foi feita uma pesquisa de artigos nas bases de dados eletrônicas CAPES, Sciencedirect e Google Scholar, utilizando os descritores: “Robótica colaborativa” “Cobot”, “Inteligência artificial”, Indústria 4,0”, indexados no período de 2005 a 2021, que tratavam de revisões de literatura, estudos relatando a utilização de robôs em conjunto com humanos e estudos de viabilidade. Após os critérios de elegibilidade, foram analisados os artigos de interesse dessa pesquisa. Os estudos mostraram que as utilizações de robôs conjuntamente com operadores humanos em diversas áreas de atuação trazem uma maior precisão na execução das tarefas, ganhos ergonômicos e aumento na produtividade, possibilitando a otimização dos espaços sem oferecer riscos aos operadores.

4. ROBÓTICA COLABORATIVA NOS PROCESSOS PRODUTIVOS.

No setor produtivo, o grande e mais importante fator para viabilizar uma implantação robotizada é sua viabilidade em termos econômicos, portanto nesse aspecto a robótica colaborativa vem se destacando amplamente pois apresenta um custo reduzido quando se comparado aos modelos robóticos convencionais. No seu emprego são necessárias modificações reduzidas no ambiente produtivo, desta forma a instalação do sistema também representa um custo mais baixo que um sistema convencional.

Figura 1 – Comparativo do custo de implantação entre Robô convencional e Robô colaborativo.



Fonte: Universal Robots (2021a), adaptado pelo autor.

A programação dos robôs convencionais, em sua maior parte, exige uma expertize e conhecimento sobre programação, necessitando desta forma, a contratação de mão de obra especializada. Já no caso dos robôs colaborativos, esta questão é simplificada, pois os mesmos possuem uma interface amigável e linguagem de programação simples e intuitiva, reduzindo dessa forma a necessidade de treinamento específico. Esta é uma característica muito importante para aplicações que requeiram mudanças contantes na linha de produção e tempos de readequação relativamente baixos. Outro grande determinante para a implementação de robôs colaborativos é a melhoria nos aspectos ergonômicos. Em diversas atividades executadas por trabalhadores humanos no setor industrial sem o emprego de robôs é muito comum a verificação do desgaste físico do trabalhador em situações que requeiram força braçal e posturas não ergonômicas, bem como o desgaste mental em atividades repetitivas.

Entretanto, mesmo com uma gama de vantagens extremamente positivas, as aplicações de células colaborativas podem apresentar algumas desvantagens em relação aos modelos de robótica convencionais. De acordo com W. Bauer et al. (2016), os níveis de segurança podem apresentar incertezas na implementação da célula colaborativa, pois nos padrões de segurança não estão definidos claramente as áreas e a maneira de medir a conformidade dos limites biomecânicos. Bem como não há regras claras que limitem as modificações que o operador pode executar na área de trabalho sem afetar a segurança na execução da operação. A avaliação que considera um sistema colaborativo eficiente é mensurada levando-se em conta que as regras são seguidas a risca, sem haver um desvio no que se é esperado da execução da atividade. Contudo, colisões durante a tarefa ou aproximações não planejadas podem afetar de forma negativamente a eficiência dos processos.

4.1 VANTAGENS COMPETITIVAS DA ROBÓTICA COLABORATIVA NO SETOR AUTOMOTIVO

Buscando a redução da necessidade de retrabalhos na linha de produção, em uma atividade de aplicação de cola em longarinas dos seus veículos, uma fábrica da Mercedes Benz, decidiu realizar mudanças em seu processo produtivo. Na busca de uma solução com a capacidade de prover a melhoria de qualidade desejada atrelada a melhorias de aspecto ergonômico no local de trabalho.

