

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA - CÂMPUS LAGES
ENGENHARIA MECÂNICA

MATHEUS ALMEIDA NUNES

SIMULAÇÃO DE UM BRAÇO ROBÓTICO PARA REALIZAÇÃO DO
ACABAMENTO EM RODA MOTRIZ NO PROCESSO DE FUNDIÇÃO

LAGES, 2023

**INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA – CAMPUS LAGES
ENGENHARIA MECÂNICA**

MATHEUS ALMEIDA NUNES

**SIMULAÇÃO DE UM BRAÇO ROBÓTICO PARA REALIZAÇÃO DO
ACABAMENTO EM RODA MOTRIZ NO PROCESSO DE FUNDIÇÃO**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Santa
Catarina como requisito para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Rogério da Silva, Me.

LAGES, 2023

Matheus Almeida Nunes

SIMULAÇÃO DE UM BRAÇO ROBÓTICO PARA REALIZAÇÃO DO ACABAMENTO EM RODA MOTRIZ NO PROCESSO DE FUNDIÇÃO

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica e aprovado em sua forma final pelo Curso de graduação em Engenharia Mecânica

Lages, 12 de dezembro de 2023.

Prof. MSc Natalia Madalena Boelter
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Me. Rogério da Silva
Orientador
Instituição Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Diego Augusto Gonzaga
Avaliador
Instituição Federal de Santa Catarina

Prof. MSc. Natalia Madalena Boelter
Avaliador
Instituição Federal de Santa Catarina

Esse trabalho é uma dedicatória a todos que, de alguma maneira, fizeram parte dessa jornada. Quero expressar minha gratidão em especial à minha família, que representa a minha base; sem o apoio deles, nada disso seria possível. Agradeço a Deus por me permitir realizar mais um sonho. Esse trabalho é fruto não apenas do meu esforço, mas também da colaboração e apoio de todos que contribuíram para que esse momento se tornasse realidade.

AGRADECIMENTOS

Quero expressar meu agradecimento a todo o corpo docente do Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Lages, pelos ensinamentos que recebi ao longo da minha trajetória discente, moldando não apenas minha formação acadêmica, mas também minha visão profissional.

Também estendo meus agradecimentos aos meus colegas de faculdade, com os quais compartilhei momentos de aflição e alegria ao longo desses anos. A jornada acadêmica foi enriquecida pela nossa colaboração e amizade, tornando as dificuldades mais leves e as vitórias mais significativas.

E por fim, quero expressar um agradecimento especial à minha família. Os sacrifícios e o apoio incondicional foram elementos cruciais para a concretização desta conquista. Cada gesto de incentivo e palavra de encorajamento desempenharam um papel vital no meu crescimento pessoal e profissional.

"A persistência é o caminho do êxito." CHARLES CHAPLIN.

RESUMO

Vive-se numa nova era industrial, onde diversas tecnologias podem ser utilizadas para a execução de tarefas árduas e repetitivas, proporcionando uma melhoria na qualidade, padronização do processo, redução no tempo de desenvolvimento da atividade, além da qualificação do corpo de colaboradores e modernização da empresa. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo a simulação da tarefa de acabamento em roda motriz, através do software RobotStudio, esse algoritmo utiliza o braço robótico para o acabamento da peça, dessa forma, é possível realizar projeções de tempo necessário para a execução dessa atividade, com o intuito de aumentar a eficiência na produção da atividade, padronização do processo e melhoria na qualidade do produto.

Palavras-chave: Braço robótico; Robótica na Fundição; Acabamento em Roda Motriz; Fundição; Automação na Fundição.

ABSTRACT

We live in a new industrial era, where various technologies can be used to perform arduous and repetitive tasks, providing an improvement in quality, standardization of the process, reduction in activity development time, in addition to the qualification of the workforce and modernization from the company. Therefore, the present work aims to simulate the finishing task on a driving wheel, using the RobotStudio software, this algorithm uses the robotic arm to finish the part, in this way, it is possible to make projections of the time required to execute this task. activity, with the aim of increasing efficiency in the production of the activity, standardizing the process and improving product quality.

Keywords: Robotic Arm; Robotics in Foundry; Drive Wheel Finish; Foundry; Automation in Foundry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fundição	12
Figura 2 - Formação do rechupe no massalote	13
Figura 3 - Corte do massalote	14
Figura 4 - Peça antes e após a rebarbação	14
Figura 5 - Processo de rebarbação	15
Figura 6 - Escavadeira hidráulica 200G	16
Figura 7 - Componentes rodantes de uma escavadeira	16
Figura 8 - Roda motriz.....	17
Figura 9 - Desenvolvimento do desenho técnico da roda motriz utilizando o SolidWorks	18
Figura 10 - Braço robótico	19
Figura 11 – Braço robótico executando uma paletização.....	20
Figura 12 – Braço robótico executando a inspeção.....	21
Figura 13 – Braço robótico executando a soldagem de um componente.....	22
Figura 14 - Efetuador final de um robô: garra.....	23
Figura 15 - Efetuador final de um robô: ferramenta.....	23
Figura 16 - Motor de corrente contínua (CC).....	24
Figura 17 - Atuador robótico hidráulico.....	25
Figura 18 - Atuador robótico pneumático	25
Figura 19 - IRC5 Controller	26
Figura 20 - Graus de liberdade de um braço robótico	27
Figura 21 - Software ABB RobotStudio	28
Figura 22 - Esteira rolante industrial transportando a roda motriz.....	29
Figura 23 - Talha elétrica.....	30
Figura 24 - Ar condicionado utilizado dentro da cabine de trabalho.....	31

Figura 25 - Sinaleiras	32
Figura 26 - FlexPendant	32
Figura 27 - Componentes do FlexPendant.....	33
Figura 28 - Operador	33
Figura 29 - Braço robótico IRB 1600 1.2 m	34
Figura 30 - Cabine de trabalho.....	37
Figura 31 - Simulação realizada.....	38
Figura 32 - Placa de torno com 3 castanhas	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações do braço robótico IRB 1600 1.2 m	35
Tabela 2 - Faixa de movimentos IRB 1600 1.2 m	35
Tabela 3 - Velocidade máxima IRB 1600 1.2 m	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIFA – Associação Brasileira de Fundação

IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina

BR – Braço Robótico

RS – RobotStudio

GDL – Graus de Liberdade

CC – Corrente Contínua

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Justificativa	10
1.2	Definição do Problema	10
1.3	Objetivo Geral.....	10
1.4	Objetivos Específicos	11
1.5	Metodologia Científica	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1	Fundição.....	12
2.2	Massalote	13
2.2.1	Como é realizado o corte do massalote.....	13
2.3	Rebarbação	14
2.3.1	Como é realizado a rebarbação de forma manual	14
2.4	Roda Motriz	15
2.5	Robótica	18
2.5.1	Braço robótico.....	18
2.5.2	Sensores.....	22
2.5.3	Efetuator final.....	23
2.5.4	Atuadores.....	24
2.5.5	Controladores.....	25
2.5.6	Graus de liberdade.....	26
2.6	ABB RobotStudio.....	27
3	DESENVOLVIMENTO.....	28
3.1	CABINE DE TRABALHO	28

3.1.1	Estratégias de transporte e movimentação da roda motriz com foco na ergonomia operacional	28
3.1.2	Climatização da cabine de trabalho	30
3.1.3	Sinalização da cabine de trabalho	31
3.1.4	FlexPendant.....	32
3.1.5	Operador.....	33
3.1.6	Braço robótico e controlador escolhidos	34
3.1.7	Cabine de trabalho finalizada.....	36
3.1.8	Programação.....	37
4	RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
5	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	40
	REFERÊNCIAS	41
	APÊNDICE A – Coordenadas do braço robótico.....	47
	APÊNDICE B – Programação do braço robótico.....	50

1 INTRODUÇÃO

Segundo Content (2018), a indústria já enfrentou três grandes eras, como: a primeira revolução industrial, no qual foi marcada pelas primeiras máquinas e equipes de trabalho; a segunda revolução industrial, que foi a implementação das primeiras linhas de montagem; a terceira revolução industrial, que é a introdução da eletricidade e a tecnologia da informação e agora está numa nova era, que é a quarta revolução industrial, atual momento.

Atualmente, o mundo vive uma nova era tecnológica denominada indústria 4.0, que consiste na interação da Internet das coisas e objetos inteligentes, que constroem sistemas com maior capacidade de autogestão, possibilitando uma maior customização dos produtos sem perder as vantagens da produção em massa (LASI et al., 2014). Dessa forma, é importante identificar as atividades que seja possível a implementação de inovações tecnológicas para uma modernização no processo produtivo e melhoria no desenvolvimento da atividade. Segundo Santos, Manhães e Lima (p. 318, 2018), as indústrias brasileiras têm muito a evoluir para que não percam completamente a competitividade no mercado globalizado.

Devido a isso, surgem algumas tarefas que se encaixam nessas situações, como, o acabamento em roda motriz no setor da fundição. Segundo a Associação Brasileira de Fundição (ABIFA), o setor da fundição está sofrendo com a escassez de mão de obra, e por se tratar de um trabalho árduo e repetitivo, no qual o operador utiliza algumas técnicas e ferramentas para a remoção de rebarbas oriundas do processo de fundição, pode ser implementado a utilização de um robô para a realização dessa tarefa.

“Um robô é uma máquina eletromecânica que consegue realizar tarefas de forma autônoma ou com algum tipo de orientação. Os robôs industriais são muito usados em todo o setor de manufatura, e há categorias desses robôs em diferentes configurações e tamanhos” (LAMB, p. 195, 2015). Com isso em mente, o problema foi desenvolvido com base em pesquisas, simulações e implementações de um algoritmo em um braço robótico, que atenda aos requisitos necessários para a realização da atividade de acabamento, através de um software de programação robótica para a

simulação da tarefa e implementação de uma unidade de trabalho que se assemelha ao mundo real.

1.1 Justificativa

Diante do exposto, justifica-se a relevância do estudo, que foi desenvolvido com base em pesquisas, simulações e implementações de um algoritmo em um braço robótico, que atenda aos requisitos necessários para a realização da atividade de acabamento em roda motriz, através do software RobotStudio da ABB, para a simulação da tarefa e implementação de uma unidade de trabalho que se assemelha ao mundo real.

As possíveis contribuições são o aumento da produção, a padronização do processo e melhoria na qualidade do produto. Além disso, essa solução é projetada para atender à escassez de mão de obra identificada no setor de fundição.

1.2 Definição do Problema

Trata-se de uma simulação através de um braço robótico para a realização do acabamento em roda motriz no setor de fundição.

Geralmente, a atividade de acabamento em roda motriz é realizada manualmente, e por se tratar de um trabalho robusto e com a mão de obra escassa, a implementação do braço robótico pode ser uma solução e/ou alternativa para o desenvolvimento do trabalho.

1.3 Objetivo Geral

Construir um algoritmo através do software RobotStudio, utilizando um braço robótico para a simulação do acabamento de uma roda motriz, atividade realizada no setor de fundição.

1.4 Objetivos Específicos

- a) Desenvolver uma cabine de trabalho que se assemelha as condições encontradas no cotidiano de uma fábrica.
- b) Criar o desenho 3d, através do software SolidWorks, da roda motriz para a realização do acabamento.

1.5 Metodologia Científica

Trata-se uma pesquisa descritiva, pois o algoritmo foi construído ao longo do desenvolvimento do projeto, determinando os melhores passos a serem seguidos pelo braço robótico, para a realização do acabamento em roda motriz.

“A pesquisa descritiva inclui um estudo observacional, onde se compara dois grupos similares, sendo assim, o processo descritivo visa à identificação, registro e análise das características, fatores ou variáveis que se relacionam com o fenômeno ou processo. A grande contribuição da pesquisa descritiva é proporcionar novas visões sobre uma realidade já conhecida” (NUNES; NASCIMENTO; LUZ, p. 146, 2016).

A pesquisa utiliza dados quantitativos, provenientes dos dados/resultados/desfecho gerados após a simulação do braço robótico, do desenho técnico da peça e das ferramentas utilizadas no desenvolvimento do acabamento em roda motriz. As variáveis abordadas nesta pesquisa foram: a peça, as ferramentas, o algoritmo e o tempo de execução da tarefa, que se tratam de variáveis quantitativas discretas. Entretanto, a peça é a variável que interliga todas as outras citadas, pois dependendo do formato e suas respectivas dimensões, pode haver alterações no algoritmo, nas ferramentas utilizadas para realização da tarefa de acabamento da mesma e mudança no tempo final do processo.

