

**Universidade Federal de Goiás**  
**Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação**  
**Engenharia Mecânica**

Giovana Andrade de Matos

**ADEQUAÇÃO DE UMA FERRAMENTA OFF-LINE PARA A  
PROGRAMAÇÃO DE UM ROBÔ MANIPULADOR DEDICADO AO  
PROCESSO DE MANUFATURA ADITIVA POR DEPOSIÇÃO A ARCO**

Goiânia  
2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC no 1240/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei no 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos de Graduação disponibilizado no RI/UFG é de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar(em) o produto final, o(s) autor(a)(es)(as) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

### 1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG)

Nome(s) completo(s) do(a)(s) autor(a)(es)(as): Giovana Andrade de Matos

Título do trabalho: Adequação de uma ferramenta Off-line para a programação de robô manipulador dedicado ao processo de Manufatura Aditiva por Deposição a Arco

### 2. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador) Concorda com a liberação total do documento [ X ] SIM [ ] NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(a)(s) autor(a)(es)(as) e ao(a) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo do TCCG. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

#### Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro.

**Obs.: Este termo deve ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Demóstenes Ferreira Filho, Professor do Magistério Superior**, em 16/08/2023, às 16:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Giovana Andrade De Matos, Discente**, em 17/08/2023, às 09:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3962473** e o código CRC **AB5D3A01**.

---

Referência: Processo nº 23070.023421/2023-85

SEI nº 3962473

Giovana Andrade de Matos

**ADEQUAÇÃO DE UMA FERRAMENTA OFF-LINE PARA A  
PROGRAMAÇÃO DE UM ROBÔ MANIPULADOR DEDICADO AO  
PROCESSO DE MANUFATURA ADITIVA POR DEPOSIÇÃO A ARCO**

Projeto Final de Curso apresentado como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pela Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e da Computação da Universidade Federal de Goiás.

Orientador: **Demóstenes Ferreira Filho, Dr.**

Goiânia

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Matos, Giovana Andrade de  
ADEQUAÇÃO DE UMA FERRAMENTA OFF-LINE PARA A  
PROGRAMAÇÃO DE UM ROBÔ MANIPULADOR DEDICADO AO  
PROCESSO DE MANUFATURA ADITIVA POR DEPOSIÇÃO A ARCO  
[manuscrito] / Giovana Andrade de Matos. - 2023.  
89 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Demóstenes Ferreira Filho.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade  
Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de  
Computação (EMC), Engenharia Mecânica, Goiânia, 2023.  
Bibliografia. Anexos. Apêndice.

1. MADA. 2. Manufatura Aditiva por Deposição a Arco. 3.  
Controlador DX-100. 4. Software RoboDK. I. Ferreira Filho,  
Demóstenes, orient. II. Título.

CDU 621



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ATA DE AVALIAÇÃO DE PROJETO FINAL**

**Curso**

( ) Eng Elétrica	( X ) Eng Mecânica	( ) Eng Computação PFC 1 ( ) PFC 2 ( )
------------------	--------------------	---

**Título do Trabalho**

Adequação de uma ferramenta Off-line para a programação de robô manipulador dedicado ao processo de Manufatura Aditiva por Deposição a Arco

**Banca Avaliadora**

Membro 1	Demostenes Ferreira Filho
Membro 2	João Paulo da Silva Fonseca
Membro 3	Gustavo de Castro Lopes

**Discente**

Matrícula	Nome
201703918	Giovana Andrade de Matos

**NOTAS**

Matrícula	Membro 1			Membro 2			Membro 3			Média*
	NPT	NTE	NAA	NPT	NTE	NAA	NPT	NTE	NAA	
201703918	10	7,3	10	10	7	10	10	7,5	10	8,8

**NPT** – Nota plano de trabalho;

**NTE** – Nota do trabalho escrito;

**NAA** – Nota de apresentação e arguição

Para Eng. Elétrica, Mecânica e PFC2 da Eng. Da Computação:  $NF = 0,1 \times NPT + 0,45 \times NTE + 0,45 \times NAA$

Para PFC1 da Eng. Da Computação:  $NF = 0,3 \times NPT + 0,7 \times NAA$

\* A APROVAÇÃO DO(S) ALUNO(S) ESTÁ CONDICIONADA À APRESENTAÇÃO DO TRABALHO FINAL AO ORIENTADOR COM TODAS AS CORREÇÕES SUGERIDAS PELA BANCA.

**OBSERVAÇÕES:**

Preencher com modificações solicitadas, caso existam. Em caso de reprovação, informar a justificativa.

As correções apontadas pela banca foram encaminhadas em documento enviado por e-mail.



Documento assinado eletronicamente por **Demóstenes Ferreira Filho, Professor do Magistério Superior**, em 11/08/2023, às 16:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Joao Paulo Da Silva Fonseca, Professor do Magistério Superior**, em 11/08/2023, às 16:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3955793** e o código CRC **8A09C617**.

*Para minha mãe. Antes de ser um sonho meu, foi um sonho dela.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus, que me concedeu oportunidades, força de vontade e coragem para superar todos os desafios. Agradeço também à minha família, em especial aos meus pais, por todo o apoio, paciência e compreensão. Expresso também minha gratidão aos meus amigos que foram pilares fundamentais ao longo dessa caminhada. Por fim, agradeço à Universidade Federal de Goiás, ao corpo docente da Escola de Engenharia Mecânica e, em especial, ao meu orientador Demóstenes Ferreira Filho, por todo o suporte ao longo dessa jornada desafiadora.

*“When the time is right, I, THE LORD, will make it happen.”*

**(Isaiah 60:22)**

## RESUMO

O processo de Manufatura Aditiva por Deposição a Arco (MADA) apresenta um grande potencial para a fabricação de peças metálicas. No entanto, embora os procedimentos sejam semelhantes aos utilizados na impressão 3D de polímeros, que já está estabelecida como um processo industrial, o MADA ainda enfrenta diversos desafios para se tornar suficientemente maduro e ser aplicado em larga escala na indústria. Uma das formas de realizar o processo MADA é por meio de robôs manipuladores, que desempenham um papel significativo nessa técnica. As trajetórias de deposição podem ser geradas de duas maneiras principais: pelo modo "teach" ou por meio de programação "Off-line". Este projeto adequou uma ferramenta comercial de programação off-line para a aplicação do processo MADA através do desenvolvimento de uma estação de trabalho virtual idêntica àquela disponível no Laboratório de Materiais e Processos de Fabricação (LMAF), programação da célula robotizada utilizando o software RoboDK e o modo de programação Teach, e a fabricação de uma peça com formato complexo (aerofólio NACA 04) pelo processo MADA.

**Palavras-Chave:** MADA. Manufatura Aditiva por Deposição a Arco. Controlador DX-100. Software RoboDK.

## **ABSTRACT**

The Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) process has great potential for the manufacture of metallic parts. However, although the procedures are similar to those used in polymer 3D printing, which is already established as an industrial process, WAAM still faces several challenges to become mature enough to be applied on a large scale in industry. One of the ways to carry out the WAAM process is through manipulator robots, which play a significant role in this technique. Deposition trajectories can be generated in two main ways: by "teach" mode or by "Offline" programming. This project adapted a commercial off-line programming tool for the application of the WAAM process through the development of a virtual workstation identical to the one available at the Laboratory of Materials and Manufacturing Processes, programming of the robotic cell using the RoboDK software and the Teach programming mode, and the manufacture of a part with a complex shape (airfoil NACA 04) by the WAAM process.

**Key-Words:** WAAM. Wire and Arc Additive Manufacturing. DX-100 controller. RoboDK Software.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01. Processo WAAM básico</b>	<b>19</b>
Figura 02: Representação esquemática simplificada de um sistema MADA	21
Figura 03: Sistema MADA utilizando uma máquina CNC	22
Figura 04: Sistema MADA utilizando um robô industrial	23
Figura 05: Estação de trabalho real disponível no LAMAF	29
Figura 06: Estação de trabalho desenvolvida no RoboDK	30
Figura 07: Localização da conexão do cabo de ethernet na fonte	32
Figura 08: Acesso ao “Management Mode” no controle manual na opção “Security”	33
Figura 09: Acesso a configuração de IP do robô no controle manual na opção “Network Service”	34
Figura 10: Configuração do endereço de IP do computador	35
Figura 11: Conexão do robô quando as configurações estiverem corretas	35
Figura 12: Acesso ao “Define Tool Frame” e “Define Reference Frame”	36
Figura 13: Importando uma planilha de pontos para dentro do AutoCAD Inventor e criando uma peça 2D	39
Figura 14: Modelagem do Aerofólio NACA 04 utilizando os pontos gerados pelo Airfoil Tools	40
Figura 15: Seção de edição e configuração da integração do AutoCAD Inventor e o RoboDK	41
Figura 16: Fazer a importação do aerofólio para o RoboDK	42
Figura 17: Aerofólio localizado na estação de trabalho	42
Figura 18: Acessando a função carregar conteúdo do Pen Drive	44
Figura 19: Carregando o conteúdo do Pen Drive no controle DX-100	44
Figura 20: Conteúdo reconhecido pelo controle DX-100	45
Figura 21: Programação em Modo Teach executado utilizando o controle DX-100	46
Figura 22: Aerofólio NACA 04 fabricado pelo processo MADA	48

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 01: Dados necessários para obtenção dos pontos de coordenada	37
Tabela 02: Pontos gerados através do Airfoil Tools para o NACA 4	38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM	Additive Manufacturing
CNC	Controle Numérico Computadorizado
DED	Deposição de Energia Direta
FDM	Fabricação com Filamento Fundido
GMAW	Gas Metal Arc Welding
GTAW	Gas Tungsten Arc Welding
MA	Manufatura Aditiva
MADA	Manufatura Aditiva por Deposição a Arco
MAG	Metal Active Gas
MIG	Metal Inert Gas
PAW	Plasma Arc Welding
SLA	Estereolitografia
SLM	Derretimento Seletivo a Laser
TIG	Tungsten Inert Gas
WAAM	Wire Arc Additive Manufacturing

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1 OBJETIVOS GERAIS	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>16</b>
2.1 MANUFATURA ADITIVA	16
2.2 MANUFATURA ADITIVA POR DEPOSIÇÃO A ARCO	17
2.3 MANUFATURA ADITIVA POR DEPOSIÇÃO A ARCO UTILIZANDO ALUMÍNIO	19
2.4. CÉLULAS ROBOTIZADAS E SUAS APLICAÇÕES EM PROCESSOS MADA	20
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>24</b>
3.1. MATERIAIS	24
3.1.1 SOFTWARES	24
3.1.2 ROBÔ YASKAWA MOTOMAN HP20D	24
3.1.3 OUTROS ELEMENTOS FÍSICOS	25
3.1.4 CONSUMÍVEIS	25
3.2. MÉTODOS	26
3.2.1. ESTAÇÃO DE TRABALHO	26
3.2.2. CONEXÃO ENTRE O ROBODK E O ROBÔ YASKAWA MOTOMAN HP20D	26
3.2.3. PROCEDIMENTO PARA GERAÇÃO DA TRAJETÓRIA	26
3.2.4. PROGRAMAÇÃO UTILIZANDO O MODO TEACH DO ROBÔ	27
3.2.5. VALIDAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DAS TRAJETÓRIAS UTILIZADAS PELO PROCESSO MADA	27
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>28</b>
4.1. ESTAÇÃO DE TRABALHO	28
4.2. CONEXÃO ENTRE O ROBODK E O ROBÔ YASKAWA MOTOMAN HP20D	31