Essa modificação precisava ser realizada dentro de um tempo preestabelecido para não prejudicar a cadeia produtiva, a um custo relativamente baixo e sem impactar a fabricação ou modificar drásticamente o espaço físico da linha de produção, e esta solução precisaria permitir operação conjunta com os operadores sem representar riscos a sua segurança. Contudo, visando os objetivos descritos acima, visto que esta é uma atividade com riscos ergonômico pois a aplicação da cola depende do manuseio de uma ferramenta relativamente pesada, e sua utilização durante o processo é muito repetitiva, bem como a qualidade do produto está diretamente associada a correta aplicação da quantidade de cola para redução da oxidação, foi decidido a implementação do robô colaborativo modelo UR10e para realizar a tarefa de aplicação de cola nas peças. Com a aplicação deste robô colaborativo, foi possível atingir os objetivos iniciais e também realizar o aproveitamento dos operadores em posições mais vantajosas no processo produtivo, eliminando os retrabalhos e otimizando a linha de produção.

Desta maneira, esta célula produtiva da Mercedes-Benz conseguiu atingir uma implementação altamente produtiva, de forma rápida, preservando a área útil no local de trabalho, melhorando os aspectos ergonômicos dos operadores e a qualidade dos produtos. O robô colaborativo trabalha sem necessidade de dispositivos de segurança adicionais, com a capacidade de interromper imediatamente seu movimento caso durante atividade esbarre em algum obstáculo não previsto na sua trajetória.

Quadro 2 – Caso prático de solução promovida pela Robótica Colaborativa – Utilização de robôs em células de aplicação de cola em peças automotivas.

Desafio	Solução	Resultado
Reduzir o retrabalhos na colagem das peças; Garantir uma prevenção eficiente à oxidação de peças produzidas; Padronizar volume de cola aplicada.	Criação de uma célula empregando um robô colaborativo UR10 e em sua linha produtiva na tarefa de aplicação de cola em peças automotivas	Eliminação de manuseio de ferramenta pesada pelo operador, eliminação de atividade extremamente repetitiva, aumento da qualidade final do produto à medida que houve padronização na aplicação de cola redução de oxidação das peças por haver menor intervenção do operador.

Fonte: Universal Robots (2021b).

Figura 2 – Caso prático de solução promovida pela Robótica Colaborativa – Utilização de robôs em células de aplicação de cola em peças automotivas.



Fonte: Universal Robots (2021b).

4.2 VANTAGENS COMPETITIVAS DA ROBÓTICA COLABORATIVA NO SETOR DA SAÚDE

Com o desejo de explorar a capacidade dos robôs colaborativos e na busca de soluções econômicas que fossem capazes de aumentar a eficiência e diminuir o tempo de resposta para os exames de sangue coletados, o Hospital da Universidade de Copenhague na Dinamarca, decidiu implementar uma célula robótica composta de dois robôs para automatizar a sua classificação de amostras de sangue, que era feita de forma manual.

Essa classificação é realizada e disposta em quatro diferentes esteiras para, numa segunda etapa, serem analisadas. A solução robótica apresentada deveria ocupar uma área com espaço limitado no laboratório, onde os carregadores automatizados para carregamento em massa não eram uma opção por ocuparem um espaço muito grande e não permitirem uma fácil intervenção do operador. O desejo do hospital era que os técnicos do laboratório tivessem a possibilidade de intervenção sem dificuldades caso fosse necessário. O processo de aplicação dos robôs também era desejado visto o aumento crescente na quantidade de

solicitações de exame de sangue e também pelo desejo de cumprir a meta no fornecimento de resultados no menor tempo possível sem que houvesse a necessidade de aumentar o efetivo.

Diante do proposto, os robôs deveriam operar com espaço reduzido, permitir a interferência humana em qualquer etapa sem riscos e também serem capazes de assumir novas atividades futuras sem a necessidade de mudanças radicais, estas eram as exigências primordiais para o hospital.

As amostras chegariam por meio de esteira transportadora, os robôs deveriam, através de uma programação orientada por câmera, coletar, classificar e transportar para uma segunda fase onde as amostras seguem para serem analisadas. Para esta atividade foi implementado o uso de dois robôs colaborativos UR5, onde o primeiro robô faz a coleta da amostra de sangue, executando a leitura do código de barras, enquanto uma câmera regista a cor da tampa do recipiente com a amostra, direcionando para um dos equipamentos correspondentes a esta cor. Nesta segunda etapa o próximo robô insere as amostras no equipamento que executa a centrifugação das amostras para analise. Trabalhando desta maneira os robôs são capazes de processar aproximadamente três mil amostras diariamente.