As simulações foram realizadas no software ABB RobotStudio, onde foram inseridas as dimensões das ferramentas de acordo com a tarefa executada, dimensões do braço robótico e o desenho técnico da peça a ser acabada, além do ambiente virtual de trabalho. A utilização do software ABB RobotStudio justifica-se para a implementação do algoritmo e construção do ambiente virtual de trabalho, o braço robótico para a execução do mesmo e o desenho técnico contendo o formato e as dimensões da peça e das ferramentas que serão utilizadas para a atividade de acabamento.

A principal grandeza envolvida na pesquisa, é o tempo de realização do acabamento em roda motriz, pois dessa forma, será possível determinar a capacidade de produção do braço robótico, que é uma das principais razões para a implementação dessa tecnologia.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Fundição

É compreendido como o derramamento de uma liga metálica em um molde (cavidade), com as formas e dimensões da peça desejada. Trata-se de um método utilizado em diversos ramos da indústria, por se tratar de uma produção em série com um custo econômico razoável, além de sua flexibilidade, pois dependendo das dimensões e formatos das peças desejadas, sua produção se torna mais complexa em outros métodos de produção. As etapas do processo de fundição, geralmente, são a fabricação do molde e de machos, a fusão da liga metálica, o vazamento, a desmoldagem da peça e o acabamento, que basicamente é a remoção do excesso do material, ou seja, a rebarbação (BALDAM; VIEIRA, 2014). A figura 1 ilustra o derramamento da liga metálica em um molde.

Figura 1 - Fundição



Fonte: Ferramental (2021).

2.2 Massalote

De acordo com Baldam e Vieira (2014), é uma reserva de metal líquido que compensará a contração da liga metálica durante o processo de solidificação, mudança do estado líquido para o estado sólido, com o intuito de evitar a formação de rechupe na peça que está sendo produzida. É importante que o massalote seja inserido nas regiões críticas da peça. Ele é inserido na parte da peça em que é a última a sofrer a solidificação, e deve ser descolado para que o rechupe seja formado no próprio massalote. A figura a seguir, demonstra como ocorre o processo citado.

Figura 2 - Formação do rechupe no massalote



Fonte: Baldam; Vieira (p. 26, 2014).

2.2.1 Como é realizado o corte do massalote

A remoção é realizada por disco abrasivo, faz-se necessário que o operador tenha alguns cuidados na realização dessa tarefa, como a identificação dos canais dos massalotes e atenção para não danificar a peça (Rossitti, 1993). A figura 3 demonstra o corte do massalote sendo realizado por um operador.

Figura 3 - Corte do massalote

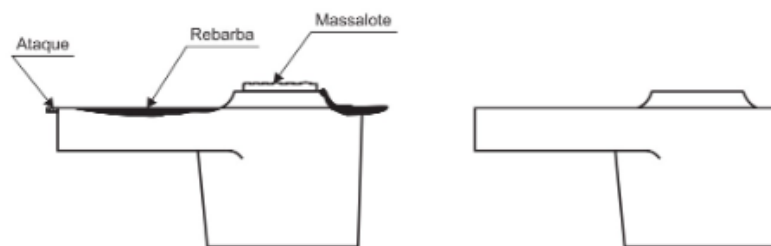


Fonte: Rossitti (1993).

2.3 Rebarbação

“A finalidade da rebarbação é eliminar da peça todas as excrescências metálicas inúteis resultantes de remoção dos canais e massalotes, defeitos superficiais de moldação, etc.” (BALDAM; VIEIRA, p. 324, 2014). Para a execução da tarefa de rebarbação, geralmente, é utilizada esmerilhadeiras, lima e martelo, mas dependendo da peça e do seu respectivo estado, outros instrumentos também podem ser utilizados. A figura 4, mostra o formato de uma peça antes e depois do processo de rebarbação.

Figura 4 - Peça antes e após a rebarbação



Fonte: Baldam; Vieira (p. 324, 2014).

2.3.1 Como é realizado a rebarbação de forma manual

Pode ser realizado antes ou após o processo de corte do massalote, é necessário a verificação de imperfeições na peça, caso detectado, é realizada a

operação de rebarbação externa e interna, para a remoção dessas irregularidades (Rossitti, 1993). A figura a seguir, ilustra o acabamento de uma peça através de um disco abrasivo.

Figura 5 - Processo de rebarbação



Fonte: Norton Saint-Gobain (2018).

2.4 Roda Motriz

Antes de abordar a definição e o propósito da roda motriz, é importante contextualizar a qual equipamento ela está inserida, a fim de destacar a importância desse componente. Neste caso, se trata da escavadeira hidráulica (Figura 6), que é uma máquina de grande porte utilizada para escavar e retirar materiais em diversas atividades econômicas, tais como escavação, abertura de valas, remoção de materiais, operações de mineração, entre outras (VRental, 2022).

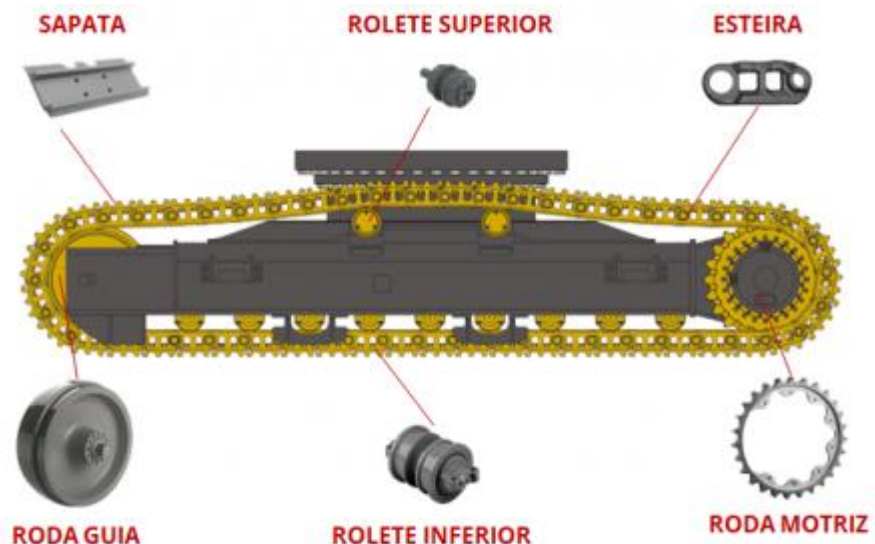
Figura 6 - Escavadeira hidráulica 200G



Fonte: Rota Oeste Máquinas (2023).

A figura 7, ilustra alguns componentes responsáveis pela movimentação da escavadeira hidráulica, como: a sapata, a roda guia, o rolete superior e inferior, a esteira e a roda motriz.

Figura 7 - Componentes rodantes de uma escavadeira

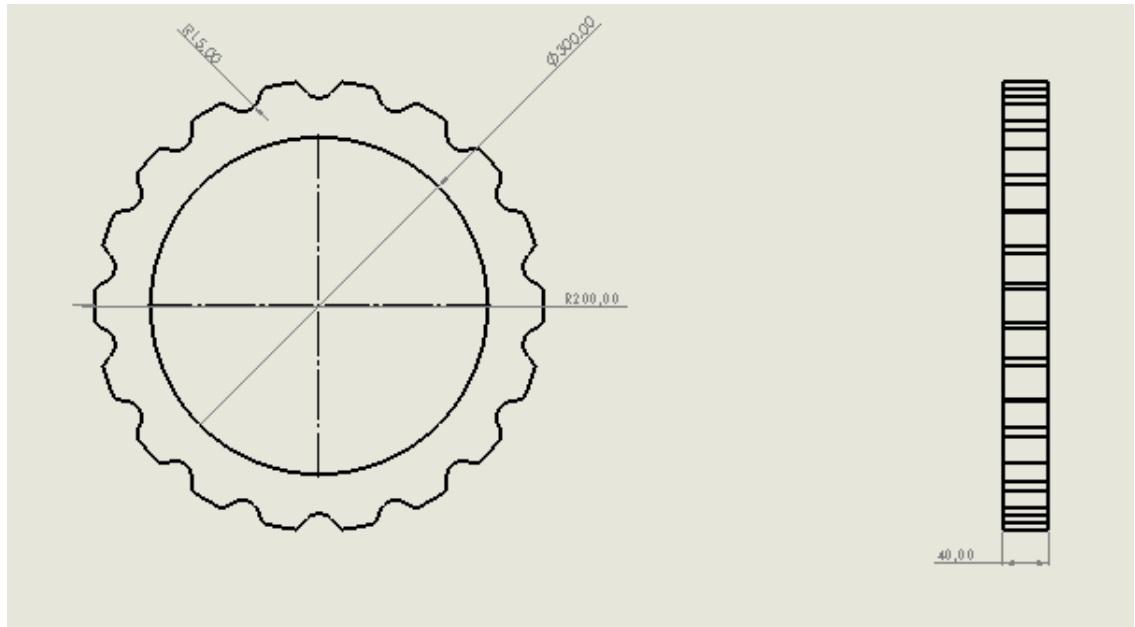


Fonte: ITR (2018).

A roda motriz desempenha a função de transferir a carga de movimento da direção final para as buchas do material rodante em uma escavadeira hidráulica. As buchas da esteira são engatadas pelos dentes da roda motriz, possibilitando o movimento do conjunto da esteira, o que permite o deslocamento da máquina. Esse

processo destaca a importância da roda motriz na propulsão e mobilidade da escavadeira (Imporcate, 2023). A figura 8 apresenta o desenho técnico da roda motriz.

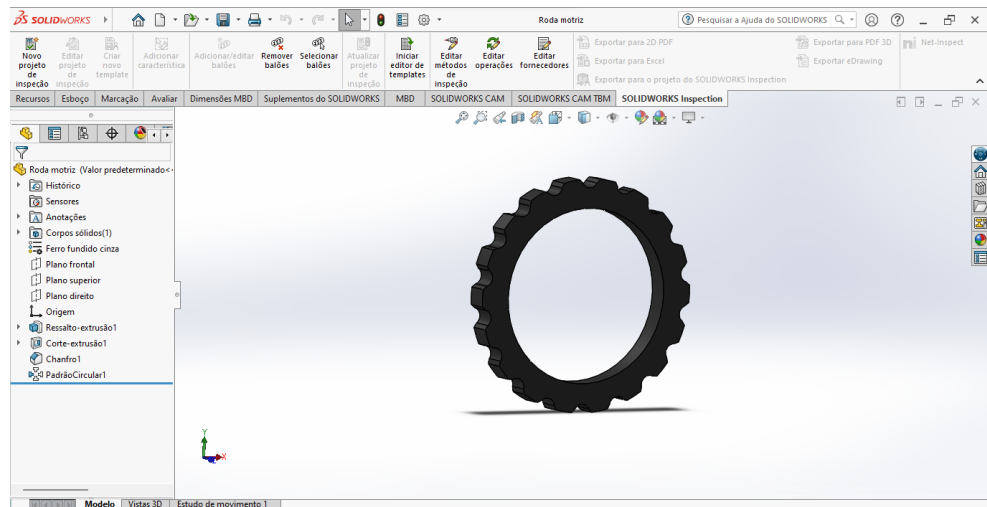
Figura 8 - Roda motriz



Fonte: Autor (2023).

A Figura 9 mostra o desenho sendo elaborado através do software de modelagem CAD 3D SolidWorks. A representação dessa peça foi importada para o software RobotStudio, para o desenvolvido da simulação de acabamento. É importante citar que a instituição de ensino (IFSC) possui uma licença de utilização do SolidWorks para seus estudantes.

Figura 9 - Desenvolvimento do desenho técnico da roda motriz utilizando o SolidWorks



Fonte: Autor (2023).

2.5 Robótica

De acordo com Mataric (p. 19, 2014), “Um robô é um sistema autônomo que existe no mundo físico, pode sentir o seu ambiente e pode agir sobre ele para alcançar alguns objetivos”. Ou seja, é um sistema autônomo que recebe e interpreta informações do mundo físico, através de sensores, e realiza tarefas de acordo com a sua programação.

2.5.1 Braço robótico

É um robô que utiliza articulações rotativas para acessar o seu espaço de trabalho. De modo geral, suas articulações são agrupadas em uma cadeia, de forma que uma articulação sustente outra localizada mais adiante (Lamb, 2015). A figura 10 apresenta um exemplo de braço robótico.