4.3. PROCEDIMENTO PARA GERAÇÃO DA TRAJETÓRIA	37
4.4. ADEQUAÇÃO DO PROGRAMA GERADO PELO ROBODK	43
4.5. VALIDAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DAS TRAJETÓRIAS UTILIZADAS PELO PROCESSO MADA	48
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>50</b>
5.1. TRABALHOS FUTUROS	51
5.1.1 SIMULAÇÃO DE PROCESSOS DE MADA	51
5.1.2. OTIMIZAÇÃO DA TRAJETÓRIA DE DEPOSIÇÃO	51
5.1.3. INTEGRAÇÃO COM SENSORES E FEEDBACKS EM TEMPO REAL	51
5.1.4. ANÁLISE E MONITORAMENTO DE DESEMPENHO	52
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>53</b>
<b>7. APÊNDICE A - PROJETOS DESENVOLVIDOS EM AUTOCAD INVENTOR 3D</b>	<b>55</b>
<b>8. APÊNDICE B - PROGRAMAÇÕES DESENVOLVIDAS COM ROBODK</b>	<b>58</b>
8.1 PROGRAMAÇÃO - Aer30:	58
8.2 PROGRAMAÇÃO - Aer120:	71
<b>9. ANEXO</b>	<b>86</b>

# 1. INTRODUÇÃO

A manufatura aditiva (MA) é um processo que utiliza da adição sucessiva de material através de camadas para produzir um objeto de caráter complexo. Utiliza-se de software 3D e da integração desses modelos digitais com métodos automatizados de produção que regulam o processo de impressão e permitem a elaboração de diversos produtos de geometria complexa (LADEIRA, 2016). O crescente consenso de adaptar o sistema de fabricação 3D sobre as técnicas tradicionais é atribuído a várias vantagens, incluindo fabricação de geometria complexa com alta precisão, máxima economia de material, flexibilidade no design e personalização pessoal. Uma ampla gama de materiais atualmente usados na impressão 3D inclui metais, polímeros, cerâmicas e concreto (NGO ET AL, 2018).

Existem vários métodos dentro do processo de MA, cada um com suas especificações, vantagens e desvantagens. Dentre os métodos, destacamos o de deposição de energia direcionada (DED).

A DED usa uma fonte de energia (laser ou feixe de elétrons) para fundir pós metálicos, mas nenhum leito de pó é usado em comparação com derretimento seletivo a laser (SLM) e a matéria prima é fundida antes da deposição de uma forma camada por camada semelhante à fabricação com filamento fundido (FDM), mas com uma quantidade extremamente alta de energia para fundir metais. O DED é comumente usado para grandes componentes com baixa complexidade e também para reparar componentes maiores. O DED pode reduzir o tempo e o custo de fabricação e fornece excelentes propriedades mecânicas, microestrutura controlada e controle preciso da composição. Este método pode ser usado para reparar motores de turbina e outras aplicações de nicho em vários setores, como automotivo e aeroespacial (NGO, 2016).

MADA é um dos processos dentro do método DED que tem se mostrado uma tecnologia inovadora e promissora na fabricação de peças metálicas complexas em diversos setores industriais. A execução dentro do processo de fabricação MADA se dá através de uma máquina de fabricação, como um braço robótico e arranjos de comando numérico computadorizado (CNC) responsáveis pela deposição do metal seguindo o caminho pré definido. Como a deposição do metal é feita através de uma fonte de calor, há uma semelhança clara com os processos de soldagem que são

adotados para Manufatura Aditiva por Deposição a Arco. Alguns dos métodos de soldagem adotados são: MIG (Metal Inert Gas)/MAG (Metal Active Gas), arco de gás tungstênio e soldagem a plasma (NILESH ET AL, 2022).

A soldagem MIG/MAG realiza a união de materiais metálicos pelo seu aquecimento e fusão localizados através de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico não revestido e maciço na forma de fio a peça. O gás inerte de tungstênio (TIG) ou a soldagem por arco de gás tungstênio (GTAW), como o nome sugere, é um processo de soldagem em que a coalescência é produzida pelo aquecimento do metal (peça de trabalho) formando um arco entre eletrodo de tungstênio não consumível e o metal a ser soldado. Por fim, o processo de soldagem a plasma (PAW) ocorre na tocha plasma, na qual a ponta do eletrodo de tungstênio fica recolhida no bocal envolvido com o gás que se ioniza ao passar pelo arco elétrico constritor formando o plasma, o qual sofre uma expansão restringindo o diâmetro do arco e elevando a intensidade da fonte de calor. Dada a semelhança do processo MADA com o processo de soldagem, o material fabricado por meio do processo MADA passa pelo mesmo processamento térmico que um material soldado, porém está sujeito aos mesmos defeitos e imperfeições que os materiais soldados, como porosidade, deformação, delaminação, rachaduras, solidificação e liquação (NILESH ET AL, 2022).

As propriedades mecânicas das peças fabricadas com WAAM são boas em muitos casos, se comparadas com as peças produzidas pelos métodos convencionais de fabricação. Mas para algumas aplicações críticas, especialmente peças expostas a condições atmosféricas extremas onde os defeitos discutidos acima, como porosidade, trincas e altas tensões residuais, levarão a resultados operacionais de falha. Para melhorar as propriedades mecânicas, estudos recentes concentraram-se principalmente na redução de defeitos como porosidade, trincas superficiais, deformações e inclusões gasosas introduzindo algumas técnicas de pós processamento como tratamento térmico (mais comum), laminação a frio, resfriamento entre passagens, martelamento entre camadas e forjamento quente. (NILESH ET AL, 2022).

Utilizando a técnica de deposição de camadas sob controle de um computador, o processo MADA permite a produção de componentes por meio da deposição camada por camada, oferecendo vantagens como maior liberdade de design, redução de desperdícios e economia de matéria prima, redução do ciclo de

processamento e maior eficiência na produção (Yan et al, 2022). A liberdade de design se dá devido à liberdade quanto a produção de peças em formato complexos, a não depender de matrizes, ferramentas de corte e outros processos exigidos na usinagem tradicional. Essa técnica é bastante bem vista hoje pelas áreas aeroespacial e biomédica, onde além de peças complexas, também é utilizada matéria prima de alto valor agregado, tornando ainda mais vantajosa a utilização de métodos que garantam a redução de desperdícios.

Para garantir a precisão e o desempenho adequados no processo MADA, é essencial a programação precisa de um robô manipulador responsável pela execução das tarefas. No entanto, a programação de um robô manipulador para o processo MADA ainda apresenta desafios significativos. A programação utilizando exclusivamente o controlador pode ser muitas vezes demorada e inviável em ambientes industriais. Além disso, esse método de programação pode não oferecer flexibilidade e autonomia o suficiente para a produção eficiente de peças complexas que demandem uma construção de código longa.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo a adequação de uma ferramenta off-line para a programação de um robô manipulador dedicado ao processo MADA. A proposta busca desenvolver uma solução que permita a programação para fabricação de uma peça de caráter complexo, por meio do uso de uma estação de trabalho projetada e integrada de forma idêntica àquela disponível no Laboratório de Materiais e Processos de Fabricação (LAMAF).

## **1.1 OBJETIVOS GERAIS**

Implementar e validar um método de programação offline do robô Motoman HP20D para aplicação do método MADA na fabricação de peças com geometria complexa.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Projetar, utilizando um software de modelagem 3D, as peças e acessórios necessários ao desenvolvimento da estação de trabalho;
2. Realizar a integração entre a célula robotizada e o software de programação (RoboDK);

3. Programar a célula robotizada manualmente;
4. Gerar a rotina procedimental para realizar a programação "Off-Line" de peças complexas;
5. Validar o procedimento através da fabricação do aerofólio NACA 04 de formato complexo pelo processo MADA.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 MANUFATURA ADITIVA

A manufatura aditiva, também conhecida como impressão 3D, é definida por Ladeira (2016) como:

"uma técnica para fabricação de uma ampla variedade de estruturas e geometrias complexas a partir de dados de modelos tridimensionais (3D). O processo consiste na impressão de camadas sucessivas de materiais que são formadas umas sobre as outras."

De acordo com o mesmo autor, a manufatura aditiva é um processo que difere da manufatura subtrativa convencional, que consiste em retirar material de uma peça bruta para obter a forma desejada. Na manufatura aditiva, a peça é construída camada por camada, adicionando material onde necessário. Essa técnica permite a criação de objetos complexos e personalizados, que seriam difíceis ou impossíveis de produzir com outros métodos de fabricação.

Essa tecnologia foi desenvolvida por Charles Hull em 1986 em um processo conhecido como estereolitografia (SLA). Hoje esse processo envolve vários métodos, materiais e equipamentos diferentes e evoluiu muito ao longo dos anos. Entretanto, conforme Ngo et al (2018) afirmam:

"A manufatura aditiva tem sido amplamente aplicada em diferentes indústrias, incluindo construção, prototipagem e biomecânica. Sua aceitação entretanto foi muito lenta e limitada apesar das vantagens".

Segundo os mesmos autores, o crescente consenso de adaptar o sistema de fabricação 3D sobre as técnicas tradicionais é atribuído a várias vantagens, incluindo fabricação de geometria complexa com alta precisão, máxima economia de material, flexibilidade no design e personalização pessoal. Uma ampla gama de materiais atualmente usados na impressão 3D inclui metais, polímeros, cerâmicas e concreto. Metais e ligas avançados são normalmente utilizados no setor aeroespacial porque os processos tradicionais são mais demorados, difíceis e caros.

A manufatura aditiva é capaz de fabricar peças de vários tamanhos, desde micro até macroescala. No entanto, a precisão das peças impressas depende da

precisão do método empregado e da escala de impressão. Uma vantagem distinta da impressão 3D é a personalização em massa, ou seja, a produção de uma série de produtos personalizados de forma que cada produto possa ser diferente, mantendo um preço baixo devido à produção em massa (Ngo et al, 2018).

No entanto, melhorias na velocidade de fabricação e redução de custos devem ser resolvidas por meio da melhoria do projeto da máquina. Além disso, os altos custos e o consumo de tempo do processo MA continuam sendo os principais obstáculos que inibem a produção em massa (Ngo et al, 2018). Outro ponto de melhoria está no acabamento da peça final, por isso Orlando (2022) afirma:

“O produto de alguns processos de MA pode surgir como uma pré-forma, com formato similar ao requerido, mas demandando algum outro procedimento de corte ou usinagem para adequação total à geometria pré-determinada, ou mesmo a peça acabada.”

Mesmo com algumas melhorias a serem trabalhadas, o processo de MA tem sido amplamente estudado e desenvolvido nos últimos anos. Essa relação estável se dá devido à vasta aplicação da MA no que diz respeito a implantes e próteses médicas, na engenharia aeronáutica na produção de componentes de alumínio e titânio, na construção civil e outros mais, além da sua capacidade de produzir componentes de geometria complexas em pequenas quantidades (Orlando, 2022).