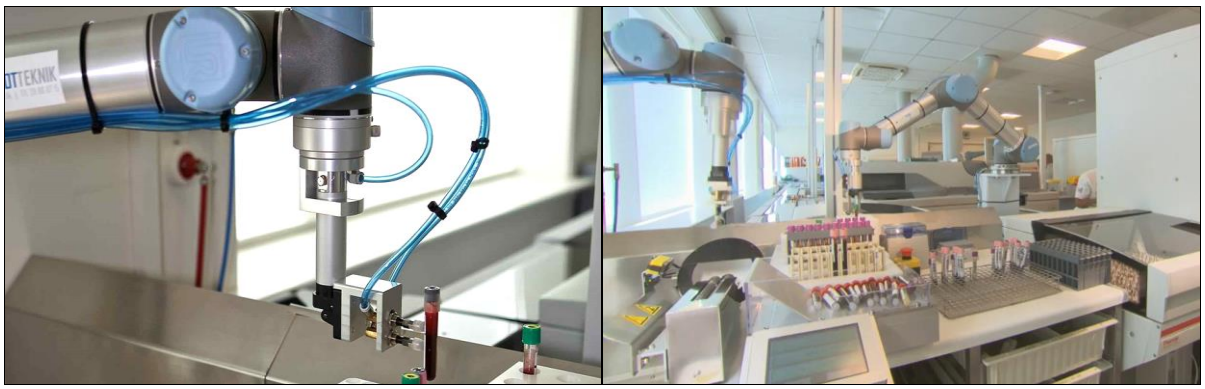
Através dos robôs colaborativos, o hospital foi capaz de atingir a meta de fornecer resposta em aproximadamente uma hora a 90% dos exames, mesmo após o aumento na demanda de amostras em 20% sem a necessidade de empregar uma equipe adicional ao quadro de funcionários para o hospital, a entrega da maior parte dos resultados em curto espaço de tempo, implica em menos pacientes a espera de diagnósticos e antecipação ao tratamento de pacientes internados.

Quadro 3 – Casos práticos de soluções promovidas pela Robótica Colaborativa – Utilização de robô colaborativo para seleção e carregamento de amostras de sangue.

Desafio	Solução	Resultado
Classificar e distribuir amostras de sangue no módulo de análise automaticamente; Otimização no tempo do resultado dos exames; Implementar solução com pouco espaço disponível.	Instalação de 2 robôs UR5, o primeiro regista e classifica as amostras, o segundo alimenta as centrifugas para análise.	Automatização da classificação e distribuição das amostras. A agilidade ao processo permitiu a diminuição no tempo do resultado dos exames, para 90% dos casos, em menos de 1 hora. Absorção no aumento da demanda de 20% de amostras de sangue sem necessidade de aumento de efetivo.

Fonte: Universal Robots (2021c).

Figura 3 – Casos práticos de soluções promovidas pela Robótica Colaborativa – Utilização de robô colaborativo para seleção e carregamento de amostras de sangue.



Fonte: Universal Robots (2021c).

4.3 VANTAGENS COMPETITIVAS DA ROBÓTICA COLABORATIVA NO SETOR ALIMENTÍCIO

No intuito de otimizar a paletização, mas possuindo um espaço e orçamento limitado, a empresa norueguesa Notura, produtora de carne, levantou a possibilidade de implementação de robótica colaborativa. A solução deveria ocupar um espaço reduzido, permitir a paletização continua e possuir flexibilidade para liberar o espaço para outras atividades quando não houvesse a necessidade de paletização. Os Robôs convencionais utilizados no processo de paletização exigem uma imensa célula que é fixa e cercada por grades de segurança, ocupando assim um espaço muito grande na linha de produção. Com orçamento pequeno, a empresa se deparou com um desafio ainda maior, pois precisaria de um robô de 6 eixos que coubesse no orçamento e permitisse a atividade de empilhar volumes de diferentes dimensões e pesos além de possuir alcance e a capacidade de produzir paletes de alturas diferentes. Este robô além da flexibilidade ainda deveria possuir facilidade na programação e capacidade de trabalhar com sistema de câmeras e liberdade de trabalhar com o minimo de supervisão.