Figura 10 - Braço robótico



Fonte: Webshop Robotics ABB (2023).

2.5.1.1 Aplicações

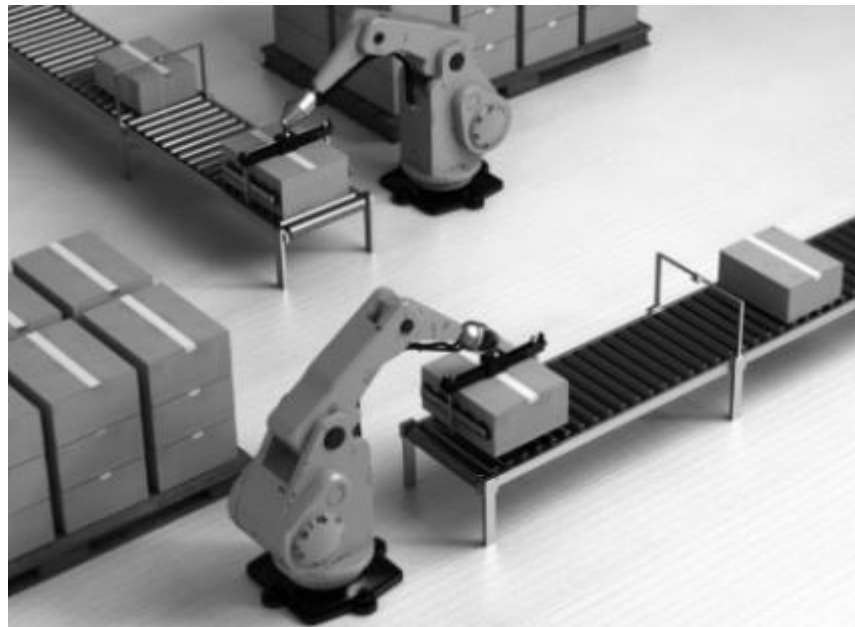
A classificação das tarefas realizadas por um braço robótico pode ser resumida em três categorias, como: a movimentação, a medição e a manipulação. Essas tarefas destacam-se como as principais capacidades autônomas que delineiam as atrações operacionais de um robô em diversas situações (Santos e Júnior, 2014).

2.5.1.2 Movimentação

É utilizado em operações de embalagem, na classificação de peças, assim como na inserção e remoção de componentes em máquinas de usinagem, carregando e descarregando de depósitos, realizando a paletização e etc. Sua precisão torna essas tarefas mais eficientes, contribuindo para a automação e otimização dos

processos (Santos e Júnior, 2014). A figura 11 apresenta um exemplo de um braço robótico realizando a paletização.

Figura 11 – Braço robótico executando uma paletização

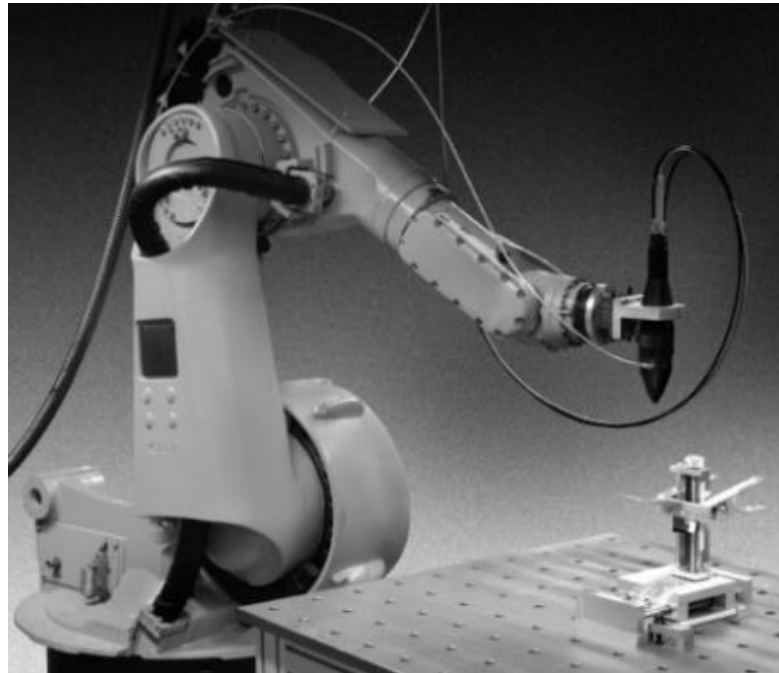


Fonte: Santos e Júnior (p. 16, 2014).

2.5.1.3 Medição

O robô pode ser utilizado no setor de qualidade, pois tem a funcionalidade de inspecionar objetos, além da identificação precisa de contornos e detecção de falhas durante os processos de fabricação. Isso contribui diretamente para elevar os padrões de produção e a eficiência nas operações industriais (Santos e Júnior, 2014). A figura a seguir, apresenta a inspeção de um componente através de um braço robótico.

Figura 12 – Braço robótico executando a inspeção



Fonte: Santos e Júnior (p.17, 2014).

2.5.1.4 Manipulação

Os robôs desempenham diversas operações industriais, incluindo soldagem a arco ou ponto, pintura, processos de furação ou fresagem, acabamento e desbaste de peças, colagem e selagem, cortes a laser ou jato de água, montagens elétricas ou mecânicas, processos da fundição, entre outros. Assim, os robôs possibilitam a automação de uma variedade atividades realizadas por humanos, obtendo um aumento na produção e padronização de processos (Santos e Júnior, 2014). A figura 13 ilustra o braço robótico realizando uma soldagem.

Figura 13 – Braço robótico executando a soldagem de um componente



Fonte: Santos e Júnior (p. 18, 2014).

2.5.2 Sensores

De acordo com Mataric (2014), o espaço sensorial do robô, também conhecido como espaço perceptivo, é formado pela combinação de todos os sensores do robô, representando assim todas as leituras sensoriais possíveis. Existem dois tipos de sensores: passivos e ativos. Sensores passivos medem as propriedades físicas do ambiente, utilizando um detector para captar uma característica a ser medida. Esses sensores podem variar em complexidade, sendo classificados como simples ou complexos. Por outro lado, os sensores ativos geram seu próprio sinal ou estímulo e utilizam a interação desse sinal com o ambiente para medir uma determinada propriedade. Compostos por um emissor e um detector, os sensores ativos emitem o sinal através do emissor, sendo posteriormente detectados pelo detector.

2.5.3 Efetuador final

O efetuador é o elemento final na cadeia cinemática de um robô industrial, instalado após o punho. Os efetuadores podem ser classificados em dois grupos: garras e ferramentas (Santos e Júnior, 2014). Para a simulação do acabamento da roda motriz, o efetuador final é do tipo ferramenta. As figuras 14 e 15 ilustram a diferença entre o efetuador final do tipo garra e ferramenta.

Figura 14 - Efetuador final de um robô: garra



Fonte: Santos e Júnior (p. 30, 2014).

Figura 15 - Efetuador final de um robô: ferramenta



Fonte: Santos e Júnior (p. 30, 2014).

2.5.4 Atuadores

Um atuador é um dispositivo que permite que o operador execute uma ação ou movimento específico. Na robótica, os atuadores abrangem diversas tecnologias, como motores elétricos, cilindros hidráulicos ou pneumáticos, materiais sensíveis à temperatura e componentes químicos, entre outros. Esses dispositivos operam em diversas partes dos robôs, como: rodas, esteiras, braços, garras, entre outros (Mataric, 2014).

As figuras 16, 17 e 18, apresentam o motor de corrente contínua (CC), cilindro hidráulico e cilindro pneumático, respectivamente, que são exemplos de atuadores utilizados na robótica.

Figura 16 - Motor de corrente contínua (CC)



Fonte: Mataric (p. 56, 2014).

Figura 17 - Atuador robótico hidráulico



Fonte: Jadhav (2022).

Figura 18 - Atuador robótico pneumático



Fonte: Jadhav (2022).

2.5.5 Controladores

Os controladores (figura 19) fornecem o hardware e o software que dão autonomia ao robô, utilizando informações sensoriais e outros dados para tomar

decisões e, posteriormente, controlar os procedimentos na execução dessas ações. Os controladores desempenham o papel de cérebro e do sistema nervoso, coordenando e regulando as operações do robô (Mataric, 2014).

Ainda segundo a autora, os controladores oferecem autonomia, o que na robótica significa, que as decisões são tomadas e realizadas pelo próprio robô, sem a necessidade de intervenção dos operadores. Essa autonomia pode ser definida em dois tipos: completa, onde os robôs tomam suas próprias decisões e age de acordo com elas, e parcial, quando são controlados parcial ou totalmente por um ser humano.

Figura 19 - IRC5 Controller



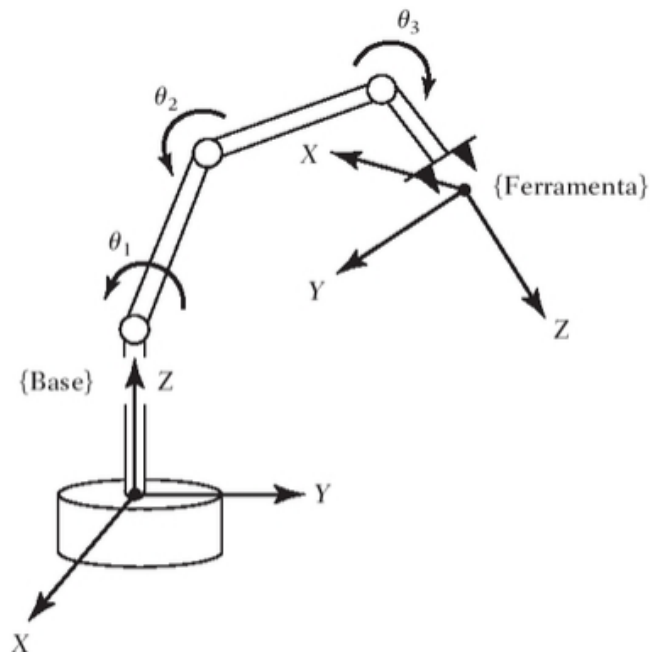
Fonte: Direct industry (2023).

2.5.6 Graus de liberdade

Grau de liberdade (GDL) é o número de movimentos independentes que podem ser variados em um sistema mecânico, ou seja, a capacidade do robô de se locomover. De forma geral, um corpo livre no espaço tridimensional possui um total de seis Graus de Liberdade (GDL) representando os movimentos de translação permitindo que o corpo se mova sem girar rotulados como x, y e z, e rotação denominados como rolagem (roll), arfagem (pitch) e guinada (yaw) ao longo dos três eixos (Mataric, 2014).

A figura 20 ilustra um exemplo de graus de liberdade de um braço robótico exemplificando a translação e rotação.

Figura 20 - Graus de liberdade de um braço robótico



Fonte: Angelo (2018).

É importante a compreensão do conceito de GDL para que fique claro as movimentações necessárias que o robô precisa executar para que o acabamento da roda motriz seja possível, realizando a programação de acordo com os limites do braço robótico.