Apesar de ser um método revolucionário para produtos personalizados e aplicações de nicho, a impressão 3D precisa de mais desenvolvimento para competir com os métodos tradicionais na produção em massa de bens comuns, devido ao seu custo mais alto e menor velocidade. No entanto, a evolução da AM nos últimos anos tem sido fenomenal. O aumento de financiamento, pesquisa e desenvolvimento em todo o mundo resultaria em uma rápida transição dos métodos tradicionais de fabricação para impressão 3D em um futuro próximo (Ngo et al, 2018).

## **2.2 MANUFATURA ADITIVA POR DEPOSIÇÃO A ARCO**

A manufatura aditiva por deposição a arco é uma técnica de fabricação aditiva que utiliza a deposição de material por meio de um arco elétrico para construir objetos tridimensionais. Segundo Nilesh et al (2022), a deposição de metais de

adição em camadas sobre o substrato é feita principalmente através da soldagem a arco de metal a gás, soldagem a arco de tungstênio a gás e soldagem a arco de plasma, que são as principais fontes de entrada de calor para fabricar o produto com maior resistência de material do que de outros métodos de DED. Como a deposição é feita principalmente através da soldagem, os defeitos são semelhantes aos defeitos de soldagem.

MADA é um processo revolucionário sob a categoria de método Deposição com DED no campo de MA. De acordo com Williams et al (2016), a técnica de manufatura aditiva por deposição a arco apresenta vantagens em relação aos métodos de fabricação convencionais, como a redução de desperdício de material e a diminuição do tempo de produção devido a elevada taxa de deposição de material, além de ser mais barata e fácil de ser implementada. Além disso, essa técnica permite a produção de peças personalizadas e sob demanda.

Entretanto, Orlando (2022) traz também desvantagens e limitações do processo ao destacar que:

“A resolução oferecida pelos atuais equipamentos capazes de operar essa técnica é mediana, sendo comum largura de cordões na deposição na ordem de milímetros. Entre as desvantagens, também pode-se destacar a formação de porosidade pelo aprisionamento de gases durante o processo de fabricação, o elevado aporte térmico e tensões residuais que podem resultar do elevado acúmulo de calor.”

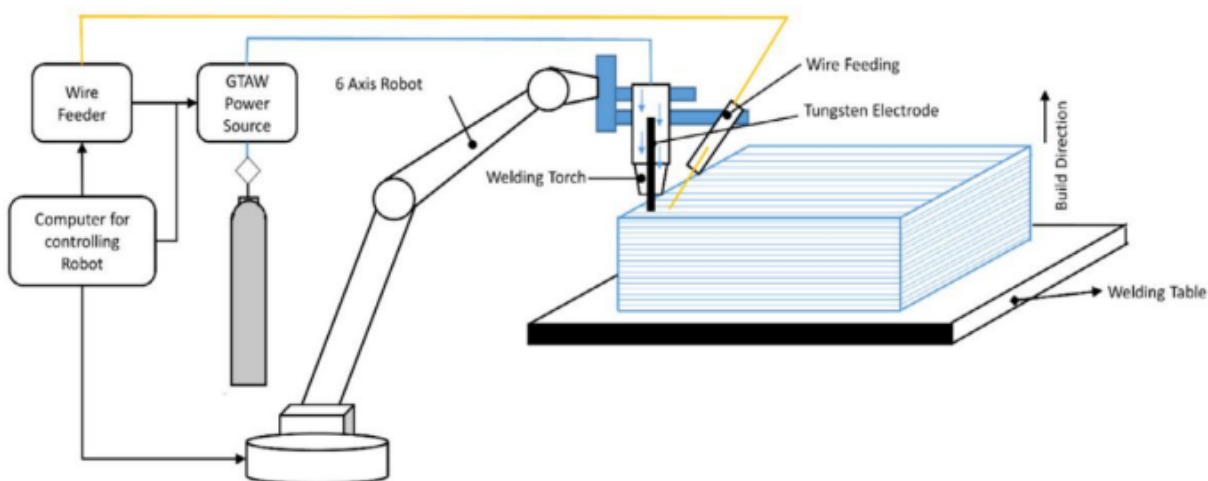
Ford (2016) também destaca que a manufatura aditiva em geral ainda enfrenta desafios em relação à sustentabilidade, principalmente no que diz respeito à gestão de resíduos e à eficiência energética dos processos. É importante que sejam realizados estudos para aprimorar a sustentabilidade da manufatura aditiva por deposição a arco e de outras técnicas de fabricação aditiva.

Apesar dos pontos de atenção levantados, prevê-se que a MA seja aplicável em todos os campos da engenharia e da ciência médica. No cenário atual, o MADA tornou-se o foco de pesquisa e é amplamente prescrito em indústrias e pesquisas espaciais. Prevê-se também que este método será amplamente preferido para manufatura aditiva rápida e avançada, que está entre os principais requisitos para a quarta revolução industrial (Nilesh et al, 2022).

## 2.3 MANUFATURA ADITIVA POR DEPOSIÇÃO A ARCO UTILIZANDO ALUMÍNIO

O processo MADA baseado em soldagem a arco de metal e gás pode ser realizado através de diferentes modos de transferência de metal: curto circuito, spray ou pulsado. O método pulsado consiste na transferência de metal através da criação de pulsos de corrente, cada pulso tem energia o suficiente para separar as gotas do fio de alimentação. O eletrodo utilizado nesse processo de alimentação é do tipo consumível e atua como material de deposição. O diâmetro do fio de alimentação geralmente varia entre 0,6 [mm] e 1,6 [mm]. O bocal da tocha de soldagem é utilizado para fornecer o escudo de gás sobre o material depositado, podendo o gás ser misturas de argônio e hélio para ligas de alumínio, cobre e níquel. Para melhores taxas de deposição, o ângulo formado pelo eletrodo com a posição perpendicular deve ser menor que 15. O ângulo maior que 20 resulta em respingos, menor penetração e menor intensidade de arco. (Figura 01) (Vimal et al, 2021).

Figura 01. Processo WAAM básico



Fonte: Vimal et al, 2021

Vimal et al (2021) relatam que, para o processo de soldagem MIG baseada em MADA utilizando ligas de alumínio, a transferência de gotas de metal e a estabilidade do arco elétrico são os principais fatores que influenciam a qualidade do material fabricado. A eficiência de fabricação é maior para um arco pulsado, em detrimento do arco não pulsado. O processo MADA baseado em arco pulsado MIG é

o mais adequado quando considerada a utilização de alumínio e ligas de alumínio. O acabamento, entretanto, sofre com efeitos de trincas e porosidades, que podem ser reduzidas ou completamente eliminadas apenas através de técnicas avançadas, como a transferência de metal a frio.

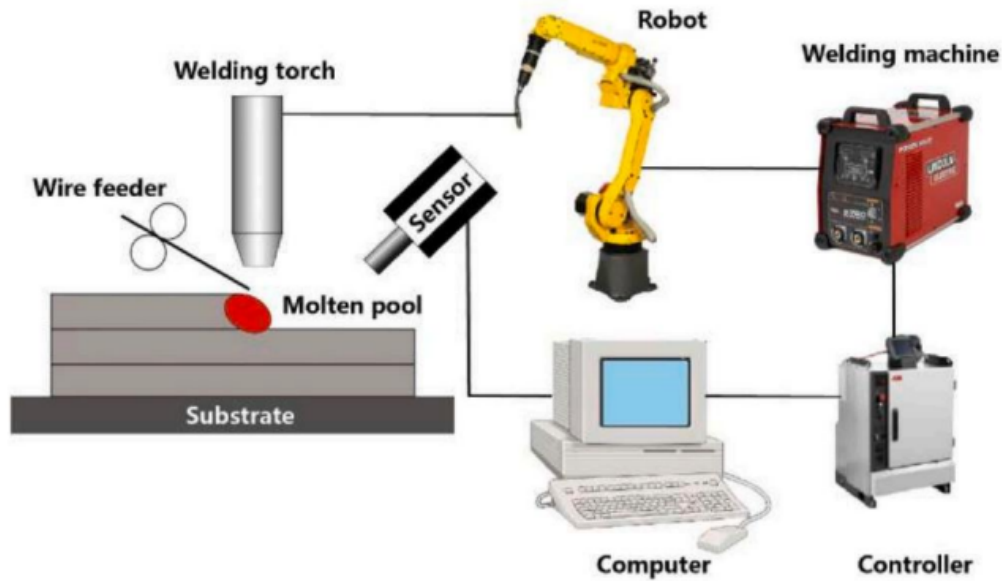
Paula et al (2023) destacam que os principais problemas encontrados quando realizado soldagem aplicado à técnica MADA utilizando ligas de alumínio são a oxidação da superfície do material devido à formação de óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ), a contração de solidificação (em comparação com materiais metálicos ferrosos) devido à ampla faixa de temperatura de solidificação, alto coeficiente de expansão térmica (CTE), que leva a fenômenos de rachaduras devido a altas tensões de solidificação e encolhimento, alta refletividade, alta condutividade térmica (que leva à rápida dissipação de calor da área da poça de fusão e requer maior fonte calor) e a alta solubilidade do hidrogênio no alumínio líquido (que leva à formação de poros).

A alta solubilidade do hidrogênio em alumínio fundido (7 ml/kg), mas baixa solubilidade em sólidos e pela camada de  $Al_2O_3$  que se forma na superfície devido a alta afinidade do alumínio (Al) com o oxigênio ( $O_2$ ), faz com que a porosidade seja o principal defeito encontrado quando se pensa em soldagem de ligas de alumínio. Tais fatores podem apresentar consequências drásticas na vida útil de uma peça complexa produzida através do processo de MADA utilizando alumínio. (Paula et al, 2023).

#### **2.4. CÉLULAS ROBOTIZADAS E SUAS APLICAÇÕES EM PROCESSOS MADA**

O processo MADA utiliza a energia concentrada proveniente de um arco elétrico para fundir o metal. A fundição do material segue o caminho pré definido pelo equipamento. Como esse processo se assemelha à soldagem, muito do conhecimento dessa área pode ser aplicado às técnicas de MA (ORLANDO, 2022). Segundo Yan et al (2022), um sistema MADA típico pode ser reduzido a uma unidade de controle computadorizada, uma máquina de solda a arco, alimentador de arame, um robô ou um sistema de controle numérico computadorizado (CNC), tocha de soldagem, substrato e um sensor (Figura 02).

Figura 02: Representação esquemática simplificada de um sistema MADA



Fonte: Yan et al, 2022.

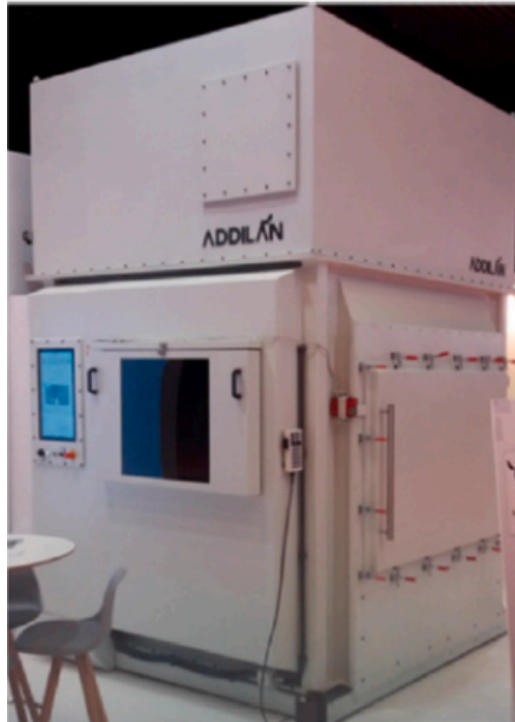
O sistema de hardware MADA inclui a máquina de solda a arco e a unidade executora. Quanto à máquina de solda, uma vez que cada tecnologia de soldagem a arco tem suas próprias características, o sistema de hardware baseado em uma fonte de calor específica tem uma característica semelhante com a mesma tecnologia de soldagem. O processo MADA é comumente realizado utilizando arco elétrico com gás de proteção (GMAW - Gas Metal Arc Welding), também conhecido como soldagem MIG/MAG. (Yan et al, 2022).