A solução utilizada pela empresa foi a aplicação de um robô colaborativo modelo UR10, com sistema complementar de câmera infravermelha montada no teto logo acima do robô. No robô de pequenas dimensões, logo abaixo da câmera, foi montado um acessório a vácuo para permitir a atividade. Este mesmo robô quando no modo de repouso utiliza uma área de meio metro quadrado, que é o equivalente a menos de 20% do que usaria um robô convencional, e quando o robô não está em uso, a área disponível é praticamente a mesma que haveria se não tivesse atividade de paletização naquele espaço.

A atividade do robô só é iniciada quando a câmera detecta um palete vazio na região de paletização e caixas sendo conduzidas pela correia de transporte, essa detecção é realizada de modo automático e o robô inicia suas atividades de forma autônoma sem qualquer intervenção

humana. Uma vez que um palete livre é colocada no chão, o sistema de visão o detecta automaticamente, bem como as caixas se movendo na correia transportadora, e ele começa a paletização por conta própria. O sistema ainda permite a fácil personalização para diferentes alturas de empilhamento, dimensões e disposição das caixas na pilha, com a vantagem de detectar uma caixa sem o preenchimento interno correto. Assim como a característica de segurança que permite o trabalho concorrente com os demais operadores humanos.

Após a implementação da paletização robotizada, a empresa estimou que a economia proporcionada pelo sistema, permitiria que o investimento fosse pago em tempo menor que um ano, mesmo que ela trabalhasse com a célula em apenas um turno, visto que este tempo cairia pela metade caso ela resolvesse trabalhar em dois turnos, o que o robô colaborativo permitiria sem problemas.

Quadro 4 – Casos práticos de soluções promovidas pela Robótica Colaborativa – Utilização de robô colaborativo para paletização de caixas.

Desafio	Solução	Resultado
Produzir paletização de caixas de diferentes dimensões, em espaço reduzido, com investimento menor que células convencionais, e que fosse capaz de trabalhar junto dos operadores humanos.	Aplicação de um robô UR10, equipado com câmera de visão infravermelha capaz de fazer a paletização de caixas com diferentes dimensões e pesos.	Programação da montagem de paletização de forma simples, com autonomia de iniciar as tarefas de maneira automática. Capacidade de trabalhar sem intervenção humana, apesar de dividir o mesmo espaço. Capacidade de paletização de 1700 caixas por dia. Otimização do espaço físico quando o robô não está em uso.

Fonte: Universal Robots (2021d).

Figura 4 – Casos práticos de soluções promovidas pela Robótica Colaborativa – Utilização de robô colaborativo para paletização de caixas.



Fonte: Universal Robots (2021d).

4.4 VANTAGENS COMPETITIVAS DA ROBÓTICA COLABORATIVA NO SETOR DE COSMÉTICOS

A empresa de cosméticos Natura, possui um centro de pesquisa e inovação que além do desenvolvimento de novos produtos procura também iniciativas para a promoção do bem-estar dos seus colaboradores, portanto, visando a otimização do seu processo de acondicionamento em caixas de determinados produtos em linha de fabricação e a melhoria dos aspectos ergonômicos desta atividade repetitiva e de esforço braçal, decidiu procurar uma forma de automatização desta atividade. Esta tarefa era executada diariamente por dois funcionarios de forma manual, o que gerava problemas ergonômicos consideráveis.

O desafio foi implementar uma solução capaz de trabalhar em uma mesma linha de fabricação onde oito produtos diferentes podem ser produzidos. Estes produtos são de diferentes dimensões, portanto os produtos foram classificados de acordo com seu tamanho, e para cada grupo foi criado uma garra diferente. Esta solução permitiu que com uma troca rápida de poucos minutos, o mesmo robô possa atender a demanda da linha de produção estando ela produzindo qualquer um dos oito produtos possíveis. Desta forma, com a utilização do robô colaborativo a linha de fabricação passou a contar com a capacidade de encaixotar 70 produtos por minuto de trabalho.