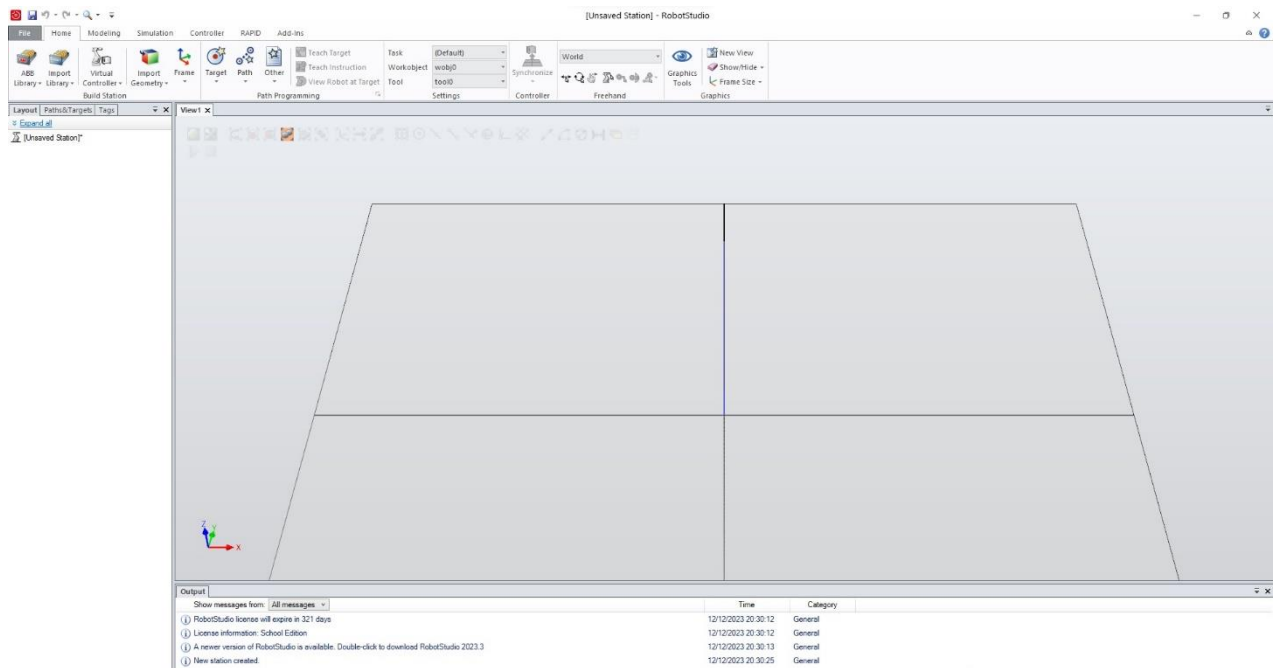
2.6 ABB RobotStudio

ABB RobotStudio foi o software escolhido para a implementação do algoritmo de acabamento em roda motriz no setor de fundição, no qual, o braço robótico executa as tarefas determinadas na programação. É importante destacar que o Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), detém a licença de utilização do aplicativo. Na figura 21 é possível visualizar a interface do RobotStudio.

“O RobotStudio® é a ferramenta de programação e simulação offline mais popular do mundo para aplicações robóticas. Baseado na melhor tecnologia de controlador virtual da categoria, o RobotStudio lhe dá total confiança de que o que você vê em sua tela corresponde a como o robô se moverá na vida real. Permitindo que você construa, teste e refine sua instalação do robô em

um ambiente virtual, esta tecnologia única acelera o tempo de comissionamento e a produtividade em uma grandeza” (New ABB, 2023).

Figura 21 - Software ABB RobotStudio



Fonte: Autor (2023).

3 DESENVOLVIMENTO

Os tópicos a seguir abrangem as estratégias e implementações adotadas no desenvolvimento deste trabalho, fornecidos com explicação detalhadas e conceitos pertinentes.

3.1 CABINE DE TRABALHO

3.1.1 Estratégias de transporte e movimentação da roda motriz com foco na ergonomia operacional

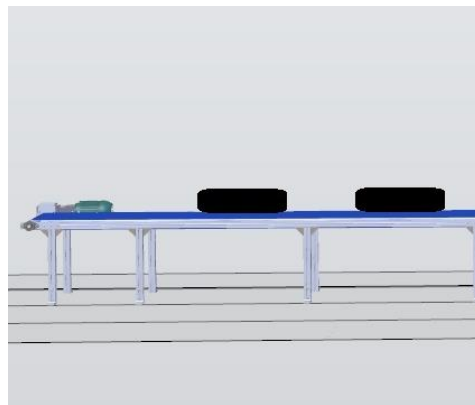
Inicialmente, é importante compreender o conceito de ergonomia e os benefícios que ela proporciona em um ambiente de trabalho visando proteger a saúde dos profissionais, mas também gerar um aumento na produtividade.

“A ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem. O trabalho aqui tem uma acepção bastante ampla, abrangendo não apenas aqueles executados com máquinas e equipamentos, utilizados para transformar os materiais, mas também toda a situação em que ocorre o relacionamento entre o homem e uma atividade produtiva. Isso envolve não somente o ambiente físico, mas também os aspectos organizacionais. A ergonomia tem uma visão ampla, abrangendo atividades de planejamento e projeto, que ocorrem antes do trabalho ser realizado, e aqueles de controle e avaliação, que ocorrem durante e após esse trabalho. Tudo isso é necessário para que o trabalho possa atingir os resultados desejados” (IIDA, p. 2, 2005).

Considerando a compreensão da ergonomia, é importante explorar maneiras de aplicar seus conceitos na simulação do ambiente virtual. Nesse contexto, optou-se pela utilização de uma esteira rolante industrial para o deslocamento da roda motriz até a cabine de trabalho para a fase de acabamento, bem como o transporte da peça finalizada para a etapa subsequente do processo, e uma talha elétrica para manuseio e elevação da peça sem exigência de esforço físico por parte do operador.

A figura 22 apresenta a esteira rolante industrial transportando a roda motriz até a cabine de trabalho para a realização do acabamento na peça.

Figura 22 - Esteira rolante industrial transportando a roda motriz

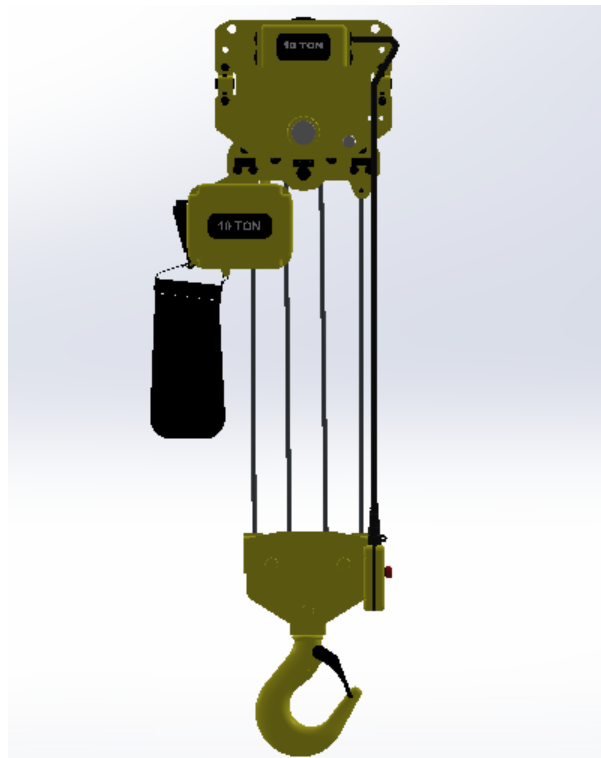


Fonte: Autor (2023).

Segundo Cobra Correntes Transportadoras (2020), as transportadoras industriais desempenham um papel importante na otimização dos processos logísticos, movimentando grandes quantidades de produtos de forma eficiente. Além de acelerar o transporte, essas esteiras oferecem benefícios para a ergonomia do ambiente de trabalho, ao substituir tarefas manuais e repetitivas, reduzindo o risco de lesões.

Em relação as talhas elétricas representam componentes importantes em ambientes industriais, desempenhando um papel indispensável no processo de elevação, descida e transporte de cargas pesadas. O objetivo principal desses equipamentos é melhorar as operações, simplificando as tarefas dos operadores e, simultaneamente, contribuindo para a segurança do ambiente (Bambozzi, 2021). A figura 23 ilustra a talha elétrica utilizada para movimentação da roda motriz na simulação do acabamento.

Figura 23 - Talha elétrica



Fonte: GrabCad (2022).

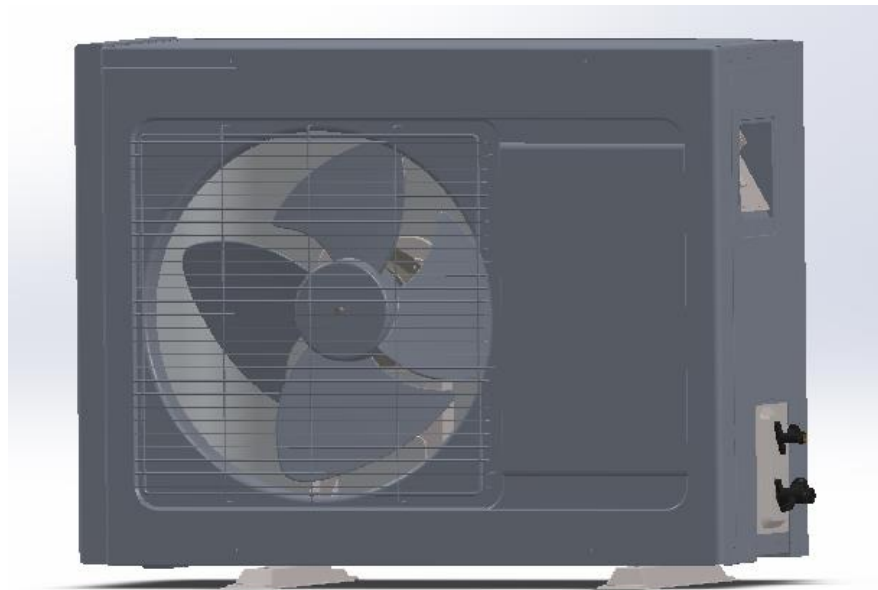
A utilização da esteira rolante industrial e da talha elétrica visa aprimorar a eficiência da produção, minimizando os períodos de busca por peças, aliviando a fadiga do operador e melhorando sua ergonomia.

3.1.2 Climatização da cabine de trabalho

A necessidade de resfriamento para o braço robótico é determinada pelo tipo de aplicação, pelas condições do ambiente operacional e pela carga de trabalho. Se o braço robótico estiver envolvido em tarefas que desativem a realização de ciclos

intensivos, isso pode resultar em um aumento da temperatura interna do sistema, afetando componentes como motores, redutores e outros elementos eletrônicos (ABB Robotics, 2013). Dessa forma, como o braço robótico é um componente que utiliza a precisão como um requisito crítico, foi incorporado um sistema de ar condicionado dentro da cabine de trabalho com o intuito de evitar o aquecimento de componentes internos. A imagem a seguir apresenta o ar condicionado utilizado na implementação da cabine de trabalho.

Figura 24 - Ar condicionado utilizado dentro da cabine de trabalho



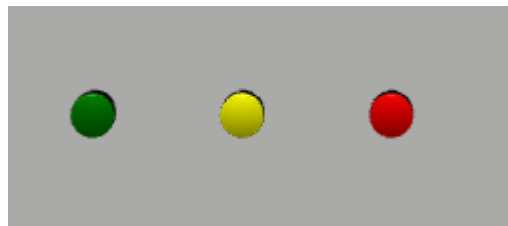
Fonte: GrabCad (2022).

3.1.3 Sinalização da cabine de trabalho

Em termos de segurança e sinalização, há três sinaleiras: a vermelha, que indica a ocorrência de algum problema; a amarela, que sinaliza a necessidade de inverter o sentido, cancelar uma operação ou cancelar uma condição perigosa; e a verde, que indica que o ciclo de trabalho está ativo (Drumond, 2022).

A sinalização (figura 25) desempenha um papel importante ao auxiliar o operador durante o processo de acabamento da peça, fornecendo informações sobre a conclusão ou interrupção de cada etapa. Isso inclui alertas para indicar se algum problema ocorreu e interrompeu o ciclo de trabalho do braço robótico.

Figura 25 - Sinaleiras

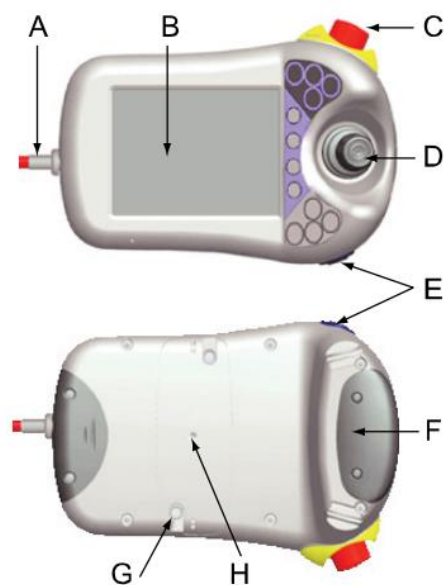


Fonte: Autor (2023).

3.1.4 FlexPendant

O FlexPendant (figura 26) é uma unidade de operação portátil projetada para desempenhar várias funções na operação de um sistema robótico. Essa ferramenta permite a execução de programas, o controle dos movimentos do manipulador e a modificação de programas de robôs, entre outras tarefas. Sua portabilidade e capacidade abrangente tornam um componente eficaz e versátil no gerenciamento de sistemas robóticos industriais (ABB, 2013).

Figura 26 - FlexPendant



Fonte: ABB (2013).

A Figura 27 cita cada componente mencionados através de siglas, conforme a figura anterior.

