
11 a 13 de setembro de 2019 – Universidade de Brasília UnB

SEGURANÇA NA INDÚSTRIA 4.0: REQUISITOS TÉCNICOS PARA ROBÔS COLABORATIVOS

Vithor Hugo Costa da Silva (vithorhcosta@gmail.com) - Universidade de Brasília/ Faculdade de Tecnologia/ Laboratório Aberto de Brasília

Rafael Ernesto Kieckbusch (rafaelkieck@gmail.com) - Confederação Nacional da Indústria

Andrea Cristina dos Santos (andreakieck@gmail.com) - Universidade de Brasília/ Faculdade de Tecnologia/ Laboratório Aberto de Brasília

RESUMO

Dentro da Indústria 4.0 - uma realidade nos tempos de conectividade e digitalização - os robôs colaborativos ganham espaço, buscando melhorar a eficiência e a flexibilidade na produção, unindo habilidades humanas a determinadas capacidades da máquina/robô. No entanto, o posto de trabalho onde esse sistema de produção é inserido também deve ser analisado tanto pelo viés da segurança do trabalho como ergonomia e fatores humanos, considerando o risco ocupacional envolvido. Olhando para as normas existentes, busca-se, então, como objetivo deste artigo compreender quais são os requisitos básicos que elas exigem e que vão de encontro ao que o posto de trabalho colaborativo precisa para ser habilitado no contexto nacional. Para isso, foi feita a análise das normas e seleção dos requisitos que estão focados no contexto dos robôs colaborativos em intersecção com operações onde existe a interação homem-máquina e a presença de riscos ocupacionais. Meio a isso, alguns pontos são comentados como possíveis problemas e, como solução, são propostos conceitos da Segurança 2.0 e Engenharia Kansei, ambos centrados no usuário.

Palavras chave: *indústria 4.0; robôs colaborativos; segurança do trabalho; engenharia afetiva.*

1. INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 é uma realidade que define a maneira como as tecnologias estão sendo desenvolvidas ou aprimoradas. No cenário mais específico do espaço de trabalho colaborativo, a necessidade quanto à segurança do trabalho e normatizações passa a ser outra.

De acordo com a ISO 15066 (2016), espaço colaborativo é o espaço de operação onde o sistema robótico (incluindo a peça trabalhada) e um humano podem desempenhar tarefas simultaneamente durante a produção. Já os robôs colaborativos são uma nova geração de robôs que são projetados para operar de modo seguro, lado a lado com os seres humanos, em direta interação e cooperação com trabalhadores, permitindo combinar a performance repetitiva dos robôs com a destreza e habilidade dos seres humanos (BRASIL, 2018).

Tendo em vista os espaços de trabalho colaborativos, existe uma série de demandas quanto à segurança e saúde do operador, não podendo ou evitando-se ter a separação por meio de barreiras físicas que distanciam muito o operador do robô (ROBLA-GÓMEZ et al., 2017). As atividades são compartilhadas e, portanto, a interação homem-máquina estão em um nível de maior contato, gerando possíveis riscos ocupacionais, ou seja, a probabilidade de um trabalhador sofrer algum dano.

As normas de segurança internacionais existentes, que abordam a aplicação de robôs e espaço de trabalho colaborativo, são principalmente: EN ISO 10218-1, EN ISO 10218-2, ISO/TS 15066 e ISO 13489-1 e 13489-2. No contexto nacional, existe a norma regulamentadora NR12 e sua nota técnica de número 31, sendo a primeira focada na segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, e a segunda um suporte às operações colaborativas e uso dos robôs colaborativos. A nota técnica mencionada e atualização da norma regulamentadora são avanços em busca de modernizar, e resumem o que as normas internacionais trazem como requisitos de segurança.

No entanto, tem sido uma problemática nacional a adoção dos robôs colaborativos dentro das fábricas. O receio vem desde a falta de suporte pelas normas nacionais, que ainda se tornam limitadoras apesar de estarem sendo atualizadas; até a falta de preparo do corpo de funcionários/operadores que precisarão lidar lado a lado com robôs atuando de forma colaborativa.