Quanto à unidade executora, geralmente existem duas opções: o robô industrial ou CNC. No caso do CNC (Figura 03), a tocha de soldagem é montada na horizontal na cabeça do fuso para que o processo seja controlado pelo mesmo controlador CNC. Já no caso do robô industrial (Figura 04), a tocha de soldagem é montada ao elemento terminal do robô para que ele possa se mover ao longo do caminho programado pelo robô. Quanto às diferenças práticas entre as duas opções, Yan et al (2022) afirma que:

“Geralmente, o custo da máquina CNC é quase 10 vezes maior que o do robô. Obviamente, o WAAM baseado em robótica tem melhor economia do que o WAAM baseado em CNC. No entanto, a maioria dos robôs industriais dificilmente consegue atingir uma precisão de posicionamento muito alta, que geralmente é limitada a 0,5–2 mm. Portanto, é melhor escolher um sistema CNC se for necessária uma precisão maior. Quando um sistema de alimentação de arame separado é usado em WAAM, a tocha de soldagem geralmente é girada para manter a consistência da geometria do cordão.

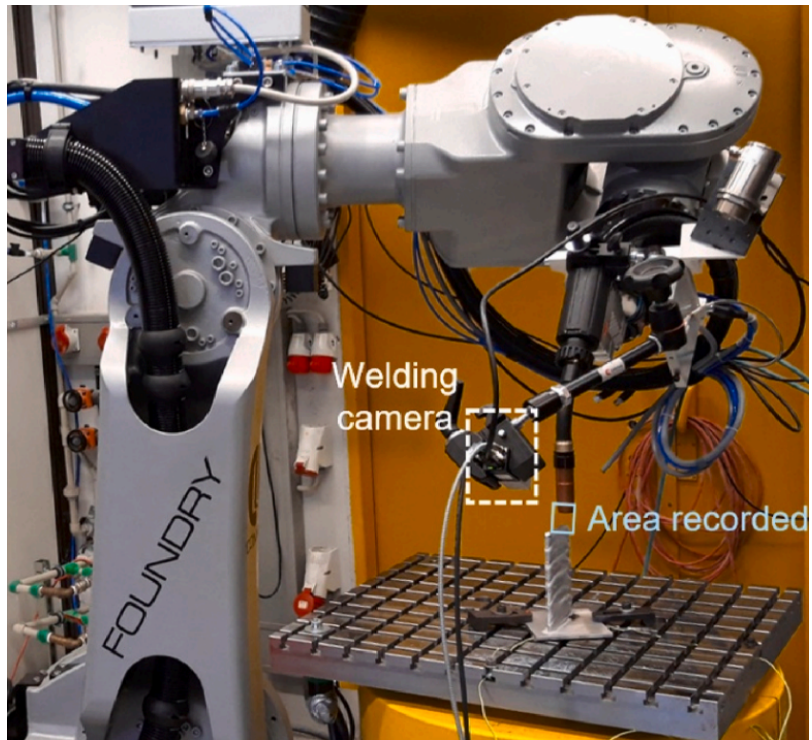
Portanto, a orientação do fio também precisa ser ajustada com frequência. Neste caso, o robô é mais preferido devido à sua flexibilidade. Além disso, o sistema baseado em robô também é preferido para construir um produto muito longo. Mas se alguns processos adicionais foram incorporados ao WAAM para obter melhor qualidade, como laminação e usinagem, o sistema baseado em CNC é melhor porque é mais fácil absorver as forças resultantes desses processos adicionais.”

Figura 03: Sistema MADA utilizando uma máquina CNC



Fonte: Yan et al, 2022

Figura 04: Sistema MADA utilizando um robô industrial



Fonte: Yan et al, 2022.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1. MATERIAIS**

#### **3.1.1 SOFTWARES**

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados dois softwares principais: RoboDK e Autodesk Inventor 3D CAD. A escolha desses softwares foi baseada em uma série de fatores relevantes. Enquanto a aquisição de licenças de alguns softwares é necessária para a modelagem 3D, o Autodesk Inventor 3D CAD oferece uma versão gratuita para estudantes vinculados à instituição de ensino, o que facilitou o acesso legal dos autores.

O software RoboDK possibilita simular com alta precisão o comportamento do robô antes da execução da tarefa real, o que permite verificar se o programa está correto e identificar possíveis problemas no trajeto do robô ou no programa de movimento. Além disso, sua licença foi doada à Universidade Federal de Goiás, possibilitando o seu uso durante o desenvolvimento do trabalho.

O RoboDK permite aos usuários programar o robô em diversas linguagens de programação, incluindo Python, C++ e Visual Basic. Essa função proporciona flexibilidade aos usuários para escolher a linguagem de programação com a qual estão mais familiarizados, ou mesmo, unido à integração com o Software Autodesk Inventor CAD 3D, a possibilidade de importar uma peça pronta sem a necessidade de programação.

Por fim, ressalta-se que o RoboDK é compatível com uma variedade de robôs, o que possibilita aos usuários programar diferentes tipos de robôs com uma única ferramenta de programação.

#### **3.1.2 ROBÔ YASKAWA MOTOMAN HP20D**

Foi utilizado o robô Yaskawa Motoman HP20D, disponibilizado pela Universidade Federal de Goiás. É reconhecido por sua capacidade de adaptabilidade e precisão elevada, podendo alcançar uma precisão de trajetória de até 0,1 mm, dependendo da aplicação. O robô Yaskawa Motoman HP20D-A80 vem

equipado com o controlador DX100, que garante a eficiência e segurança do processo produtivo.

O robô tem uma capacidade máxima de carga de 20 kg e conta com 6 eixos. Seu alcance horizontal máximo é de 1.717 mm, enquanto seu alcance vertical chega até 3.063 mm. Além disso, ele apresenta uma repetibilidade de  $\pm 0,06$  mm, o que significa que a precisão em termos de repetição é bastante alta. Essas especificações são importantes para avaliar a adequação do robô para tarefas específicas, pois elas indicam o que o robô é capaz de fazer em termos de alcance, carga máxima e precisão.

### **3.1.3 OUTROS ELEMENTOS FÍSICOS**

Para utilização do robô Yaskawa Motoman HP20D foi necessária a conexão com a fonte Digiplus A7 da IMC Soldagem.

A linha DIGIPlus A7 de fontes de soldagem apresenta um processador ARM de 32 bits de última geração, permitindo uma operação eficiente em diversas modalidades de soldagem. Além disso, essa linha de equipamentos foi projetada para atualizações constantes através do programa embarcado, mantendo-a atualizada e em constante evolução.

Os recursos disponíveis incluem abertura suave do arco (lift arc), abertura facilitada para eletrodo revestido (HOT START) e o recurso de anticolagem (ARC FORCE). Programas especiais para soldagem, como o curto circuito controlado (CCC), o modo MIX e FORMA DE ONDA, permitem a exploração de diversas aplicações.

### **3.1.4 CONSUMÍVEIS**

Para validar a programação da célula robotizada foi necessária a fabricação de uma peça com formato complexo pelo processo MADA. Essa fabricação contou com a utilização de consumíveis como metal de adição ER4043 e substrato de alumínio fundido, para a soldagem. O metal de adição utilizado, ER4043, foi selecionado com base na necessidade do projeto Furnas, que utilizará o aerofólio fabricado.

Optando pela soldagem do tipo MIG pulsado, foi necessária a utilização de um gás de proteção. Nesse caso, optou-se pela utilização do argônio puro que proporciona uma solda de alta qualidade, com menor incidência de defeitos, melhor controle do arco elétrico e menor impacto térmico na peça (Vimal et al, 2021).

## **3.2. MÉTODOS**

### **3.2.1. ESTAÇÃO DE TRABALHO**

Para fazer a programação de trajetórias no robô Yaskawa Motoman HP20D utilizando o software RoboDK torna-se necessário a montagem da estação de trabalho virtual. Esta estação de trabalho é composta pelo robô, base do robô, suporte da tocha e tocha, mesa, gabarito de fixação. O robô Yaskawa Motoman HP20D já consta na biblioteca do software RoboDK e todos os demais elementos foram modelados utilizando-se o software Inventor e importados pelo o software RoboDK para a montagem da estação de trabalho.

### **3.2.2. CONEXÃO ENTRE O ROBODK E O ROBÔ YASKAWA MOTOMAN HP20D**

Para realizar a conexão entre o RoboDK e o robô Yaskawa Motoman HP20D é necessário conectar o controlador DX100 ao computador, configurar o endereço IP do controlador, calibrar a ferramenta e o TCP (Centro de Ferramenta). Estas etapas são necessárias para se trabalhar corretamente com o RoboDK no espaço físico da estação de trabalho.

### **3.2.3. PROCEDIMENTO PARA GERAÇÃO DA TRAJETÓRIA**

Para gerar a trajetória, basta importar a peça 3D que se deseja fabricar para dentro da estação de trabalho no RoboDK e selecionar a geração de trajetória. Em seguida, deve-se utilizar a simulação para verificar se o robô consegue executar as tarefas com sucesso. Uma vez que as trajetórias estejam confirmadas, é possível enviar o programa para o controlador do robô para que esse possa executar a tarefa.

#### **3.2.4. PROGRAMAÇÃO UTILIZANDO O MODO TEACH DO ROBÔ**

Como a trajetória de cada camada é executada repetidamente, camada por camada, o incremento em altura é realizado em modo Teach. Para isso, deve-se acessar o programa gerado pelo RoboDK e editá-lo de modo a garantir um incremento em altura a cada nova camada.

#### **3.2.5. VALIDAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DAS TRAJETÓRIAS UTILIZADAS PELO PROCESSO MADA**

Após a programação da célula robotizada utilizando a geração de trajetória, implementação do Modo Teach e finalização dos parâmetros de soldagem, a validação da programação é feita através da fabricação de uma peça com formato complexo pelo processo MADA.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. ESTAÇÃO DE TRABALHO**

Foi decidido que a confecção do aerofólio em alumínio por Manufatura Aditiva por Deposição a Arco (MADA) seria executada utilizando do robô Yaskawa Motoman HB20D, disponível e devidamente alocado no Laboratório de Materiais e Processos de Fabricação (LAMAF) na Universidade Federal de Goiás (Figura 05). A preparação e utilização do robô Yaskawa Motoman HB20D é feita através da programação remota da rotina a ser executada utilizando o Software RoboDK (simulador para robôs industriais e programação offline), com o auxílio do Software CAD 3D Inventor (projeto, renderização e simulação de produtos).