Figura 27 - Componentes do FlexPendant

A	Conector
B	Tela sensível ao toque
C	Botão de parada de emergência
D	Joystick
E	Porta USB
F	Dispositivo de ativação
G	Caneta Stylus
H	Botão Restabelecer

Fonte: ABB (2013).

3.1.5 Operador

Pertenceria ao operador a responsabilidade pela programação do braço robótico, além da supervisão do ciclo de trabalho, gerenciamento do tempo ocioso do robô, manipulação da peça dentro da cabine de trabalho, e o transporte da peça até a cabine de trabalho para o acabamento da mesma. A figura 28 apresenta o operador com o FlexPendant na mão.

Figura 28 - Operador

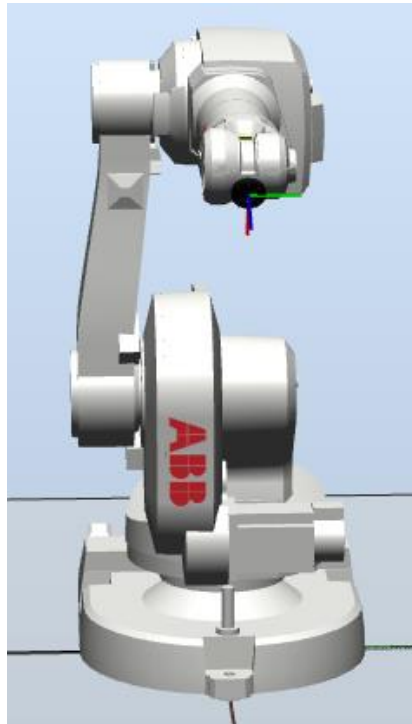


Fonte: GrabCad (2023).

3.1.6 Braço robótico e controlador escolhidos

De acordo com ABB (2012), recomenda-se os modelos IRB 1600 (figura 29) e o controlador IRC5 (figura 20 apresentada anteriormente) para a realização das operações de acabamento na fundição, devido a sua eficiência e desempenho, evidenciando-se como alternativas para a otimização e aprimoramento dos processos de acabamento específicos desse setor industrial. A combinação do braço robótico IRB 1600 e do controlador IRC5 oferece uma solução integrada e avançada, alinhada aos requisitos rigorosos de qualidade e produtividade exigidos no contexto das especificações.

Figura 29 - Braço robótico IRB 1600 1.2 m



Fonte: Autor (2023).

Na Tabela 1, segue o detalhamento referente as especificações do braço robótico escolhido para a simulação, sendo elas importantes para a compreensão das características físicas do robô, proporcionando uma base sólida para a execução e análise da simulação.

Tabela 1 - Especificações do braço robótico IRB 1600 1.2 m

Especificações do modelo IRB 1600 1.2 m	
Carga máxima do robô	6 kg
Alcance máximo	1.2 m
Número de eixos	6
Controlador	IRC5 Gabinete Simples, IRC5 Gabinete Duplo, IRC5 Compact

Fonte: Eurobots (2016).

Na tabela 2 mostra a faixa de movimentos do IRB 1600 1.2 m, a compreensão dessas faixas de movimento é essencial para otimizar a programação do robô, garantindo que ele possa alcançar e executar eficientemente as tarefas designadas, como o acabamento da roda motriz.

Tabela 2 - Faixa de movimentos IRB 1600 1.2 m

Faixa de movimentos do modelo IRB 1600 1.2 m	
Eixo 1	+180° a -180°
Eixo 2	+136° a -63°
Eixo 3	+55° a -235°
Eixo 4	+200° a -200° def. +/-190° revolução
Eixo 5	+115° a -115°
Eixo 6	+400° a -400° def. +/-288 voltas

Fonte: Eurobots (2016).

E por fim, a tabela 3 apresenta as velocidades que o braço robótico consegue alcançar durante o ciclo de trabalho. Essas informações desempenham um papel importante na determinação do tempo necessário para a execução do acabamento da peça. Ao compreender as velocidades distintas em diferentes eixos do ciclo, é possível otimizar o planejamento e a programação do robô, para o processo de acabamento da peça.

Tabela 3 - Velocidade máxima IRB 1600 1.2 m

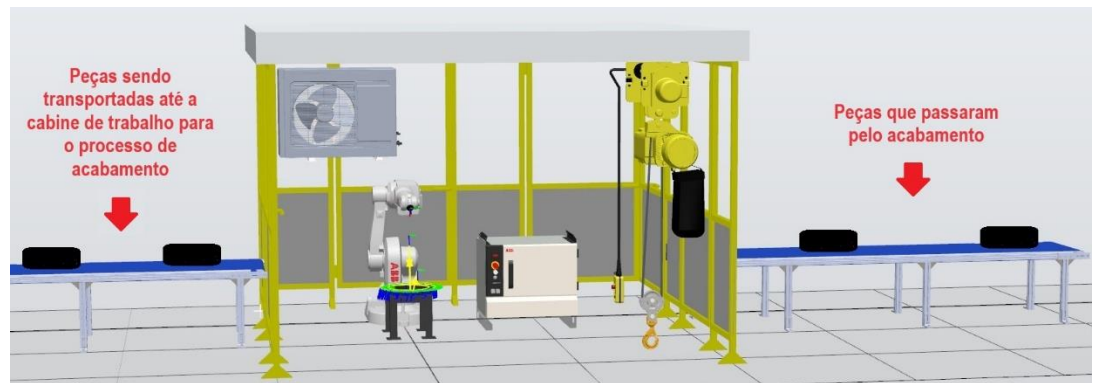
Velocidade máxima do modelo IRB 1600 1.2 m	
Eixo 1	150°/s
Eixo 2	160°/s
Eixo 3	170°/s
Eixo 4	320°/s
Eixo 5	400°/s
Eixo 6	460°/s

Fonte: Eurobots (2016).

3.1.7 Cabine de trabalho finalizada

A cabine de trabalho (figura 30) desempenha um papel importante na segurança de todos os funcionários da fábrica, dada a natureza do serviço, que pode acarretar riscos para os profissionais caso não seja mantida uma distância segura. A possibilidade de resíduos saltarem durante o acabamento da peça, ressalta a importância de um ambiente controlado para mitigar esses riscos. Dentro dela, está o ar condicionado, o braço robótico, o controlador, uma bancada, uma talha elétrica e a roda motriz. Também está implementado os conceitos de ergonomia com a utilização da esteira rolante industrial para o transporte das peças até a cabine de trabalho para a realização do acabamento e também o transporte da peça já acabada para as etapas posteriores, além da utilização da talha elétrica para manuseio da roda motriz dentro do ambiente de trabalho para inserir e retirar a peça na bancada.

Figura 30 - Cabine de trabalho



Fonte: Autor (2023).

Os elementos mencionados nos tópicos acima, juntamente com suas atribuições específicas, compõem a cabine de trabalho para a simulação do acabamento na peça, com a finalidade de se aproximar com cenários do cotidiano de uma fábrica.

3.1.8 Programação

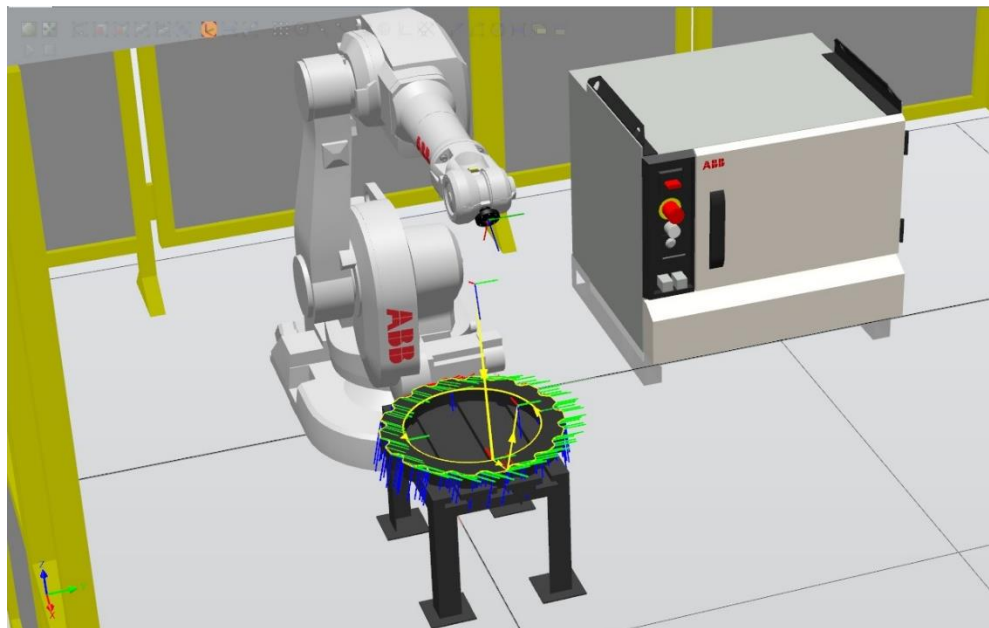
No contexto da programação destinada à simulação do Braço Robótico (BR) para a tarefa de acabamento na roda motriz, considerando as informações discutidas anteriormente, conforme o “APÊNDICE A – Coordenadas do braço robótico”, aborda o estado inicial de posicionamento do braço robótico, além de retratarem a posição da peça em relação ao BR. Incluem-se as orientações específicas e necessárias para realizar a atividade de acabamento, considerando os deslocamentos de translação e rotação, além dos conceitos de GDL.

Já o “APÊNDICE B – Programação do braço robótico” apresenta as funções, as velocidades, as ferramentas e as aproximações empregadas na simulação. Em virtude da atividade se tratar de um acabamento, as velocidades de operação foram reduzidas estrategicamente, permitindo uma operação não tão robusta ao braço robótico, possibilitando que as ferramentas efetuem a remoção de eventuais excessos de material originados do processo anterior (fundição) da peça.

A simulação foi construída com o intuito de realizar a rebarbação interna e externa da peça, sem a necessidade de virar a peça, pois como citada anteriormente, o massalote é inserido na parte da peça em que é a última a sofrer a solidificação,

A simulação foi elaborada para realizar a remoção de rebarbas tanto internas quanto externas da peça, sem a necessidade de girá-la, devido ao massalote ser inserido na parte da peça em que é a última a sofrer a solidificação, como mencionado anteriormente. A figura 31 evidencia a simulação do acabamento na roda motriz, onde o traço amarelo representa o contorno da ferramenta na superfície da peça, o traço verde indica a remoção de imperfeições superficiais, e o traço azul é o contorno da ferramenta nos dentes da roda motriz.

Figura 31 - Simulação realizada



Fonte: Autor (2023).

Com o propósito de assegurar a fixação eficaz da roda motriz na bancada, foi planejado a estratégia de empregar as castanhas (figura 32) utilizadas nos processos de usinagem, visando proporcionar uma fixação robusta e confiável. O componente de fixação é posicionado na parte traseira da roda motriz (parte que entra em contato com a bancada), uma região que não requer acabamento. Essa escolha estratégica visa evitar interferências no processo de rebarbação, garantindo que a fixação ocorra de maneira eficaz sem comprometer as áreas que necessitam de acabamento.

Figura 32 - Placa de torno com 3 castanhas



Fonte: Fermec (2023)

4 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A simulação desta pesquisa visa automatizar a atividade de acabamento em roda motriz, proporcionando uma padronização do processo, melhorias na qualidade dos produtos e aumento na eficiência da produção.

É importante ressaltar que a atual escassez de mão de obra nesta área, devido à natureza vigorosa e repetitiva das tarefas, destaca a importância de estratégias inovadoras. A implementação de tecnologias robóticas não apenas endereça a carência de recursos humanos, mas também representa uma adaptação essencial às demandas do mercado de trabalho atual. Ao combinar a automação com a busca contínua por melhorias, esta pesquisa visa não apenas modernizar, mas também tornar mais sustentável e competitivo o setor de fundição.

O tempo necessário para concluir o processo de acabamento da roda motriz por meio do algoritmo desenvolvido é de 30 segundos, o que se caracteriza como um intervalo curto devido tarefa ser considerada árdua e robusta. É importante ressaltar que o tempo mencionado foi determinado com base nas dimensões do desenho técnico, conforme indicado na figura 8. Vale destacar que o tempo de conclusão da tarefa de acabamento pode variar dependendo das dimensões específicas da peça.