Segundo Michalosa et al. (2015), as considerações do projeto para espaços colaborativos seguros, os operadores humanos sentem-se mais confortáveis quando estão cientes das funcionalidades de segurança subjacentes usando seus sentidos: visual, auditivo e tátil. Isso

demonstra que a segurança do trabalhador vai além do que as normas determinam como requisito de segurança, por exemplo, velocidade de funcionamento, distância entre operador e máquina, etc., sendo importante, também, o aspecto cognitivo, emocional e sensorial do usuário. O que fica mais claro ao entender que riscos ocupacionais estão evidentes no espaço de trabalho colaborativo e, para mitigar os mesmos, o uso de estudos ergonômicos e de fatores humanos são essenciais.

Por fim, percebe-se que o panorama atual da indústria brasileira para a existência de postos de trabalho colaborativos carece de maiores esclarecimentos além do que existe de exigência das normas, ou seja, quais são os requisitos de segurança exigidos. Ainda, é bastante reduzida a gama de pesquisas e métodos que buscam solucionar a deficiência quanto ao preparo dos operadores para esse novo modelo de produção.

Neste contexto, esse artigo visa definir de forma objetiva quais os requisitos de segurança fundamentais para a aplicação de robôs colaborativos com base nas normas internacionais e nacionais. Quanto ao aspecto cognitivo, sensorial e emocional do operador frente ao posto de trabalho colaborativo, propõem a integração das abordagens da Engenharia Kansei e Segurança 2.0, como um caminho para inserção prevenção dos riscos ocupacionais.

2. REVISÃO TEÓRICA

Os robôs colaborativos estão ganhando espaço para que a eficiência e a flexibilidade na produção possam ser alcançadas à medida que esses robôs compartilham um espaço de trabalho com os operadores (SHIMIZU et al., 2018). Com essa tomada de espaço, a indústria deve estar preparada para lidar com os riscos associados à utilização da tecnologia colaborativa, seja com normas de segurança ou metodologias alternativas em prol da saúde do trabalhador. Para compreender melhor, tanto o conceito de risco, como de perigo estes devem ser conhecidos.

Perigo é uma fonte, situação ou ação com potencial para causar danos em termos de dano ou saúde humana, ou uma combinação destes. Enquanto, risco é a combinação da probabilidade de ocorrência de um evento ou exposição perigosa e a gravidade da lesão ou doença que pode ser causada pelo evento ou exposição (BSI, 2007). Ainda, quando se trata de um ambiente onde o risco está inteiramente envolvido com o humano em um determinado espaço de trabalho, chama-se risco ocupacional, que pode ser dividido em algumas categorias, que são: físicos, biológicos, acidentes, químicos e ergonômicos. Na aplicação de robôs colaborativos, os riscos ocupacionais são em grande parte acidentes, ergonômicos e físicos.

No contexto de robôs colaborativos, a ISO 10218-2 (2018), traz definições fundamentais relacionadas a operações com robôs colaborativos. Robô colaborativo é aquele que foi projetado para interação direta com ser humano dentro de um posto/espço de trabalho colaborativo. Por sua vez, espaço de trabalho colaborativo é a área de trabalho dentro de um espaço protegido (espaço definido por proteções de perímetro), no qual o robô e ser humano poderão realizar tarefas simultaneamente. Segundo a ISO 10218-1(2018), operação colaborativa é o estado no qual os robôs estão projetados intencionalmente para trabalhar em cooperação direta com um humano dentro de um espaço de trabalho definido. A ISO/TS 15066 (2016) classifica as operações colaborativas em: parada com monitoração segura; guiamento com mão; monitoramento de velocidade e separação; e limitadores de força e potência.

2.1 Normatizações

As mudanças nas normatizações de segurança para sistemas robóticos industriais são visíveis em atualizações a partir de 2006 na norma ISO 10218-1, além das orientações gerais para implementação das regulamentações (ROBLA-GÓMEZ et al., 2017). Diversas alterações na modernização que vem ocorrendo nas normas regulamentadoras brasileiras, sendo a NR12 e sua nota técnica de número 31, exemplos disso.

As Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego (NR) do Brasil. A NR 12, de forma mais específica, trata da segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Nela, após a sua última atualização, alguns conceitos e reconsiderações acerca das células de trabalho colaborativas são mencionados. A Nota Técnica de número 31, da mesma NR 12, aborda mais a fundo definições e requisitos dados pelas normas já mencionadas, deixando espaço para futuras discussões acerca da utilização de robôs colaborativos (*cobots*) na estrutura industrial brasileira. Essas modificações refletem as normas de segurança internacionais.

No entanto, além dos requisitos que as normas internacionais exigem, as NR brasileiras, e a realidade industrial brasileira, acabam delimitando o escopo de utilização desse modelo de produção colaborativa, fazendo com que, apesar de já ter acesso aos robôs de última geração, a indústria brasileira não se arrisque em usar os mesmos já que operadores, empresas, clientes, e normas regulamentadoras, ainda não aceitam a tecnologia como sendo segura o suficiente. Contudo, as normas regulamentadoras veem sofrido alterações, o que indica uma melhora no sentido de adaptação à Indústria do Futuro.

2.2 Abordagem da Engenharia Kansei

O termo “kansei” pode ser significado como o sentimento, desejo, sensação e emoções do usuário a partir da sua experiência com determinado produto ou serviço. Sendo assim, o desenvolvimento de projetos com abordagem na Metodologia da Engenharia *Kansei* (KE) começa com a compreensão dos sentimentos que o cliente/usuário deseja obter a partir do seu uso. A partir desses dados, faz-se uma correlação com as especificações de *design* (NAGAMACHI, 2018).

No campo de pesquisa da Engenharia Kansei existem alguns métodos para se aferir as palavras-*kansei* e desenvolve-las a ponto de serem úteis como especificações de projeto. De modo geral, se analisa o comportamento do cliente, o que ele observa ou toca e por quanto utiliza o produto/serviço. Com a KE, captura-se a cor, forma, funções, odores, sons e outras especificações que o usuário poderia estar interessado. Em cima dessas observações, são propostas modificações no sistema, produto ou serviço, visando afetar positivamente as emoções e sensações no usuário através dos seus cinco sentidos.

2.3 Segurança 2.0

Considerando as questões de segurança nessa nova realidade de trabalho, uma das abordagens utilizada como proposta de solução é a Segurança 2.0. Como explica Mukaidono et al. (2018), esse princípio de alta segurança visa tornar possível o trabalho e o convívio colaborativo entre homens e máquinas em um mesmo espaço físico de forma a eliminar barreiras, prometendo integrar todo o espaço de trabalho aos trabalhadores e equipamentos do local por meio de ICT (Tecnologias da Informação e Comunicação).

Shimizu et al. (2018), baseando-se no intercâmbio de informações entre homem-máquina e otimização do mesmo, propôs um sistema para auxiliar o trabalho colaborativo: o Nível de Segurança Colaborativa (CSL), que é um complemento aos conceitos de segurança já existentes. O CSL avalia o nível de segurança existente em um ambiente que ocorre trabalho colaborativo entre humano e máquina e é subdividido em quatro níveis, que estão melhor descritos na Tabela 01 e Figura 01.

Com base nos níveis de CSL, é possível fazer a transição de alguns sistemas dentro da Segurança 1.0 para a Segurança 2.0, mesmo que a níveis básicos de interação homem-máquina. No entanto, esse conceito não substitui inteiramente o que já existe nas normas e sim

complementa, sendo um *benchmarking* interessante para se adotar em relação a conduta do trabalhador bem como para o projeto de máquinas.

TABELA 01 – Níveis de Segurança Colaborativa (Shimizu et al., 2018).