Figura 05: Estação de trabalho real disponível no LAMAF

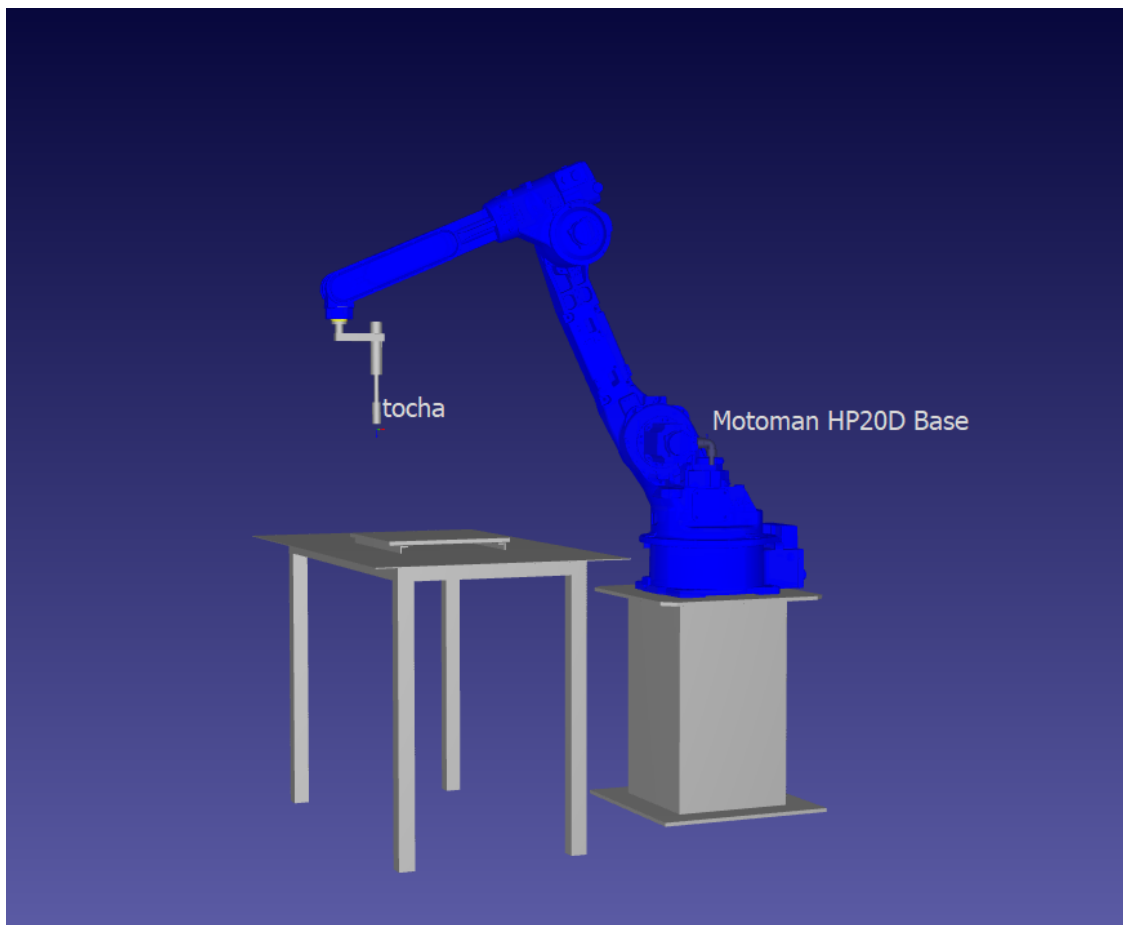


Fonte: Próprios Autores

O primeiro passo foi criar a estação de trabalho no ambiente de simulação do Software RoboDK. A estação de trabalho consistia essencialmente em: 01 (uma) mesa metálica, 01 (uma) chapa metálica de apoio, 01 (uma) base metálica para o robô, 01 (um) robô Yaskawa Motoman HP20D e 01 (uma) tocha montada ao elemento terminal do robô. As maiores dimensões geométricas, como largura e altura das mesas e base metálica, foram coletadas utilizando uma trena; enquanto menores dimensões geométricas e mais precisas como os detalhes da tocha foram coletadas com o auxílio do paquímetro de resolução 0.5 [mm].

Todos os elementos, com exceção ao robô, foram modelados em 3D utilizando o Software CAD 3D Inventor, os quais podem ser visualizados em perspectivas cotadas nas figuras disponíveis no Apêndice A. A modelagem da estação de trabalho foi simplificada, ou seja, foi modelado apenas o que teria uma influência direta ou indireta no processo. Nesse caso, foi decidido não modelar detalhes da base do robô ou dos pés da mesa. Os objetos modelados foram importados para a estação de trabalho no ambiente de simulação do RoboDK (que possui uma integração automática com softwares 3D no geral, o que inclui o Inventor). Não foi necessária nenhuma medição do robô Yaskawa Motoman HP20D, uma vez que o software RoboDK possui uma ampla biblioteca de manipuladores robóticos onde, foi simples encontrar aquele que se adequa ao projeto proposto, fazendo-se necessário apenas o seu posicionamento correto dentro da estação de trabalho virtual (Figura 06).

Figura 06: Estação de trabalho desenvolvida no RoboDK

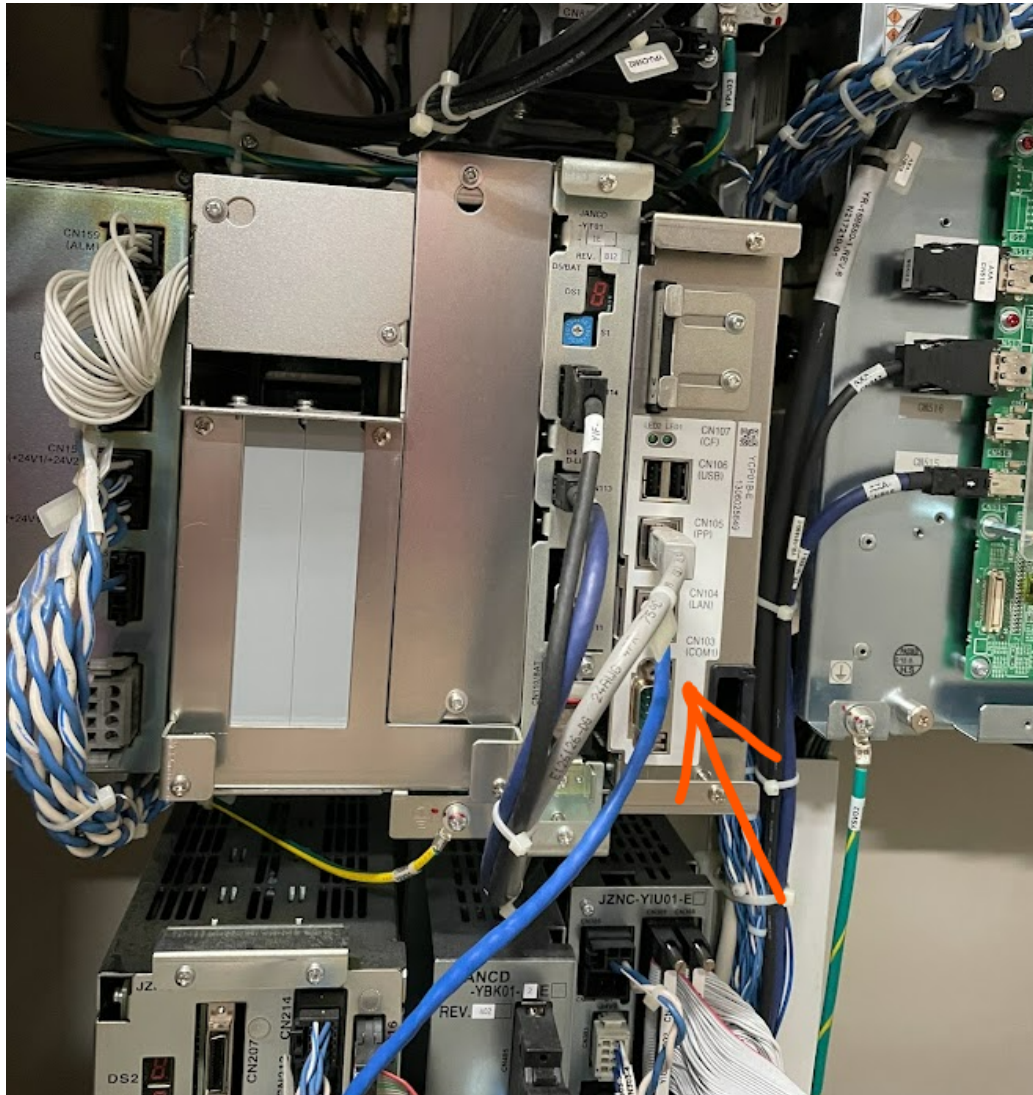


Fonte: Próprios Autores

## **4.2. CONEXÃO ENTRE O ROBODK E O ROBÔ YASKAWA MOTOMAN HP20D**

Após finalizar a estação de trabalho no Software, o segundo passo é conectar a estação com o robô a ser utilizado. Este vínculo é feito através da conexão de um cabo de rede ethernet entre a placa de rede do computador e a porta CN104 do controlador DX100 (Figura 07) e da combinação do endereço de IP do robô com o endereço de IP da conexão de internet do computador com o software instalado. A conexão correta que vai garantir que a comunicação seja efetiva e que a posição do robô virtual no ambiente virtual corresponda à posição do robô no ambiente real. Essa etapa é relevante tanto para evitar que o robô se choque contra a mesa ou outras estruturas presentes no laboratório, quanto para garantir que o processo de manufatura aditiva seja realizado no local programado e preparado para recebê-lo.

Figura 07: Localização da conexão do cabo de ethernet na fonte



Fonte: Próprios Autores

No modo de operação "Management Mode" do controle manual (Figura 08) é possível encontrar o endereço de IP do robô ao acessar os serviços de conexão na opção de informações do sistema (Figura 09). Para o robô disponibilizado pelo LAMAF, o endereço IP configurado é 192.168.255.1. No protocolo de IP (TCP) das configurações de internet do computador foi atualizado o endereço de IP para 192.168.255.2 (Figura 10). Qualquer número a partir do 02 (dois) para o último dígito seria possível. Depois de garantir a combinação dos endereços, acessando o RoboDK em "Connect" é possível confirmar a conexão do robô com o Software através de um passo a passo intuitivo (Figura 11). Se a conexão foi feita com sucesso, uma mensagem em verde "Ready" deve aparecer na tela.