Esta solução foi implementada com a intenção de economizar espaço útil, apresentou um baixo custo de investimento, e além de otimizar a capacidade produtiva da linha trouxe também o retorno esperado tanto no aspecto ergonômico quanto produtivo. Esta iniciativa não só promoveu melhorias no meio produtivo como serviu também para promover o conceito de iniciativa e inovação disseminada pela marca.

Quadro 5– Caso prático de solução promovida pela Robótica Colaborativa – Utilização de um único robô para empacotar diferentes produtos de uma mesma linha de produção.

Desafio	Solução	Resultado
Encontrar uma forma de automatizar o acondicionamento em caixas de diferentes produtos na mesma linha de fabricação permitindo aproveitar a mão de obra de operadores em outras funções;	Aplicação de um robô UR10 para acondicionamento em caixas, com possibilidade de troca rápida entre três garras para permitir que o mesmo robô trabalhe com oito tipos diferentes de produto.	Melhoria das condições ergonômicas, com um equipamento capaz de encaixotar 70 produtos por minuto e possibilidade de trabalhar com produtos de diferentes dimensões apenas com uma troca rápida entre três opções de garra.

Fonte: Universal Robots (2021e).

Figura 5– Caso prático de solução promovida pela Robótica Colaborativa – Utilização de um único robô para empacotar diferentes produtos de uma mesma linha de fabricação.



Fonte: Universal Robots (2021e).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A robótica colaborativa, conforme apresentado neste trabalho, vem demonstrado-se uma importante ferramenta em utilização na indústria moderna. Um dos principais fatores que motivam pesquisas relacionadas a aplicação desta tecnologia, além dos ganhos de produtividade, é sem dúvida a melhoria nas condições ergonômicas dos processos produtivos nos mais variados setores. A sua utilização também apresenta grandes outras vantagens, como o baixo custo de investimento, uma vez que não são necessárias grandes adequações no espaço fisico onde serão implementadas as células robóticas, e uma menor carga de treinamento para permitir a programação e operação por funcionários sem uma experiência técnica específica. Apesar das suas vantagens em comparação à robótica convencional, a robótica colaborativa ainda possui alguns pontos de atenção, como por exemplo a incerteza da eficácia de atividades em diferentes contextos, bem como a adaptação do robô para novas atividades diferentes das já existentes, o que provoca uma necessidade de estudo mais aprofundado e uma melhor organização das atividades a serem cumpridas antes de se decidir pela aplicação da robótica colaborativa. A aplicação desta tecnologia pode também contribuir para o fechamento de postos de trabalho, e esta realidade sempre acompanhou a evolução do ser humano, pois sempre que surge uma nova e mais moderna forma de se produzir algo, a maneira como esta era feita anteriormente, bem como as máquinas antes utilizadas, tornam-se obsoletas caindo em desuso e em consequência disso provocando o desaparecimento de algumas profissões e o surgimento de novas. Mesmo diante deste cenário, ainda assim é possível concluir que a robótica colaborativa é uma área de extrema importância para que novos modelos de produção possam surgir, permitindo assim um grande desenvolvimento nos setores produtivos, se destacando também pela capacidade de inserir a robótica num contexto

de proximidade maior aos operadores, mesmo que sua implantação em algumas novas aplicações, devam ser bem estudadas levando-se em conta os desafios que ainda há de surgir.

REFERÊNCIAS

BATCHELOR, B. G. ***Machine Vision for industrial applications.*** In: Machine Vision Handbook, p. 1-59. London: Springer-Verlag, 2012. Acesso em: 06 set. 2021.

BOOK, W.; WINCK, R.; KILLPACK, M.; HUGGINS, J.; DICKERSON, S.; JAYARAMAN, S.; COLLIN, T.; PRADO, R**. *Automated garment manufacturing system using novel sensing and actuation.*** *Proceedings of 2010 ISFA.* 2010 International Symposium on Flexible Automation. Tokyo, Japan, Jul. 12-14, 2010. Acesso em: 06 set. 2021.