Nível de Segurança Colaborativa (CSL)	Descrição
CSL1	Nível mais básico, tendo como requisito apenas oferecer o conhecimento básico de segurança do maquinário a ser utilizado ao trabalhador, e meios de parada emergencial das máquinas de qualquer lugar do ambiente de trabalho.
CSL2	Requer o controle propriamente dito das máquinas a partir de informações do operador (nível de conhecimento da máquina, saúde, comportamento, localização, movimento).
CSL3	Exige informações da máquina como requisito, as quais são posteriormente passadas aos operadores para que tomem ações baseadas nos dados obtidos.
CSL4	Nesse nível ocorre a maximização dos dados obtidos, tanto do homem como da máquina, para melhor análise e tomada de decisões.

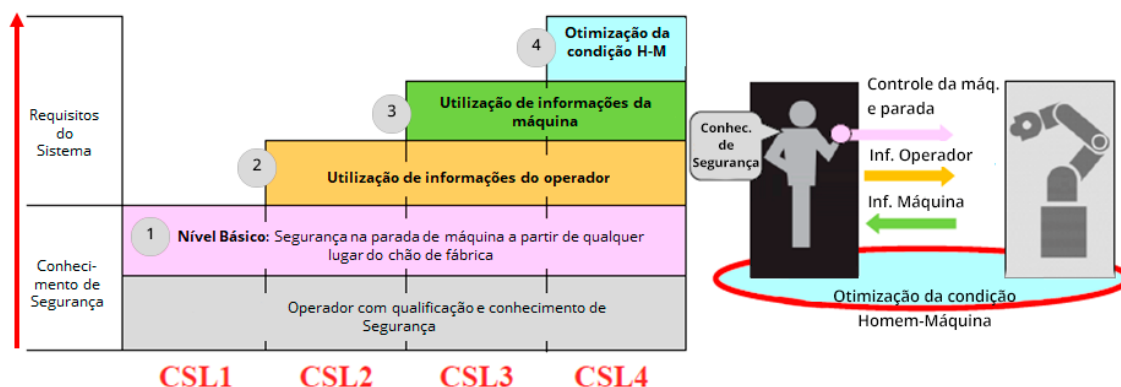


FIGURA 01 – Modelo CSL para determinação da Segurança 2.0. Fonte: Adaptado de Shimizu et al. (2018).

3. METODOLOGIA

Dentre do contexto das normas de segurança relacionadas a máquinas e seus elementos e, ainda aplicações dessas na indústria, foram selecionadas as mais específicas da proposta da Indústria 4.0 em intersecção com uma de suas tecnologias habilitadoras: robôs e postos de trabalho colaborativos. Após seleção das normas, foi feito um apanhado dos requisitos de segurança que estão diretamente relacionados com o contexto dos robôs colaborativos e seu uso. Para que isso, foi definido que o contexto de aplicação das normas de segurança deveria envolver palavras-chave como: interação e contato homem-máquina, operação colaborativa, espaço de trabalho colaborativo, robôs colaborativos e outras medidas de proteção para posto de trabalho colaborativo ou que envolvessem os riscos ocupacionais.

Em adição, unindo conceitos dados para a Segurança 2.0 e Métodos da Engenharia Kansei, alguns estudos de caso foram usados como base para propor ferramentas que podem gerar melhor sensação de segurança e controle pelo operador no posto de trabalho colaborativo. Esses estudos montam uma revisão da bibliografia existente da Segurança 2.0, sendo essas, posteriormente, classificadas quanto ao seu nível de segurança colaborativa (CSL).

As normas de segurança estudadas e os estudos de caso, foram então organizados em uma tabela comparativa, para definir em quais níveis de colaboração as normas atuais conseguem atingir.

Por fim, algumas propostas de aplicação de Engenharia Kansei junto a tecnologias da Indústria 4.0 são indicadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Seleção de Normas

A Tabela 02 indica as principais normas atualmente relacionadas à aplicação de Segurança 2.0, sistemas robóticos e robôs colaborativos tanto no quesito internacional como nacional. Elas foram definidas utilizando-se referências existentes dentro das mesmas normas. Chegando-se então a essa listagem com normas que estão melhor encaixadas no contexto da pesquisa.