Figura 08: Acesso ao “Management Mode” no controle manual na opção “Security”



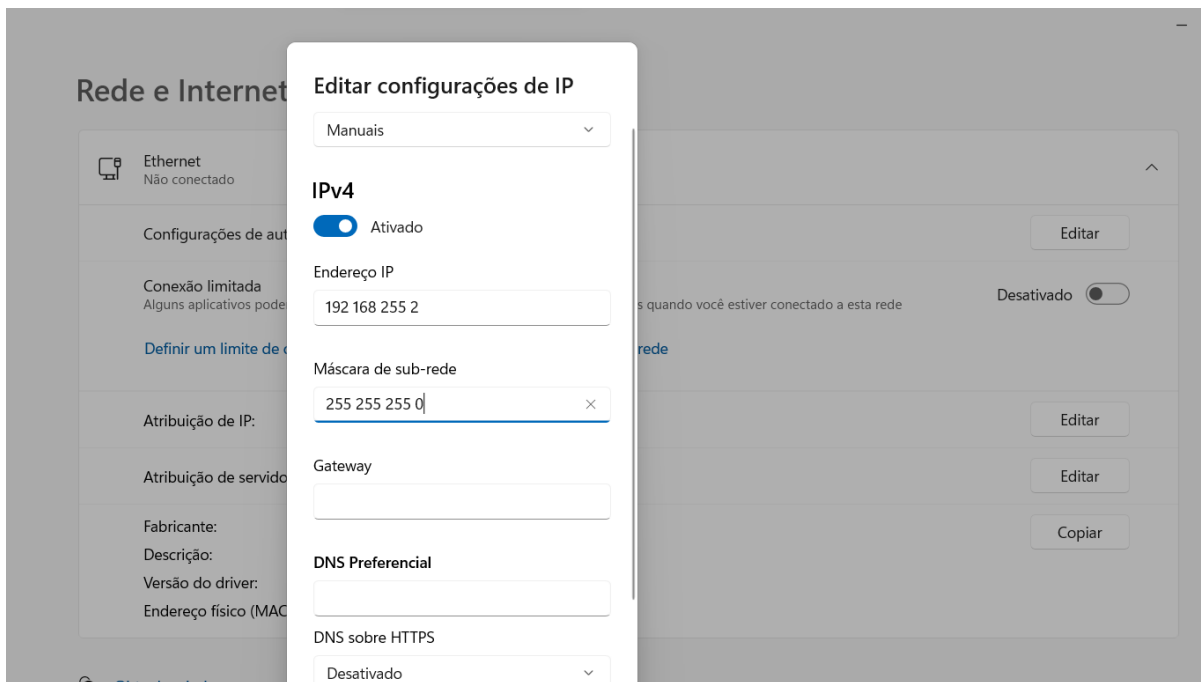
Fonte: Próprios Autores

Figura 09: Acesso a configuração de IP do robô no controle manual na opção “Network Service”



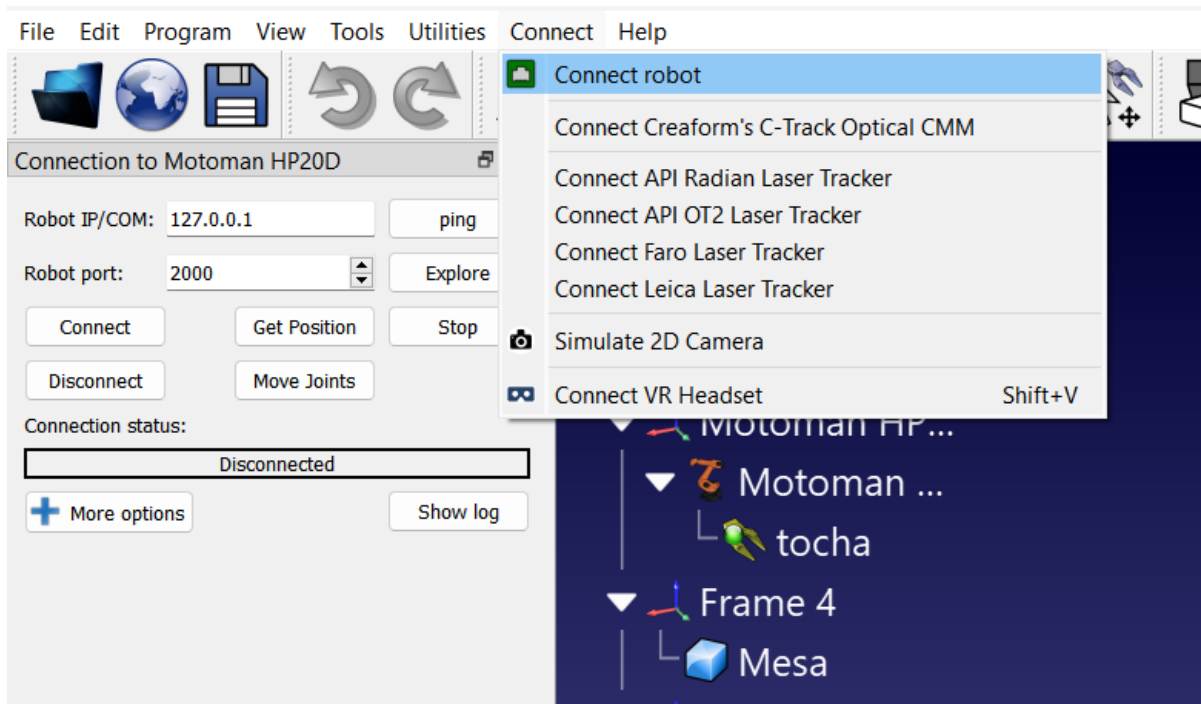
Fonte: Próprios Autores

Figura 10: Configuração do endereço de IP do computador



Fonte: Próprios Autores

Figura 11: Conexão do robô quando as configurações estiverem corretas



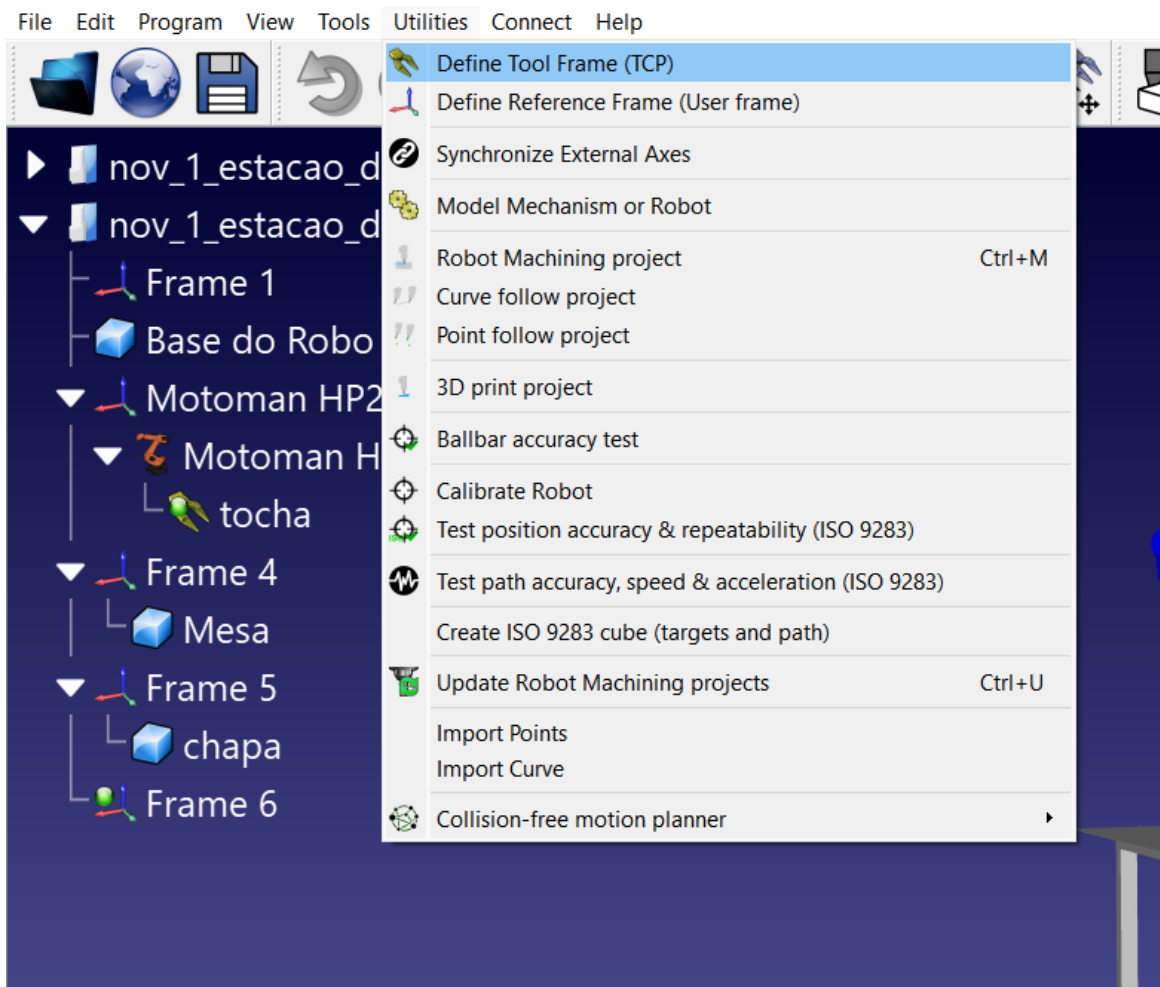
Fonte: Próprios Autores

Ter o robô devidamente conectado não garante que o Software entenda onde está a ponta da ferramenta e onde está a mesa, não é suficiente informar ao

Software que essa é a ferramenta a ser utilizada, também é necessário informar onde está o Tool Center Point ou Tool Frame (TCP) da ferramenta e do Reference Frame onde será realizado o processo. Sem definir esses pontos, caso haja o desenvolvimento de uma rotina, o erro de “choque com a mesa” não irá permitir que a rotina rode.

Dentro do software através da opção “Utilities” é possível selecionar “Define Tool Frame (TCP)” onde serão requisitados 04 (quatro) pontos de referência (Figura 12). Para defini-los é suficiente colocar um objeto pontiagudo qualquer sobre a mesa de referência no ambiente real e, utilizando o controle manual, mover o robô até que a ponta da ferramenta esteja em contato com o objeto. Nessa posição, basta selecionar a opção "Get Point" no RoboDK e a posição está salva. Não existe um ponto ou ângulo específico, basta aleatoriamente escolher 04 (quatro) pontos distintos e salvar o progresso.

Figura 12: Acesso ao “Define Tool Frame” e “Define Reference Frame”



Fonte: Próprios Autores

Ainda através da opção “Utilities”, é possível selecionar “Define Reference Frame (User Frame)” onde serão requisitados mais 03 (três) pontos de referência. O processo para definir a base de referência pode ser, assim como o anterior, utilizando pontos aleatórios. Nesse caso específico, optou-se por marcar o centro da base e os 03 (três) pontos de referência adotados foram o ponto central da base e de duas arestas aleatórias. Utilizando o controle manual do robô, é feita a movimentação até que a ponta da ferramenta esteja em contato com a base. Nessa posição, basta selecionar a opção “Get Point” no RoboDK e repetir o processo para os outros 02 (dois) pontos restantes. O frame de referência precisa ser necessariamente no plano onde será executado a soldagem, neste caso foi utilizada a chapa gabarito de fixação como frame de referência.

Esse processo tem que ser feito sempre que a distância bico de contato a peça (DBCP) variar.

#### 4.3. PROCEDIMENTO PARA GERAÇÃO DA TRAJETÓRIA

Através do website Airfoil Tools foi possível gerar 80 (oitenta) diferentes pontos coordenados necessários para a modelagem 3D do aerofólio NACA 4, que é o modelo previamente acordado a ser desenvolvido. Para obter os pontos é necessário selecionar a opção “NACA 4 digit airfoil generator (NACA 0012 AIRFOIL)” e em seguida entrar com os dados conforme o desejado e exemplificado a seguir (Tabela 01). Os pontos gerados pelo website (Tabela 02) aparecem no “Dat file” e foram exportados para uma planilha do Microsoft Office Excel e, em seguida, importados para o CAD 3D Inventor (Figura 13) que permite com facilidade ligar todos os pontos e produzir uma trajetória 2D (Figura 14).