O propósito desse projeto foi alcançado, consistindo no desenvolvimento de uma cabine de trabalho que reproduz as condições típicas do setor metalúrgico, com o foco direcionado para aspectos como ergonomia, eficiência produtiva, segurança e modernização das práticas relacionadas ao acabamento conduzido pelo setor de fundição. Dessa forma, esta iniciativa se configura como uma alternativa para enfrentar a escassez de mão de obra encontrada no setor da fundição atualmente.

5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros, sugere-se considerar as seguintes abordagens e áreas de aprimoramento:

- Alteração na programação utilizando outros métodos como o for e/ou do while, dessa forma deixando o algoritmo mais curto e otimizado;
- Modificação da cabine de trabalho para que não seja necessário a utilização de uma talha elétrica dentro do ambiente de execução do acabamento, implementando uma plataforma externa para a fixação da roda motriz na bancada e em seguida o transporte para o interior da cabine de trabalho através de um botão, como ocorre em centros de usinagem atualmente;
- Verificação do tempo de execução da atividade de acabamento em roda motriz realizada manualmente em uma fábrica e comparar com o tempo estipulado na simulação através do RobotStudio. Dessa forma, verificando a viabilidade da implementação do projeto do braço robótico no setor da fundição.

REFERÊNCIAS

ABB IRB 1600 10/1.20. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://www.eurobots.com.br/rob--usado-irb1600-abb-irc-serie-pt.html>. Acesso em: 11 nov. 2023.

ABB. **The Right Choice for Higher Productivity**: Robot-based Automation for Foundry and Forging. [S. l.: s. n.], 2012. Disponível em: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK101130D7280&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>. Acesso em: 4 nov. 2023.

AR condicionado externo. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://grabcad.com/library/outdoor-air-conditioning-1>. Acesso em: 30 set. 2023.

BALDAM, Roquemar de Lima; VIEIRA, Estéfano Aparecido. **Fundição: processos e tecnologias correlatas**. 2 ed. Saraiva Educação S.A., v. 3, 2014.

BRAÇO robô de 6 eixos ABB IRB 1600 Robô industrial 10kg carga útil 1450mm alcance IRC5 IP54 com soldador MIG e posicionador para soldagem. [S. l.], 2023. Disponível em: https://www.alibaba.com/product-detail/6-Axis-Robot-Arm-ABB-IRB_60819551411.html. Acesso em: 23 nov. 2023.

CASTRO, Manuela Longoni de; ZOT, Wili Dal. **Matemática Financeira: Fundamentos e Aplicações**. 1. ed. [S. l.]: Bookman, 2015. 164 p.

CONVERSOR de Moeda. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.melhorcambio.com/conversor-de-moeda>. Acesso em: 23 nov. 2023.

DRUMOND, Bruno. **Botão de emergência: para que serve e como funciona**. Engenharia Adequada. 2022. Disponível em: <https://adequada.eng.br/botao-emergencia/#:~:text=de%20cada%20botoeira%3F-,Bot%C3%A3o%20de%20emerg%C3%Aancia.,cores%2C%20%C3%A9%20a%20NR%2026..> Acesso em: 21 out. 2023.

CARVALHO, Isadora. **Como funciona uma linha de montagem de automóveis?**. 2011. Disponível em: <https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/como-funciona-uma-linha-de-montagem-de-automoveis/>. Acesso em: 20 abr. 2023.

CAST Cleaning & Machining. ABB. 2023. Disponível em:
<https://new.abb.com/products/robotics/industries/foundry-forging/cast-cleaning-machining>. Acesso em: 28 abr. 2023.

CINCO em cada dez indústrias enfrentam a falta de trabalhadores qualificados. ABIFA. 2020. Disponível em: <https://www.abifa.org.br/cinco-em-cada-dez-industrias-enfrentam-a-falta-de-trabalhadores-qualificados/>. Acesso em: 20 abr. 2023.

COMO é o processo de fabricação do Material Rodante ITR. ITR SA. 2018. Disponível em: <https://www.itrsa.com.br/site/como-e-o-processo-de-fabricacao-do-material-rodante-itr/>. Acesso em: 29 abr. 2023.

CONTENT, Rock . **O que é a Indústria 4.0 e quais são os impactos da nova era industrial.** Rock Content. 2018. Disponível em:
[https://rockcontent.com/br/blog/industria-4-0/#:~:text=Ind%C3%BAstria%201.0%20\(fim%20do%20s%C3%A9culo,tecnologia%20da%20informa%C3%A7%C3%A3o%20foram%20introduzidas..](https://rockcontent.com/br/blog/industria-4-0/#:~:text=Ind%C3%BAstria%201.0%20(fim%20do%20s%C3%A9culo,tecnologia%20da%20informa%C3%A7%C3%A3o%20foram%20introduzidas..) Acesso em: 2 mai. 2023.

CONTROLADOR de robô compacto IRC5. 2023. Disponível em:
<https://www.directindustry.com/pt/prod/abb-robotics/product-30265-169114.html>. Acesso em 10 nov. 2023.

CORREIA transportadora leve 3000 mm. [S. /], 2019. Disponível em:
<https://grabcad.com/library/lightweight-belt-conveyor-3000-mm-1>. Acesso em: 30 set. 2023.

Escavadeira Hidráulica 200G. Rota Oeste Máquinas, 2023. Disponível em:
<https://www.rotaoestemaquinas.com.br/page/pt/escavadeiras-hidr%C3%A1ulicas/200g/>. Acesso em: 20 out. 2023.

FUNDIÇÃO de metais: Como funciona e quais os riscos?. PJ Consultoria. Disponível em: <https://pjufmg.com.br/fundicao-de-metais-como-funciona-e-quais-os-riscos/#:~:text=Rechupe,padding%2C%20que%20depois%20s%C3%A3o%20removidos..> Acesso em: 20 mar. 2023.

FUNDIÇÃO: o que é e como funciona?. Ferramental. 2021. Disponível em: [https://www.revistaferramental.com.br/artigo/fundicao-o-que-e-e-como-funciona/..](https://www.revistaferramental.com.br/artigo/fundicao-o-que-e-e-como-funciona/) Acesso em: 15 abr. 2023.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 630 p.

INDÚSTRIA 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos. Portal da Indústria. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>. Acesso em: 15 abr. 2023.

ANGELO. INTRODUÇÃO a Robótica. [S. l.], 25 jan. 2018. Disponível em: <https://www.squids.com.br/index.php/robotica/5-introducao>. Acesso em: 11 nov. 2023.

JADHAV, Abhishek. **Robotic actuators**: The muscle power of Industry 4.0. 2022. Wevolver. Disponível em: <https://www.wevolver.com/article/robotic-actuators-the-muscle-power-of-industry-40>. Acesso em: 18 nov. 2023.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Securing the future of German manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Frankfurt, 2013.

KAWAYE, Anna Giulia Myuki *et al.* **Lucratividade das empresas por meio da mão de obra robótica**. São José do Rio Preto, 2022 Artigo Científico (Técnico em Contabilidade) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza.

LAMB, Frank. **Automação Industrial na Prática**. 1 ed. AMGH Editora, v. 1, 2015.

LASI, H.; FETTKE, P.; KEMPER, H.-G.; FELD, T.; HOFFMANN, M. **Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering**, Springer, v. 6, n. 4, p. 239–242, 2014.

Manual de operação: solucionando problemas do IRC5. ABB Robotics, 2013.

MATARIĆ, Maja J.. **Introdução à robótica**. Editora Blucher, v. 1, f. 184, 2014.

MATERIAL rodante. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.imporcate.com/nossosprodutos/material->

RODA Motriz. Cia dos Tratores. Disponível em:

[https://www.ciadostratores.com.br/roda-](https://www.ciadostratores.com.br/roda-motriz#:~:text=Roda%20motriz%20%C3%A9%20uma%20importante,como%20o%20restante%20das%20pe%C3%A7as..)

motriz#:~:text=Roda%20motriz%20%C3%A9%20uma%20importante,como%20o%20restante%20das%20pe%C3%A7as.. Acesso em: 29 abr. 2023

Rogério da Silva; Olivia Rochadel. APRENDA A PROGRAMAR UM ROBÔ INDUSTRIAL IRB 140 DA ABB. In: ANAIS DO 9º SEMINÁRIO DE ENSINO, PESQUISA, EXTENSÃO E INOVAÇÃO DO IFSC, 2023, Joinville. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2023. Disponível em:

<<https://proceedings.science/sepei-2023/trabalhos/aprenda-a-programar-um-robo-industrial-irb-140-da-abb?lang=pt-br>> Acesso em: 29 abr. 2023.

ROHR, Rebeca. **Produtividade: o que é, importância e influências**. Mereo. 2022.

Disponível em: <https://mereo.com/blog/fatores-que-influenciam-na-produtividade/#:~:text=Em%20primeiro%20lugar%2C%20a%20>

produtividade,melhores%20resultados%20para%20a%20 empresa. Acesso em: 27 abr. 2023.

ROSSITTI, Sergio Mazzer. **Processos e variáveis de fundição**. Grupo Metal. 1993.

Disponível em: <https://grupometal.com.br/download/03.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2023.

SA, Carlos Alexandre. **Fluxo De Caixa: A Visão Da Tesouraria E Da Controladoria**. 5. ed. [S. l.]: Atlas, 2014. 352 p.

SALÁRIOS do cargo de Operador De Fundição – Santa Catarina. [S. l.]. Glassdoor.

19 nov. 2023. Disponível em: https://www.glassdoor.com.br/Sal%C3%A1rios/sc-operador-de-fundi%C3%A7%C3%A3o-sal%C3%A1rio-SRCH_IL.0,2_IS3936_KO3,23.htm. Acesso em: 23 nov. 2023.

SANTOS, M.; MANHÃES, A. M.; LIMA, A. R. **Indústria 4.0: Desafios e**

oportunidades para o Brasil. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DE SERGIPE, 10., 2018, São Cristóvão, SE. Anais [...]. São Cristóvão, SE, 2018. p. 317 - 329.

SANTOS, Winderson Eugenio dos; JÚNIOR, José Hamilton Chaves Gorgulho. **Robótica Industrial - Fundamentos, tecnologias, programação e simulação**. 1. ed. [S. l.]: Érica, 2014. 176 p.

SWIFTI™ CRB 1300. Webshop Robotics ABB. Disponível em: <https://webshop.robotics.abb.com/br/swiftitm-crb-1300-assembly-set.html>. Acesso em: 29 abr. 2023.

TALHA elétrica. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://grabcad.com/library/talha-eletrica-eletric-hois-5-ton-1>. Acesso em: 30 set. 2023.

TORRES, Vitor. **Quanto custa um funcionário para empresa? Veja o cálculo e como economizar na contratação**. [S. l.]. Contabilizei. 8 ago. 2023. Disponível em: <https://www.contabilizei.com.br/contabilidade-online/quanto-custa-um-funcionario-para-empresa/>. Acesso em: 23 nov. 2023.

Tudo que você precisa saber sobre esteiras transportadoras. Cobra correntes transportadoras, 17 set. 2020. Disponível em: <https://www.cobra.ind.br/blog/tecnologia/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-esteiras-transportadoras#:~:text=A%20esteira%20transportadora%20industrial%20%C3%A9,solu%C3%A7%C3%A3o%20em%20movimenta%C3%A7%C3%A3o%20em%20intra-log%C3%ADstica>. Acesso em: 23 set. 2023.

WORKER man 3.0. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://grabcad.com/library/worker-man-3-0-1-1-with-ipad-tablet-clipboard-1>. Acesso em: 30 set. 2023.