Essas normas podem ser subdivididas em dois grupos de requisitos de segurança: (i) projeto e (ii) operacionais. No primeiro grupo, se encaixam as normas internacionais selecionadas, que focam em definir requisitos de projeto para os robôs colaborativos e seu espaço de trabalho colaborativo. No segundo grupo, se encaixa a norma brasileira regulamentadora (NRs) e suas

notas técnicas, que focam mais em como o ambiente será recebido pelos operadores e como impedir ou reduzir riscos por cuidados no espaço de trabalho ou na operação de uso.

4.2 Revisão dos Requisitos de Segurança

Tendo como base as normas mencionadas na Tabela 02, podem ser definidos os requisitos de segurança voltados para a aplicação de robôs colaborativos e/ou um espaço de trabalho colaborativo.

Na norma ISO 12100 (2014), norma referência para conceitos gerais de segurança de máquinas, são apresentados requisitos específicos voltados para a aplicação de robôs colaborativos. Quanto ao limite de espaço da máquina (sessão 5.3.3) são considerados dois aspectos importantes: espaços destinados a pessoas que interagem com máquina, seja em operação ou manutenção; e interação humana tal como interface homem-máquina.

Quanto à ISO 10218-1(2018), é mencionado acerca do Desempenho do Sistema de Controle de Segurança (SRP/CS), na sessão 5.4, seguido de comentários acerca do Nível de Desempenho (PL) e Nível de Integridade de Segurança (SIL). Traz ainda comentários acerca das funções de parada (sessão 5.5). Sobre o Controle de Velocidade (sessão 5.6), é descrito que a velocidade é referente ao ponto central da ferramenta (TCP) – extremidade do braço do robô aonde se localiza a ferramenta utilizada na operação.

Quanto aos modos operacionais mencionados na ISO 10218-1 (2018), o modo de aprendizagem (sessão 5.7.3) permite o robô ser operador por intervenção humana, configurando uma das formas de atuação do operador junto ao robô de forma colaborativa. Para tal, é necessário a existência no sistema robótico: controle de parada/partida; e controle de ação contínua com dispositivo de habilitação, aspectos que são melhor descritos na sessão 5.8.

Na sessão 5.10 são definidos Requisitos de Operação Colaborativa, declarando que o robô deve ter sua atividade automática parada quando o humano estiver no mesmo espaço. Quando em operação guiada a mão, o operador deve atuar próximo à extremidade do braço (TCP) contando que respeitem os requisitos de parada de emergência (sessão 5.5.2 e 5.8.4) e dispositivos de habilitação (sessão 5.8.3.).

TABELA 02 – Normas de segurança internacionais e nacionais.

NORMAS	DESCRIÇÃO
REQUISITOS DE SEGURANÇA PARA PROJETO	
ISO 12100:2010	Segurança de Máquinas – Princípios Gerais de Projeto
IEC 60204-1:2016	Segurança de Máquinas: equipamentos elétricos
ISO 10218-1:2011	Robôs e Dispositivos robóticos – Requerimentos de segurança: Robôs
ISO 10218-2:2011	Robôs e Dispositivos robóticos – Requerimentos de segurança: Sistemas robóticos e integrados
ISO/TS 15066:2016	Robôs e Dispositivos robóticos – Robôs colaborativos
ISO 13849-1:2015	Segurança de Máquinas: Partes de Sistemas de Controle Relacionadas à Segurança (SRP/CS) – Parte 1: Princípios Gerais de Projeto
ISO 13849-2:2012	Segurança de Máquinas: Partes de Sistemas de Controle Relacionadas à Segurança (SRP/CS) – Parte 2: Validação
REQUISITOS DE SEGURANÇA OPERACIONAIS	
NR 12	Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos

A norma ISO 10218-2 (2018), sobre robôs e dispositivos robóticos, traz definições importantes acerca de robôs colaborativos e espaço de trabalho colaborativo.