Tabela 01: Dados necessários para obtenção dos pontos de coordenada

Curvatura Máxima	0%
Posição de Curvatura Máxima	0%
Espessura	12%
Número de Pontos	80
Espaçamento cosseno	OK

Bordo de Fuga Próximo	OK
-----------------------	----

Fonte: Próprios Autores

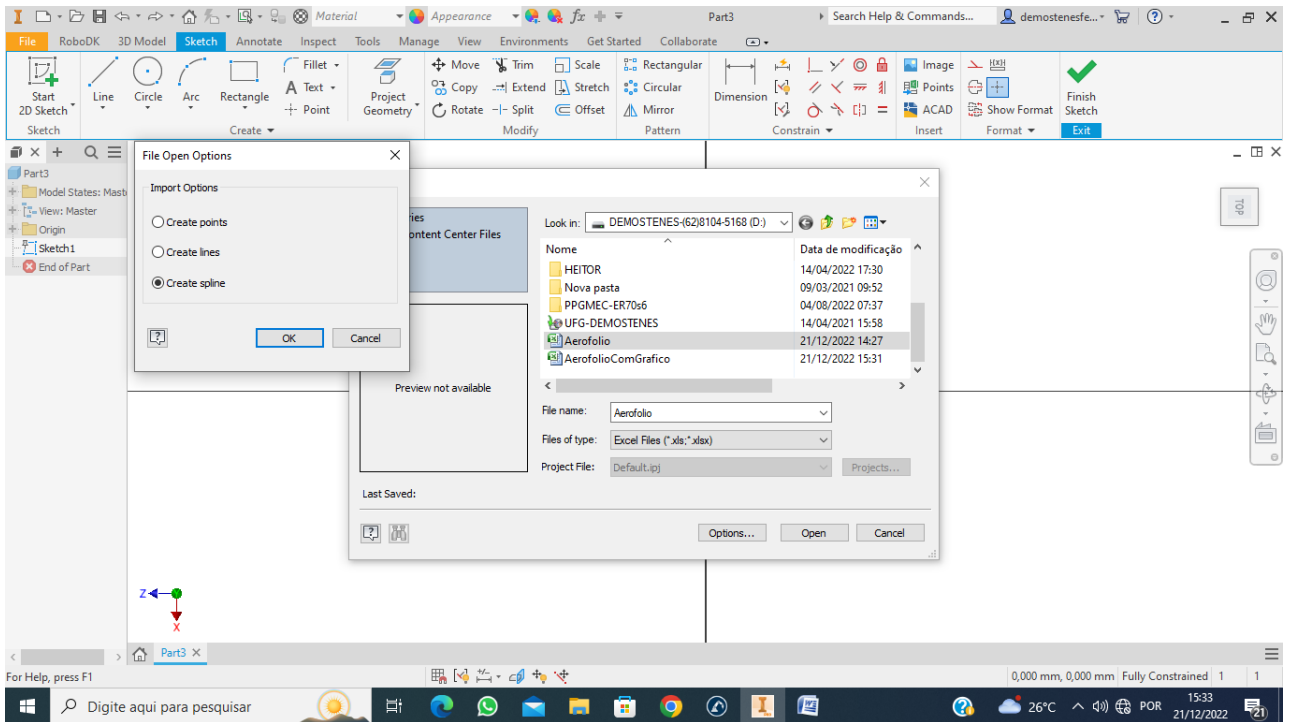
Tabela 02: Pontos gerados através do Airfoil Tools para o NACA 4

<b>Nº</b>	<b>Eixo X</b>	<b>Eixo Y</b>	<b>Nº</b>	<b>Eixo X</b>	<b>Eixo Y</b>
1	200	0	41	0	0
2	199,6918	0,0448	42	0,3082	-1,3754
3	198,7688	0,1782	43	1,2312	-2,7006
4	197,237	0,398	44	2,763	-3,9708
5	195,1056	0,7002	45	4,8944	-5,1786
6	192,388	1,0798	46	7,612	-6,316
7	189,1006	1,5302	47	10,8994	-7,3734
8	185,264	2,0442	48	14,736	-8,341
9	180,9016	2,6142	49	19,0984	-9,2098
10	176,0406	3,2316	50	23,9594	-9,9708
11	170,7106	3,8876	51	29,2894	-10,6166
12	164,9448	4,5738	52	35,0552	-11,1416
13	158,7786	5,281	53	41,2214	-11,5424
14	152,2498	6	54	47,7502	-11,8176
15	145,399	6,722	55	54,601	-11,9682
16	138,2684	7,4376	56	61,7316	-11,9976
17	130,9016	8,1372	57	69,0984	-11,9114
18	123,3446	8,811	58	76,6554	-11,7164
19	115,6434	9,4484	59	84,3566	-11,4216
20	107,846	10,0392	60	92,154	-11,0368
21	100	10,5724	61	100	-10,5724
22	92,154	11,0368	62	107,846	-10,0392
23	84,3566	11,4216	63	115,6434	-9,4484
24	76,6554	11,7164	64	123,3446	-8,811
25	69,0984	11,9114	65	130,9016	-8,1372
26	61,7316	11,9976	66	138,2684	-7,4376
27	54,601	11,9682	67	145,399	-6,722

28	47,7502	11,8176	68	152,2498	-6
29	41,2214	11,5424	69	158,7786	-5,281
30	35,0552	11,1416	70	164,9448	-4,5738
31	29,2894	10,6166	71	170,7106	-3,8876
32	23,9594	9,9708	72	176,0406	-3,2316
33	19,0984	9,2098	73	180,9016	-2,6142
34	14,736	8,341	74	185,264	-2,0442
35	10,8994	7,3734	75	189,1006	-1,5302
36	7,612	6,316	76	192,388	-1,0798
37	4,8944	5,1786	77	195,1056	-0,7002
38	2,763	3,9708	78	197,237	-0,398
39	1,2312	2,7006	79	198,7688	-0,1782
40	0,3082	1,3754	80	199,6918	-0,0448

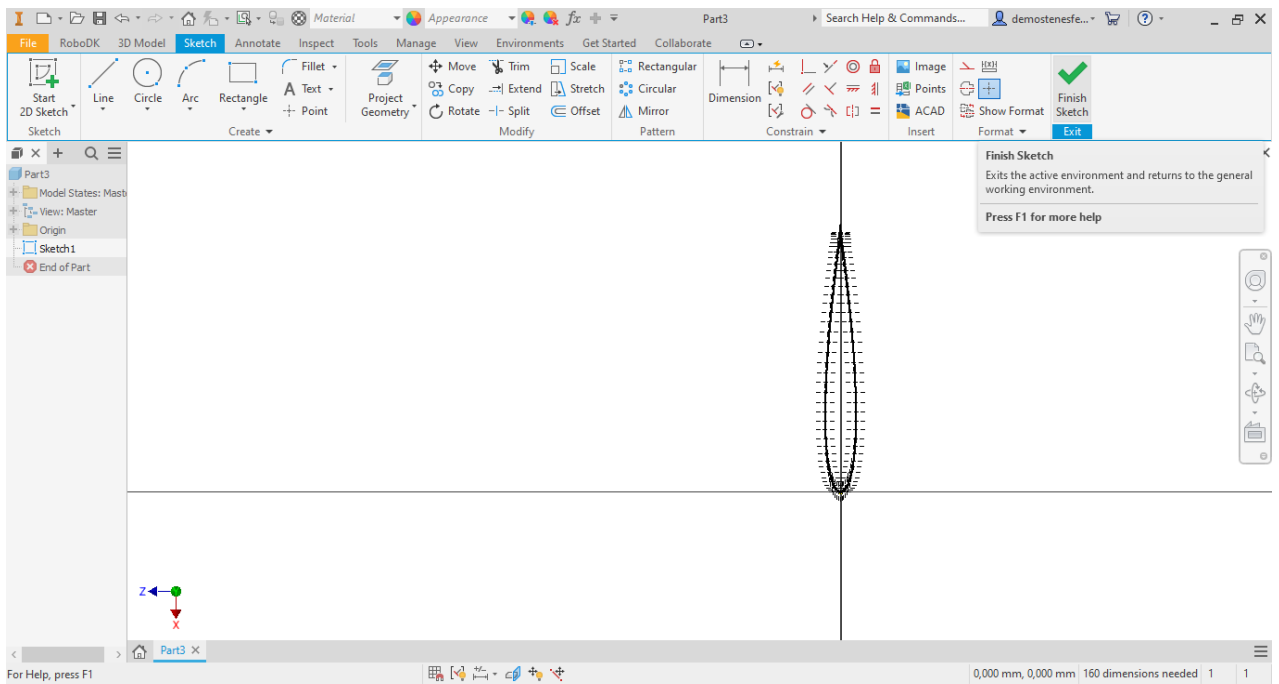
Fonte: Próprios Autores

Figura 13: Importando uma planilha de pontos para dentro do AutoCAD Inventor e criando uma peça 2D



Fonte: Próprios Autores

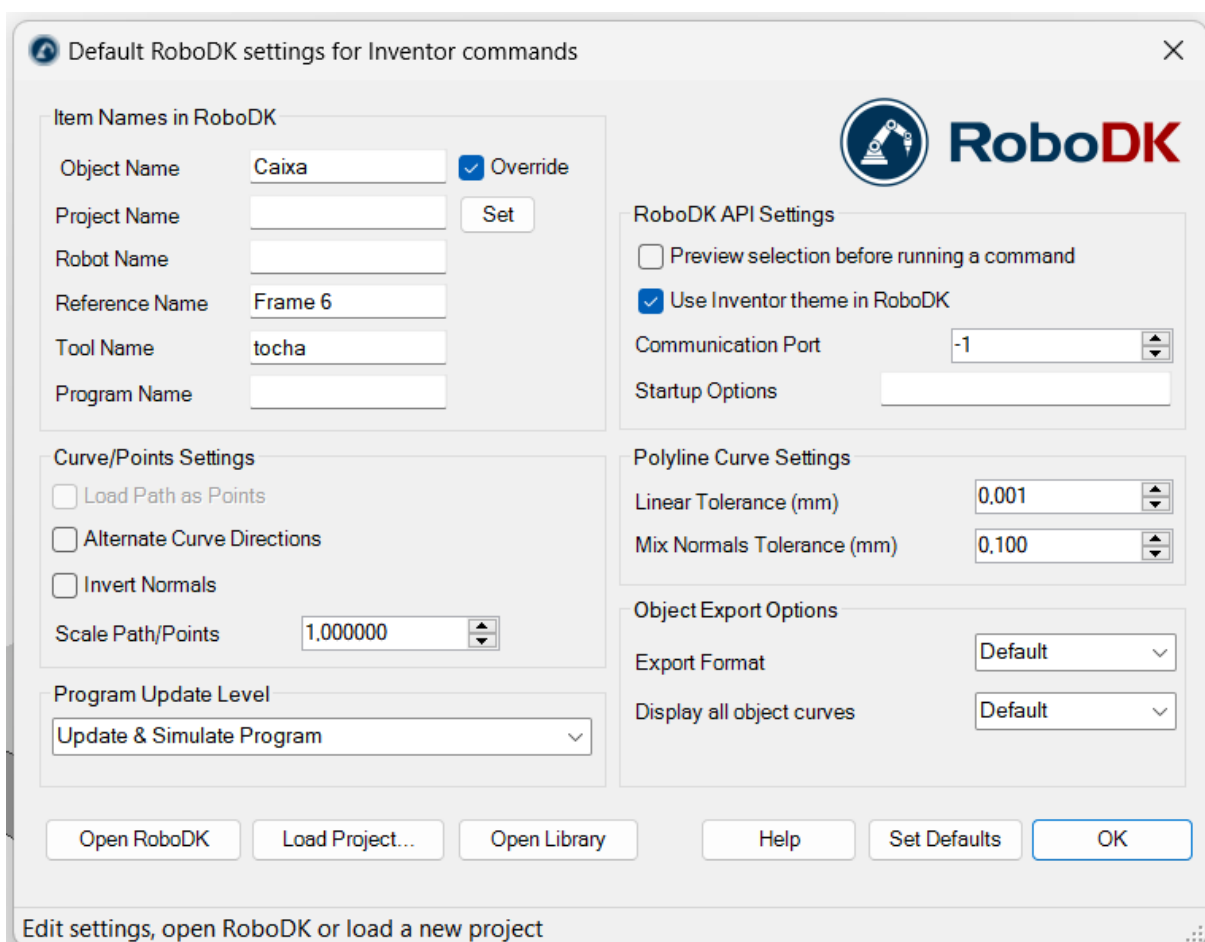
Figura 14: Modelagem do Aerofólio NACA 04 utilizando os pontos gerados pelo Airfoil Tools