APÊNDICE A – COORDENADAS DO BRAÇO ROBÓTICO

```

1  MODULE Module1
2  CONST robtarger pr10:=[689.268626725,0,723.13642648],[0.190808689,0,0.981627243,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
3  CONST robtarger pr20:=[770.428189037,0,340.229474121],[0.010608386,0,0.999943783,0],[-1,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
4  CONST robtarger pr40:=[471.146731579,-1.534266003,340.229772086],[0.0106081524,0.00000012,0.999943802,0.000000027],[-1,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
5  CONST robtarger pr30:=[621.899447363,148.385891973,340.229650106],[0.0106081382,0.000000009,0.999943804,0.000000019],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
6  CONST robtarger pr50:=[628.947632836,-149.181393101,340.229471003],[0.0106081039,0.000000025,0.999943807,0.000000028],[-1,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
7  CONST robtarger pr60:=[768.038708733,-1.554487119,340.229480374],[0.0106080735,0.000000052,0.999943811,0.000000044],[-1,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
8  CONST robtarger pr70:=[819.611331136,15.185209313,340.390665875],[0.0106086928,0.000010125,0.999943745,0.00000015],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
9  CONST robtarger pr80:=[812.405305063,20.940390418,340.390666358],[0.0106086729,0.000010126,0.999943747,0.000000152],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
10 CONST robtarger pr90:=[802.142636277,33.980458152,340.390674062],[0.01060865,0.000010127,0.999943749,0.000000155],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
11 CONST robtarger pr100:=[808.126948252,46.821581921,340.211462722],[0.089389923,-0.000000015,0.995996708,0.000000011],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
12 CONST robtarger pr110:=[813.041112202,53.962629396,340.06927978],[0.089389685,-0.000000008,0.995996729,0.000000024],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
13 CONST robtarger pr120:=[802.46242481,82.777875403,340.120862211],[0.097039517,-0.000000117,0.995280529,-0.000000039],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
14 CONST robtarger pr130:=[793.728139333,85.417633365,340.120881819],[0.097039239,-0.000000122,0.995280557,-0.000000029],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
15 CONST robtarger pr140:=[783.965610708,87.242617199,340.291564259],[0.097038837,-0.000000114,0.995280596,-0.000000022],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
16 CONST robtarger pr150:=[778.490027694,102.21079757,340.225760202],[0.097038604,-0.000000123,0.995280618,-0.000000034],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
17 CONST robtarger pr160:=[782.276533769,116.604299593,340.120876469],[0.097038543,-0.000000105,0.995280624,-0.000000022],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
18 CONST robtarger pr170:=[763.297942962,139.273296317,339.970861294],[0.190808166,-0.000000075,-0.981627345,0.000000088],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
19 CONST robtarger pr180:=[754.680602436,139.273299762,339.970860111],[0.190808168,-0.000000081,-0.981627344,-0.000000099],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
20 CONST robtarger pr200:=[734.232811575,149.377098202,339.970859475],[0.190808069,-0.000000023,-0.981627364,-0.000000069],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
21 CONST robtarger pr210:=[732.906240061,164.828188438,339.970853151],[0.190808062,-0.000000045,-0.981627365,-0.000000137],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
22 CONST robtarger pr220:=[706.438155776,179.745605499,339.97085979],[0.190807763,-0.000000035,-0.981627423,-0.000000128],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
23 CONST robtarger pr230:=[698.345812413,176.82119925,339.970856245],[0.190807629,-0.000000096,-0.981627449,-0.000000183],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
24 CONST robtarger pr240:=[682.046795567,174.26450595,339.970843985],[0.190807435,-0.000000105,-0.981627487,-0.000000198],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
25 CONST robtarger pr250:=[675.581903581,180.475582248,339.970855292],[0.190807145,-0.000000089,-0.981627543,-0.000000219],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
26 CONST robtarger pr260:=[669.435713338,193.394598132,339.97085605],[0.190807046,-0.000000064,-0.981627562,-0.000000214],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
27 CONST robtarger pr270:=[639.885805282,198.810805743,339.970844775],[0.190806832,-0.000000096,-0.981627604,-0.000000257],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
28 CONST robtarger pr280:=[633.04552393,192.591693832,339.970854035],[0.19080665,-0.000000084,-0.981627657,-0.000000263],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
29 CONST robtarger pr290:=[621.704846267,184.636200373,339.970849034],[0.190806547,-0.000000061,-0.981627659,-0.000000234],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
30 CONST robtarger pr300:=[610.809956449,187.854801245,339.97086197],[0.190806564,-0.000000086,-0.981627656,-0.000000253],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
31 CONST robtarger pr310:=[607.151843412,192.161390966,339.970861238],[0.190806567,-0.00000011,-0.981627655,-0.000000294],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
32 CONST robtarger pr320:=[600.342967998,198.649594714,339.970863693],[0.190806571,-0.000000101,-0.981627655,-0.000000312],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
33 CONST robtarger pr330:=[570.429949709,193.589215669,339.970855825],[0.190806565,-0.000000138,-0.981627656,-0.000000346],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
34 CONST robtarger pr340:=[566.999113152,185.721593886,339.970850846],[0.190806565,-0.000000138,-0.981627656,-0.000000346],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
35 CONST robtarger pr350:=[558.57560092,174.658882054,339.970843388],[0.190806565,-0.000000138,-0.981627656,-0.000000346],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
36 CONST robtarger pr360:=[546.26242392,173.862008148,339.970866467],[0.190806559,-0.000000235,-0.981627696,-0.000000429],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
37 CONST robtarger pr370:=[533.601307124,179.720695678,339.970837519],[0.190806331,-0.000000235,-0.981627701,-0.000000406],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
38 CONST robtarger pr380:=[507.522018668,165.07211488,339.970764713],[0.190805739,-0.000000256,-0.981627817,-0.000000405],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
39 CONST robtarger pr390:=[506.40546001,156.975698628,339.970777935],[0.190805667,-0.000000248,-0.98162783,-0.000000376],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
40 CONST robtarger pr400:=[504.666717952,145.5628011969,339.970755535],[0.19080564,-0.000000248,-0.981627836,-0.000000376],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
41 CONST robtarger pr410:=[493.095442895,138.205398701,339.970868687],[0.190805267,-0.000000258,-0.981627908,-0.000000363],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
42 CONST robtarger pr420:=[477.01463519,139.795607523,339.970672893],[0.190805257,-0.000000252,-0.981627911,-0.000000359],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
43 CONST robtarger pr430:=[457.898832364,117.292895829,339.97067529],[0.190355062,-0.067365771,0.979313705,-0.013094642],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
44 CONST robtarger pr440:=[459.447448316,108.124685865,339.97054454],[0.189869352,0.097075846,0.97681618,-0.018869545],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
45 CONST robtarger pr450:=[461.95233573,108.36989728,339.97054454],[0.189869352,0.097075846,0.97681618,-0.018869545],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];

```

Controller Status	RAPID Watch	Simulation Watch	RAPID Call Stack	RAPID Breakpoints	Search Results

Fonte: Autor (2023)

```

45 CONST robtarget pr450:=[461.85323557,100.268482787,339.970548],[0.189869345,0.09707586,0.97681618,-0.018869547],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
46 CONST robtarget pr460:=[457.264124012,89.070742249,339.970464009],[0.189027866,0.133639401,0.972488661,-0.025976545],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
47 CONST robtarget pr470:=[451.779050878,86.062079868,339.970481807],[0.189027776,0.133639446,0.972488673,-0.025976514],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
48 CONST robtarget pr480:=[437.794831701,82.55631011,339.970367784],[0.187505736,0.181721893,0.964661118,-0.035322507],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
49 CONST robtarget pr490:=[428.05255541,54.1230183,339.970392415],[0.184846791,0.243365022,0.950982353,-0.047304274],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
50 CONST robtarget pr500:=[432.561930781,46.817680149,339.970368768],[0.184846762,0.243365034,0.950982357,-0.047304247],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
51 CONST robtarget pr510:=[437.866429858,34.94431288,339.970389542],[0.184846681,0.243365036,0.950982375,-0.047304194],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
52 CONST robtarget pr520:=[433.024131798,23.879576815,339.970381489],[0.180761864,0.314241525,0.929971283,-0.061080484],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
53 CONST robtarget pr530:=[427.546609687,20.534467463,339.970367936],[0.180761844,0.314241522,0.929971286,-0.061080509],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
54 CONST robtarget pr540:=[420.628817021,15.211630242,339.970388247],[0.180761757,0.314241506,0.929971308,-0.06108052],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
55 CONST robtarget pr550:=[420.628823918,-14.831648296,339.970381879],[0.180761655,0.314241504,0.929971332,-0.061080461],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
56 CONST robtarget pr560:=[428.863435615,-21.197898951,339.970372565],[0.180761448,0.314241601,0.929971346,-0.061080371],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
57 CONST robtarget pr570:=[437.457040671,-31.856448749,339.970390695],[0.180761273,0.314241981,0.929971292,-0.061079746],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
58 CONST robtarget pr580:=[435.769637889,-42.813777982,339.970399367],[0.180761081,0.314241997,0.929971327,-0.061079708],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
59 CONST robtarget pr590:=[432.814121094,-46.209355115,339.970370484],[0.179963141,0.326134987,0.925867586,-0.063391251],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
60 CONST robtarget pr600:=[427.699030251,-53.617819998,339.970399833],[0.174267063,0.39970829,0.896564709,-0.077691682],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
61 CONST robtarget pr610:=[437.591951188,-82.049284018,339.970383728],[0.174266866,0.399708294,0.896564755,-0.077691562],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
62 CONST robtarget pr620:=[446.18712854,-85.133137701,339.9703664],[0.174266843,0.399708286,0.896564766,-0.077691527],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
63 CONST robtarget pr630:=[460.377923275,-93.588664518,339.970368926],[0.174266634,0.399708292,0.896564811,-0.077691445],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
64 CONST robtarget pr640:=[459.421719264,-107.742624453,339.970383443],[0.174266472,0.39970831,0.896564839,-0.077691402],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
65 CONST robtarget pr650:=[457.670714204,-116.46243283,339.970384547],[0.174266466,0.39970804,0.896564804,-0.07769135],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
66 CONST robtarget pr660:=[477.049127247,-139.687022874,339.970365688],[0.174266234,0.399708414,0.896564854,-0.077691225],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
67 CONST robtarget pr680:=[493.123306085,-138.36461927,339.970362745],[0.174266141,0.399708402,0.896564889,-0.077691089],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
68 CONST robtarget pr690:=[504.870208053,-146.123516541,339.970388419],[0.174265963,0.399708414,0.896564926,-0.077690998],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
69 CONST robtarget pr700:=[506.265421311,-156.27212439,339.970375242],[0.174265946,0.399708393,0.89656494,-0.077690985],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
70 CONST robtarget pr710:=[507.468720475,-165.062633585,339.970376157],[0.174265845,0.399708364,0.896564977,-0.077690935],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
71 CONST robtarget pr730:=[533.588909678,-179.902022748,339.970374778],[0.174265641,0.399708361,0.896565027,-0.077690832],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
72 CONST robtarget pr740:=[547.077736482,-173.630830711,339.970381907],[0.174265452,0.399708385,0.896565061,-0.077690732],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
73 CONST robtarget pr750:=[559.669102028,-175.364312678,339.970370343],[0.174265451,0.399708398,0.896565061,-0.07769067],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
74 CONST robtarget pr760:=[564.411843056,-179.952419078,339.970378756],[0.174265248,0.39970838,0.89656511,-0.077690665],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
75 CONST robtarget pr770:=[570.172344609,-193.520924819,339.970392012],[0.174265274,0.399708406,0.896565102,-0.077690554],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
76 CONST robtarget pr790:=[600.408993562,-198.742418389,339.970368612],[0.174265238,0.39970804,0.896565117,-0.077690489],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
77 CONST robtarget pr800:=[611.15583066,-187.748715481,339.970373704],[0.17426516,0.399708425,0.896565135,-0.077690333],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
78 CONST robtarget pr810:=[619.512511512,-185.501921691,339.970370312],[0.174265054,0.399708427,0.89656516,-0.077690269],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
79 CONST robtarget pr820:=[629.331905904,-188.716929963,339.970379132],[0.174265079,0.39970843,0.896565156,-0.077690245],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
80 CONST robtarget pr830:=[639.361648014,-198.856714031,339.970378781],[0.174265072,0.399708408,0.89656517,-0.077690212],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
81 CONST robtarget pr840:=[669.509905472,-193.793618352,339.970387772],[0.174265066,0.399708401,0.896565183,-0.077690114],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
82 CONST robtarget pr860:=[675.791987368,-179.54672016,339.970366448],[0.174264929,0.399708407,0.896565212,-0.077690059],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
83 CONST robtarget pr870:=[683.073122542,-174.077627677,339.970389699],[0.174264859,0.399708392,0.896565233,-0.077690046],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
84 CONST robtarget pr880:=[692.551500659,-173.323623578,339.970366341],[0.174264726,0.39970839,0.896565265,-0.077689981],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
85 CONST robtarget pr890:=[706.754046821,-179.933925656,339.970377771],[0.174264534,0.399708364,0.896565316,-0.077689955],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
86 CONST robtarget pr900:=[732.52982838,-165.26991889,339.970365794],[0.174264446,0.399708417,0.896565312,-0.077689933],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
87 CONST robtarget pr920:=[734.16072357,100.268482787,339.970548],[0.189869345,0.09707586,0.97681618,-0.018869547],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];