A norma ISO 13849-1 (2015) e ISO 13849-2 (2012), define o Nível de Desempenho (PL) e o Nível de Desempenho Requerido (PLr), aplicado com o objetivo de alcançar redução de riscos desejado considerando uma condição prevista.

Além disso, na norma é mencionado o conceito de Categorias de segurança B – Categorização das estruturas por critério de *design* (projeto) e comportamento em condições de

falha, que vão de 1 a 4. Quanto às categorias, tanto a Categoria 3 como 4 abordam as partes de sistemas de controle de segurança ou SRP/CS.

A ISO 13849-2 (2012), já se trata da validação dos elementos descritos na parte 1 da norma ISO 13849. A validação é normalmente feita pelo Nível de Desempenho. Outras formas de validação são feitas por: requisitos ligados às funções de segurança, técnicas de análise, requisitos ambientais, e requisitos de manutenção.

A especificação técnica ISO/TS 15066 (2016) aborda definições como: operação e espaço de trabalho colaborativo, tipos de contato (transiente e quase estático), e distância de separação protetiva. São definidas, também, os tipos de operações de controle colaborativo: parada com monitoração segura, guiamento com mão, monitoramento de velocidade e separação, e limitadores de força e potência. Quanto à identificação de perigos, devem ser feitos em três níveis: robô, sistemas robóticos, e aplicação.

Por fim, a norma regulamentadora brasileira NR 12, a qual se trata da segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, traz algumas atualizações feitas entre 2016 e 2018 em prol da utilização de robôs colaborativos. Alguns requisitos mencionados e que valem ser comentados são: áreas de circulação devidamente demarcadas e desobstruídas; distância mínima entre máquinas em conformidade com suas características e aplicações, garantindo a segurança dos trabalhadores durante sua operação, manutenção, ajuste, limpeza e inspeção, e permitir a movimentação dos segmentos corporais.

Devem haver dispositivos de parada de emergência localizados no interior da zona protegida pelo sistema, bem como meios de liberar pessoas presas dentro dela.

Quando necessárias, devem ser adotadas medidas adicionais de alerta, como sinal visual e dispositivos de telecomunicação, considerando as características do processo produtivo e dos trabalhadores. Esse ponto é importante quando se trata da adoção da Metodologia da Engenharia Kansei, assim como para as aplicações definidas pela Segurança 2.0.

Já segundo a nota técnica 31 da NR 12, devem ser adotadas medidas de proteção para prevenir pessoas de acessarem um perigo, ou para controlá-lo, trazendo-o para um estado seguro, sendo, por exemplo: a instalação de proteções fixas e/ou móveis, dispositivos detectores de presença, redução da velocidade e alcance, e sistemas de limitação de energia e força.

4.3 Análise de Soluções pela Engenharia Kansei

Pensando no modelo CSL (*Collaborative Safety Level*) proposto por Shimizu et al. (2018) pode-se determinar os pontos dentro da Segurança 2.0 onde a KE pode atuar no desenvolvimento de produtos e serviços, pensando também nos fatores que contribuem para falhas humanas e riscos ocupacionais. A Tabela 03 informa alguns estudos de caso de Segurança 2.0 conforme referências, além de definir quais normas de segurança se encaixam para cada nível de segurança colaborativa (CSL). Ainda, na mesma tabela, são propostas soluções à segurança colaborativa pela aplicação da Metodologia Engenharia *Kansei*.

TABELA 03 – Níveis CSL e Aplicações e atuação da KE.