BRUNO, Flavio da Silveira. ***A Quarta Revolução Industrial do Setor Têxtil e de Confecção:*** *a visão de futuro para 2030*. 1. ed., 149 p. ISBN: 978-85-68552-31-5 . São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2016. Acesso em: 08 set. 2021.

DICKENS, P.; KELLY, M.; WILLIAMS, J. R. ***What are the significant trends shaping technology relevant to manufacturing?*** *Future of Manufacturing Project, Evidence Paper n. 6.* Foresight. out. 2013. London: The Government Office for Science, 2013. Acesso em: 12 set. 2021.

EMEAGWALI, I. ***Performance Analysis of Steady-Hand Teleoperation versus Cooperative Manipulation.*** *Symposium on Hapit Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems.* Chicago: IEEE Virtual Reality, 2004. Acesso em: 12 set. 2021.

FORESIGHT. ***The Future of Manufacturing:*** *a new era of opportunity and challenge for the UK.* Summary Report. London: The Government Office for Science, 2013. Acesso em: 02 set. 2021.

GOLNABIA, H.; ASADPOURB, A. ***Design and application of industrial machine vision systems.*** v. 23, p. 630-637. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2007. Acesso em: 02 set. 2021. Acesso em: 16 set. 2021.

MARAYONG, P. ***Motion Control Methods for Human-Machine Cooperative Systems.*** John Hopkins University, 2007. Acesso em: 16 set. 2021.

PESHKIN, M.; COLGATE, J. E. ***Cobots.*** *Industrial Robot.* v. 26, n. 5, p. 335-341. An International Journal, 1999. Acesso em: 16 set. 2021.

RIBEIRO, Fernando Manuel da Silva. ***Sistema Robótico Colaborativo utilizando Restrições Virtuais.*** *Dissertação* (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica). FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto: FEUP, 2010. Acesso em: 21 set. 2021.

RUSSEL, S.,NORVIG, P. Inteligencia Artificial, p,11-47. Campus, 2013. Acesso em: 21 set. 2021.

WANNASUPHOPRASIT, W.; MOORE, C. A.; GILLESPIE, R. B.; AKELLA, P. ***Cobot Architecture.*** v. 17, n. 4, p. 387-390. IEEE Transactions on Robotic and Automation, 2001. Acesso em: 23 set. 2021.

W. BAUER, M. BENDER, M. BRAUN, P. RALLY, and O. SCHOLTZ, ***Lightweight robots in manual assembly – best to start simply!*** Fraunhofer IAO, pp. 1–61, 2016. Acesso em: 23 set. 2021.

Universal Robots (2021a). ***Robôs Industriais e Cobots: Principais Diferenças.*** *Universal Robotics Company*. Disponível em: < https://www.universal-robots.com/br/blog/robos-industriais-e-cobots-principais-diferencas/>. Acesso em: 02 nov. 2021.

Universal Robots (2021b). ***Cobot UR10E Melhorou processo de Aplicação de Cola na Mercedes-Benz.*** *Universal Robotics Company*. Disponível em: < https://www.universal-robots.com/br/casos-de-sucesso/mercedes-benz/ >. Acesso em: 27 set. 2021.

Universal Robots (2021c*).* ***Universal Robots Garante uma entrega mais Rápida de Resultados de Amostras de Sangue.*** *Universal Robotics Company.* Disponível em: < https://www.universal-robots.com/br/casos-de-sucesso/hospital-de-gentofte/ >. Acesso em: 27 set. 2021.

Universal Robots (2021d). ***Robô Colaborativo para Paletização na Industria Alimentar, Sistema de visão para espaços apertados.*** *Universal Robotics Company*. Disponível em: < https://www.universal-robots.com/br/casos-de-sucesso/nortura/>. Acesso em: 29 set. 2021.

Universal Robots (2021e*).* ***Empacotar Diferentes Produtos de uma mesma Linha de produção com um Único Cobot.*** *Universal Robotics Company.* Disponível em: < https://www.universal-robots.com/br/casos-de-sucesso/natura/ >. Acesso em: 02 set. 2021.