```

Controller Status	RAPID Watch	Simulation Watch	RAPID Call Stack	RAPID Breakpoints	Search Results
-------------------	-------------	------------------	------------------	-------------------	----------------

Fonte: Autor (2023)

```

ROB1/Module1* X
79  CONST  robtanget  pr820:=[ 629.331905904,-188.716929963,339.970379132],[0.174265079,0.39970843,0.896565156,-0.077690245],[-1,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
80  CONST  robtanget  pr830:=[ 639.361648014,-198.856714031,339.970378781],[0.174265072,0.399708408,0.89656517,-0.077690212],[-1,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
81  CONST  robtanget  pr840:=[ 669.509905472,-193.793618352,339.970387772],[0.174265066,0.399708401,0.896565183,-0.077690114],[-1,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
82  CONST  robtanget  pr860:=[ 675.791987368,-179.54672016,339.970366448],[0.174264929,0.399708407,0.896565212,-0.077690059],[-1,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
83  CONST  robtanget  pr870:=[ 683.073122542,-174.077627677,339.970389699],[0.174264859,0.399708392,0.896565233,-0.077690046],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
84  CONST  robtanget  pr880:=[ 692.551500659,-173.323623578,339.970366341],[0.174264726,0.39970839,0.896565265,-0.077689981],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
85  CONST  robtanget  pr890:=[ 706.754046821,-179.933925656,339.970377771],[0.174264534,0.399708364,0.896565316,-0.077689955],[-1,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
86  CONST  robtanget  pr900:=[ 732.52982838,-165.26991889,339.970365794],[0.174264446,0.399708417,0.896565312,-0.077689933],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
87  CONST  robtanget  pr920:=[ 734.169732547,-149.803924314,339.9703614],[0.174264245,0.399708441,0.896565347,-0.077689851],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
88  CONST  robtanget  pr930:=[ 739.716190828,-141.477032977,339.970397312],[0.174263976,0.399708409,0.896565422,-0.07768976],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
89  CONST  robtanget  pr940:=[ 747.869806418,-138.251529327,339.970398864],[0.174263971,0.399708394,0.896565435,-0.077689695],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
90  CONST  robtanget  pr960:=[ 762.932199892,-139.417819499,339.970387397],[0.174263966,0.399708408,0.896565435,-0.077689634],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
91  CONST  robtanget  pr970:=[ 782.517394277,-116.400619106,339.97039105],[0.174263758,0.399708369,0.896565502,-0.077689526],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
92  CONST  robtanget  pr980:=[ 778.555831724,-101.62651686,339.970390368],[0.174263772,0.399708398,0.89656549,-0.077689486],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
93  CONST  robtanget  pr990:=[ 780.449109527,-92.915002972,339.970402279],[0.174263674,0.399708399,0.896565517,-0.077689394],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
94  CONST  robtanget  pr1000:=[ 787.386906335,-86.073280759,339.970375498],[0.174263633,0.399708337,0.896565554,-0.07768938],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
95  CONST  robtanget  pr1010:=[ 802.113195044,-82.300824571,339.970375851],[0.174263462,0.399708302,0.89656561,-0.077689295],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
96  CONST  robtanget  pr1030:=[ 812.264104499,-54.063192722,339.970403204],[0.174263369,0.399708281,0.896565643,-0.077689225],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
97  CONST  robtanget  pr1040:=[ 803.692900124,-41.50592233,339.970395641],[0.174263269,0.39970829,0.896565667,-0.077689121],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
98  CONST  robtanget  pr1050:=[ 802.62931378,-31.888945408,339.970393596],[0.174263069,0.399708283,0.896565709,-0.077689126],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
99  CONST  robtanget  pr1060:=[ 807.115925116,-23.655257235,339.970384375],[0.174263062,0.399708309,0.896565701,-0.0776891],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
100 CONST  robtanget  pr1070:=[ 819.176631958,-15.192154293,339.970373594],[0.174262761,0.399708415,0.896565734,-0.077688848],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
101 CONST  robtanget  pr1080:=[ 819.352944403,15.398148056,339.970361748],[0.174262658,0.399708388,0.896565766,-0.077688858],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
102 CONST  robtanget  pr1090:=[ 808.127009792,46.821579282,487.695291656],[0.089389872,-0.000000017,0.995996712,0.00000001],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
103 !*****
104 !

```

Fonte: Autor (2023)

APÊNDICE B – PROGRAMAÇÃO DO BRAÇO ROBÓTICO

```
123 !*****
124 PROC main()
125     !ACABAMENTO INTERNO
126     MoveJ pr10,v200,z10,MyTool;
127     MoveL pr20,v200,z0,MyTool;
128     MoveC pr30, pr40, v200, z0, MyTool;
129     MoveC pr50, pr20, v200, z0, MyTool;
130     MoveL pr10,v200,z10,MyTool;
131
132     !ACABAMENTO EXTERNO
133     MoveL pr60,v100,z0,MyTool;
134     MoveL pr70,v100,z0,MyTool;
135     MoveL pr80,v100,z0,MyTool;
136     MoveC pr90, pr100, v100, z0, MyTool;
137     MoveL pr110,v100,z0,MyTool;
138     MoveL pr120, v100, z0, MyTool;
139
140     moveL pr130, v100, z0, MyTool;
141     MoveC pr140, pr150, v100, z0, MyTool;
142     MoveL pr160,v100,z0,MyTool;
143
144     MoveL pr170,v100,z0,MyTool;
145     MoveL pr180,v100,z0,MyTool;
146     MoveC pr200, pr210, v100, z0, MyTool;
147     MoveL pr210,v100,z0,MyTool;
148
149     MoveL pr220,v100,z0,MyTool;
150     MoveL pr230,v100,z0,MyTool;
151     MoveC pr240, pr250, v100, z0, MyTool;
152     MoveL pr260,v100,z0,MyTool;
153
```

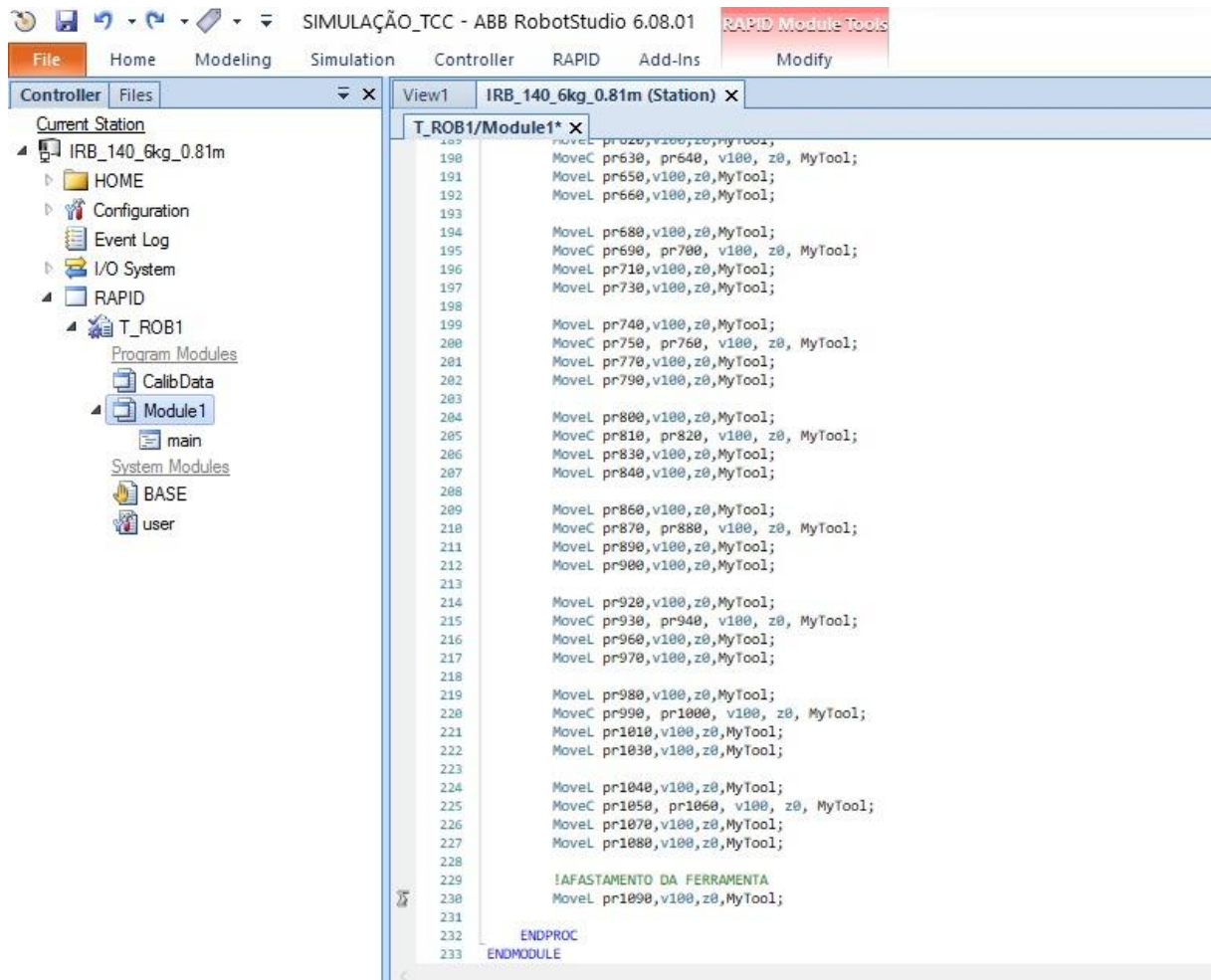
Controller Status	RAPID Watch	Simulation Watch	RAPID Call Stack	RAPID Break
-------------------	-------------	------------------	------------------	-------------

Fonte: Autor (2023)

View1		IRB_140_6kg_0.81m (Station) X	
		T_ROB1/Module1* X	
151	MoveC	pr240, pr250, v100, z0, MyTool;	
152	MoveL	pr260,v100,z0,MyTool;	
153			
154	MoveL	pr270,v100,z0,MyTool;	
155	MoveL	pr280,v100,z0,MyTool;	
156	MoveC	pr290, pr300, v100, z0, MyTool;	
157	MoveL	pr310,v100,z0,MyTool;	
158			
159	MoveL	pr320,v100,z0,MyTool;	
160	MoveL	pr330,v100,z0,MyTool;	
161	MoveC	pr340, pr350, v100, z0, MyTool;	
162	MoveL	pr360,v100,z0,MyTool;	
163	MoveL	pr370,v100,z0,MyTool;	
164			
165	MoveL	pr380,v100,z0,MyTool;	
166	MoveL	pr390,v100,z0,MyTool;	
167	MoveC	pr400, pr410, v100, z0, MyTool;	
168	MoveL	pr420,v100,z0,MyTool;	
169	MoveL	pr430,v100,z0,MyTool;	
170			
171	MoveL	pr440,v100,z0,MyTool;	
172	MoveL	pr450,v100,z0,MyTool;	
173	MoveC	pr460, pr470, v100, z0, MyTool;	
174	MoveL	pr480,v100,z0,MyTool;	
175	MoveL	pr490,v100,z0,MyTool;	
176			
177	MoveL	pr500,v100,z0,MyTool;	
178	MoveL	pr510,v100,z0,MyTool;	
179	MoveC	pr520, pr530, v100, z0, MyTool;	
180	MoveL	pr540,v100,z0,MyTool;	
181	MoveL	pr550,v100,z0,MyTool;	
182			
183	MoveL	pr560,v100,z0,MyTool;	
184	MoveC	pr570, pr580, v100, z0, MyTool;	
185	MoveL	pr590,v100,z0,MyTool;	
186	MoveL	pr600,v100,z0,MyTool;	
187			
188	MoveL	pr610,v100,z0,MyTool;	
189	MoveL	pr620,v100,z0,MyTool;	
190	MoveC	pr630, pr640, v100, z0, MyTool;	
191	MoveL	pr650,v100,z0,MyTool;	
192	MoveL	pr660,v100,z0,MyTool;	
193			
194	MoveL	pr680,v100,z0,MyTool;	
195	MoveC	pr690, pr700, v100, z0, MyTool;	

Controller Status	RAPID Watch	Simulation Watch	RAPID Call Stack	RAPID Breakpo
-------------------	-------------	-------------------------	------------------	---------------

Fonte: Autor (2023)



Fonte: Autor (2023)