Nível	Possíveis aplicações	Normas Aplicáveis	Proposta em KE
CSL1	<ul style="list-style-type: none"> Botões de parada emergencial e interruptores de ativação (Nobuhiro et al., 2018) 	ISO/TS 15066 ISO 10218 ISO 12100 ISO 13849 NR12	Interface física do robô ter elementos fáceis de serem detectados (cor, som, textura) e de serem utilizados (formato, textura, posicionamento), dando maior sensação de segurança.
CSL2	<ul style="list-style-type: none"> Equipamentos de Segurança Inteligentes ou SPPS (Marchal e Baudoin, 2018) Sensores de aproximação e scanners (Shimizu et al., 2018) 	ISO/TS 15066 ISO 10218 ISO 12100 ISO 13849 NR12	Utilização de uniformes fáceis de identificar pela máquina e que sejam culturalmente entendidos como seguro pelos elementos: cor, formato, etc.
CSL3	<ul style="list-style-type: none"> Luzes LED na pilotagem de máquinas (Shimizu et al., 2018) 	NR 12	Proporcionar uma interface homem-máquina utilizando-se de elementos que despertem maior segurança.
CSL4	Sistemas de otimização a partir da união de dados, possivelmente prevendo o funcionamento futuro da máquina com determinados usuários. <ul style="list-style-type: none"> Dados do usuário como seu nível de habilidade com a máquina (Shimizu et al., 2017) Parada automática de máquinas por aproximação de RFID ou Câmeras Estereoscópicas (Izumi et al., 2017) 	ISO 13849 (SRP/CS)	Reconhecimento facial e emocional do trabalhador; Design (projeto) user-friendly e ergonômico da máquina que proporcione melhor sensação de segurança.

Fonte: elaborado pelos autores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de robôs colaborativos na indústria brasileira é ainda algo bastante recente. As normas regulamentadoras (NR) vêm sendo atualizadas, baseando-se nas normatizações internacionais, buscando estar a par dos avanços tecnológicos da Indústria 4.0.

Quanto às normas analisadas, algumas considerações podem ser feitas. Tanto na norma 12018-1 (2018) como na ISO/TS 15066 (2016) são definidos Requisitos de Operação Colaborativa que podem ser ditos como limitantes para a habilitação da tecnologia em questão, mas que existem devido ao risco ocupacional envolvido nessas operações. No entanto, essas medidas de controle poderiam ser contornadas com sensoriamento ou, ainda além, por metodologias que busquem acessar noções de segurança e perigo recebidas pelos operadores ao se posicionarem numa célula de trabalho colaborativo ou até mesmo antes ter o contato efetivo com o robô.

Essas metodologias entram também como propostas de soluções para mitigar a sensação de perigo dentre outros erros humanos no processo de operação colaborativa, ou ainda como controle aos perigos relacionados ao risco ocupacional. O método referencial CSL (Shimizu et al., 2018) foi a base para poder discutir possíveis aplicações da Segurança 2.0 associadas à Engenharia Afetiva (KE), assim como para entender que a maioria das normas existentes não atingem os altos níveis de colaboração dentro do CSL.

Por fim, o objetivo de analisar as normas de segurança existentes e definir os requisitos fundamentais para aplicação dos robôs colaborativos e postos de trabalho colaborativos foi possível. E como resultado final, foi obtida a Tabela 03 interligando essas áreas de estudo.

6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 12100:2014, **Segurança de Máquinas – Princípios gerais de projeto – Avaliação e redução de riscos**, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 10218-2:2018, **Robôs e dispositivos robóticos – Requisitos de segurança para robôs industriais. Parte 2: Sistemas robotizados e integração**, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 10218-1:2018, **Robôs e dispositivos robóticos – Requisitos de segurança para robôs industriais. Parte 1: Robôs**, 2018.

BSI - British Standard Institutions. **Occupational health and safety management systems – Requirements**, BS OHSAS 1800, 2007.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2018. Disponível em: <
<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2019.

BRASIL. Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho/Secretaria de Inspeção do Trabalho – DSST/SIT. **Nota Técnica nº31 - NR12 - Robôs industriais colaborativos (cobots), Indústria 4.0**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 13489-2:2012 – **Safety of machineey – Safety-related parts of control systems – Part 2: Validation**, Second Edition, 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 13489-1:2015 – **Safety of machineey – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design**, Third Edition, 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO/TS 15066:2016 – **Robots and robotic devices – Collaborative robots**, First Edition, 2016.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 60204-1:2016 - **Safety of machinery - Electrical equipment of machines**, 2016.

IZUMI H., AITA H., MIYAMOTO T. (NIPPO Corporation). **A practical effort for Safety 2.0 in NIPPO Corporation – Focusing on automatic stop system on paving equipment**. In the 8th Conference of Okan-Rengo – Ritsumeikan University Suzaku Campus, Japão, 2017.

LOKMAN, A. M.: **Emotional User Experience in Web Design: The Kansei Engineering Approach**, 2009.

MARCHAL P., BAUDOUIN J. **General principles of smart personal protection systems design**. In Proceedings - 2018 9th International Conference on Safety of Industrial Automated Systems, SIAS 2018 (pp. 122-128); Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), França, 2018.

MATTHIAS, B., KOCK, S., JERREGARD, H., KÄLLMAN, M., & LUNDBERG, I. **Safety of collaborative industrial robots: Certification possibilities for a collaborative assembly robot concept**. In Assembly and Manufacturing (ISAM), IEEE International Symposium on (pp. 1-6). IEEE, 2011.

MICHALOSA, G.; MAKRISA, S.; TSAROUCHIA, P.; GUASCHB, T.; KONTOVRAKISA, D.; CHRYSSOLOURISA, G. **Design considerations for safe human-robot collaborative workplaces**, 2015.

MUKAIDONO M., TAKAOKA H., OGIHARA H., ARIYAMA M., FUJITA T. **Japan's Approach for the Realization of the Future Safety Concept by Implementing Collaborative Safety Technologies**. In Proceedings - 2018 9th International Conference on Safety of Industrial Automated Systems, SIAS 2018 (pp. 77-87); Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), França, 2018.

NAGAMACHI, M.; OKAMOTO, R. H.; LOKMAN, A. M.: **Industrial Kansei Affective Engineering**. CRC Press, 2011.

NAGAMACHI, M. **History of Kansei Engineering and Application of Artificial Intelligence**. Plenary paper in KEER Conference, March 2018 in Kuching, Malásia, 2018.

NAGAMACHI, M. **Successful Points of Kansei Product Development**. Invited paper in Proceedings of International Kansei Engineering, Kuching, 2018.

NISCHALKE-FEHN G. **Use of tablet PCs and smartphones for machine control**. In Proceedings - 2018 9th International Conference on Safety of Industrial Automated Systems, SIAS 2018 (pp. 117-121); Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), França, 2018.

NOBUHIRO M., DOHI M., MAEDA I., OKADA K., FUJITA T. **Future Prospects of Enabling Device as an Essential Safety Device for the Safety of Machinery and Safety2.0**. In Proceedings - 2018 9th International Conference on Safety of Industrial Automated Systems, SIAS 2018 (pp. 130-138); Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), França 2018.

ROBLA-GÓMEZ, S., BECERRA, VICTOR M., LLATA, J. R., GONZÁLEZ-SARABIA, E., TORRE-FERRERO, C., AND PÉREZ-ORIA, J. **Working Together: A Review on Safe Human-Robot Collaboration in Industrial Environments**, vol. 5, 2017.

SHIMIZU T., FUJITANI S., MAEDA I., OKADA K., DOHI M., FUJITA T. (2018). **New Collaborative Safety Concept in Various Coexistence Areas for Human and Machinery**. In Proceedings - 2018 9th International Conference on Safety of Industrial Automated Systems, SIAS 2018 (pp. 88-94); Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), França, 2018.

SILVA, V. H. C.; LOKMAN, A. M.; PIMENTA, J. M. D. **Kansei Engineering Methodology Applied to Air-Conditioning Systems in Brazil**. International Conference on Kansei Engineering & Emotion Research – KEER, 2018.

THE INSTITUTE OF GLOBAL SAFETY PROMOTION – IGSAP. **Safety 2.0 Study Group started in order to use the new concept of safety "cooperative safety"**, 2016. Disponível em [http://institute-
gsafety.com/safety/study-group/](http://institute-
gsafety.com/safety/study-group/). Acesso em: dez. 2018.