Fonte: Próprios Autores

Acessando a área de integração do Inventor com o RoboDK e dentro da opção de “Configurações” é possível definir o Frame de referência onde o objeto deve ser importado dentro do Software RoboDK, o nome da ferramenta que vai realizar o trabalho e o nome do objeto que será importado. Todas essas seleções são feitas de forma manual, ou seja, é necessário digitar cada um dos títulos. É importante também garantir que a referência de construção da peça é aquela que facilita a confecção, nesse caso foi necessário garantir que a peça fosse importada na posição horizontal. Ainda na área de “Configurações” também é possível adicionar tolerâncias. Quanto menor o valor da tolerância maior é a quantidade de pontos que o software vai importar na hora de preparar a rotina de execução (Figura 15).

Figura 15: Seção de edição e configuração da integração do AutoCAD Inventor e o RoboDK

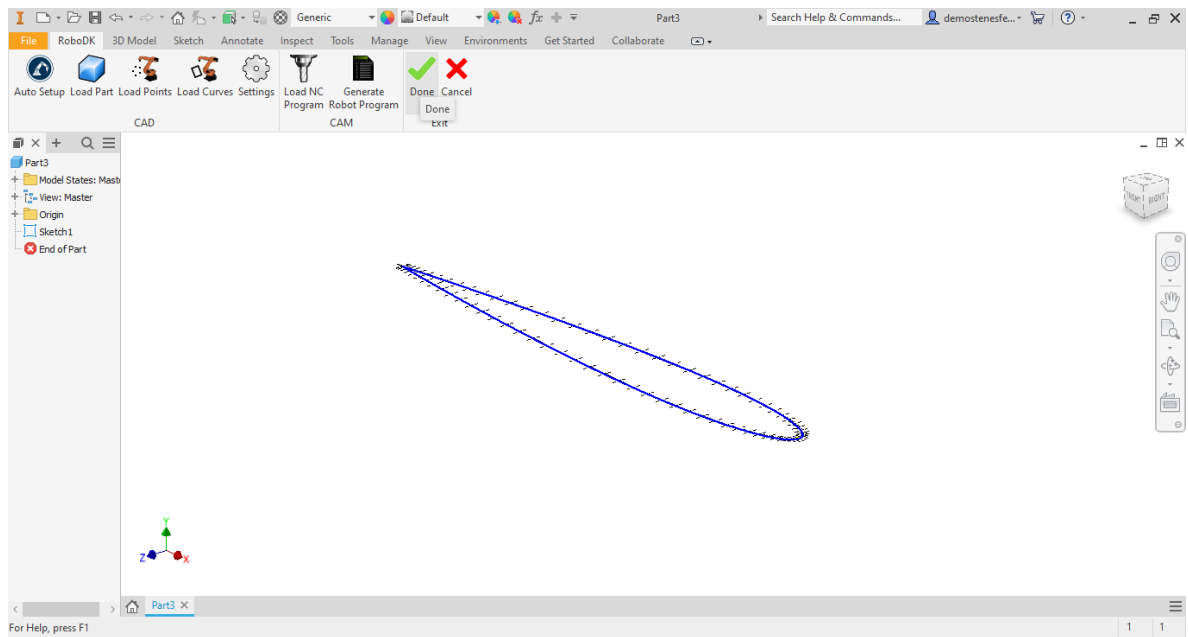


Fonte: Próprios Autores

Faz-se necessário ressaltar também a necessidade de se atentar aos valores selecionados como tolerância. Primeiro, utilizamos 0,250 [mm] e foram gerados 80 (oitenta) pontos pelo RoboDK após finalizar a importação do aerofólio. A programação gerada pelo RoboDK é feita em MOVL, ou seja, através de movimentações lineares. Foi possível notar através de testes com fabricação que o acabamento utilizando 80 (oitenta) pontos não era suficiente e, por isso, foi feita a mudança da tolerância para 0,010 [mm] que mostrou um acabamento mais satisfatório e uma geometria mais próxima do esperado.

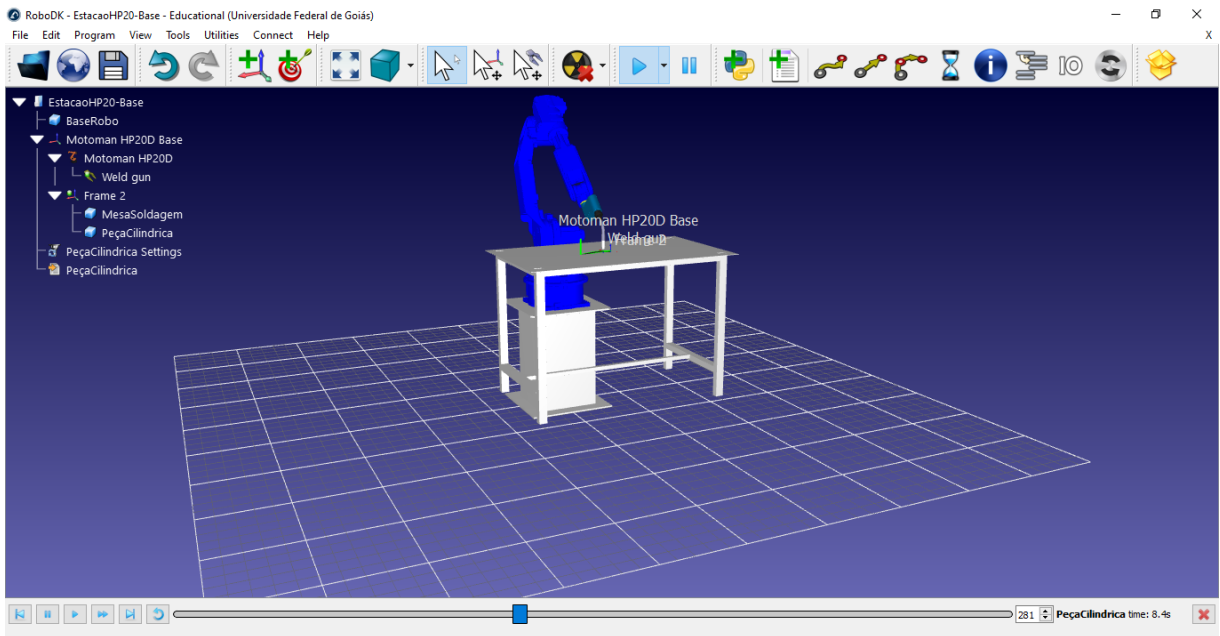
Com o término da configuração, o aerofólio está pronto para a estação de trabalho. Para importar o Aerofólio NACA 4, basta acessar a guia do RoboDK dentro do AutoCAD Inventor, selecionar “Carregar Curvas”, selecionar o perfil do aerofólio e finalizar em “Finalizar” (Figura 16). O desenho será automaticamente gerado no RoboDK conectado, que deve estar previamente aberto e com a estação de trabalho preparada (Figura 17).

Figura 16: Fazer a importação do aerofólio para o RoboDK



Fonte: Próprios Autores

Figura 17: Aerofólio localizado na estação de trabalho



Fonte: Próprios Autores

A geração das trajetórias é automática e, caso necessário, é possível acessar a opção “Mostrar instruções” ao clicar no arquivo do aerofólio para editar o comando, a ordem dos comandos (iniciar de uma posição diferente, por exemplo), ou até

mesmo a velocidade. Após feita todas as edições necessárias, basta exportar a programação da trajetória para um pen-drive de preferência e conectar ao controle manual do robô utilizado. Faz-se necessário a utilização do pen-drive porque a trajetória gerada pelo RoboDK só é executada uma vez, em 2D e sem incremento em altura, então é importado a programação para o robô sem de fato executá-la com o objetivo de fazer a manipulação final com auxílio da programação em modo Teach.

#### **4.4. ADEQUAÇÃO DO PROGRAMA GERADO PELO ROBODK**

Após importar o aerofólio para a estação de trabalho dentro do RoboDK e garantir a geração da trajetória, é importante notar que essa trajetória não faz algo que é fundamental ao processo MADA: o incremento em altura. Para garantir que a trajetória seja suficiente para execução do processo, faz-se necessário adicionar também uma programação que seja responsável pelo geração do loop da programação gerada pelo RoboDK onde haja incremento em altura a cada rodada. Para isso, foi utilizado o Modo Teach.

Como o intuito é gerar o loop de uma outra programação que já está pronta, o primeiro passo é fazer com que o Teach Pendant reconheça essa programação. Para isso, a trajetória gerada é importada para um Pen Drive qualquer de preferência que em seguida é conectado ao controle manual. Utilizando o modo “Management Mode”, é possível acessar a função “External Memory Device” e “Load” (Figura 18), onde é possível optar por carregar o conteúdo do Pen Drive (Figura 19). Após carregado, é possível acessar quais programações o Pendant DX-100 reconheceu de acordo com os títulos (Figura 20).

Figura 18: Acessando a função carregar conteúdo do Pen Drive



Fonte: Próprios Autores

Figura 19: Carregando o conteúdo do Pen Drive no controle DX-100



Fonte: Próprios Autores

Figura 20: Conteúdo reconhecido pelo controle DX-100



Fonte: Próprios Autores

A programação utilizando o controle manual é feita através de uma programação própria ao robô utilizado; para acessar, basta consultar o manual do controlador DX-100 onde consta todos os detalhes necessários para entender os comandos e funções disponíveis. Destaca-se, entretanto, algumas das funções básicas disponíveis e úteis para este trabalho (Tabela 03). A programação foi executada conforme descrita abaixo (Figura 21):

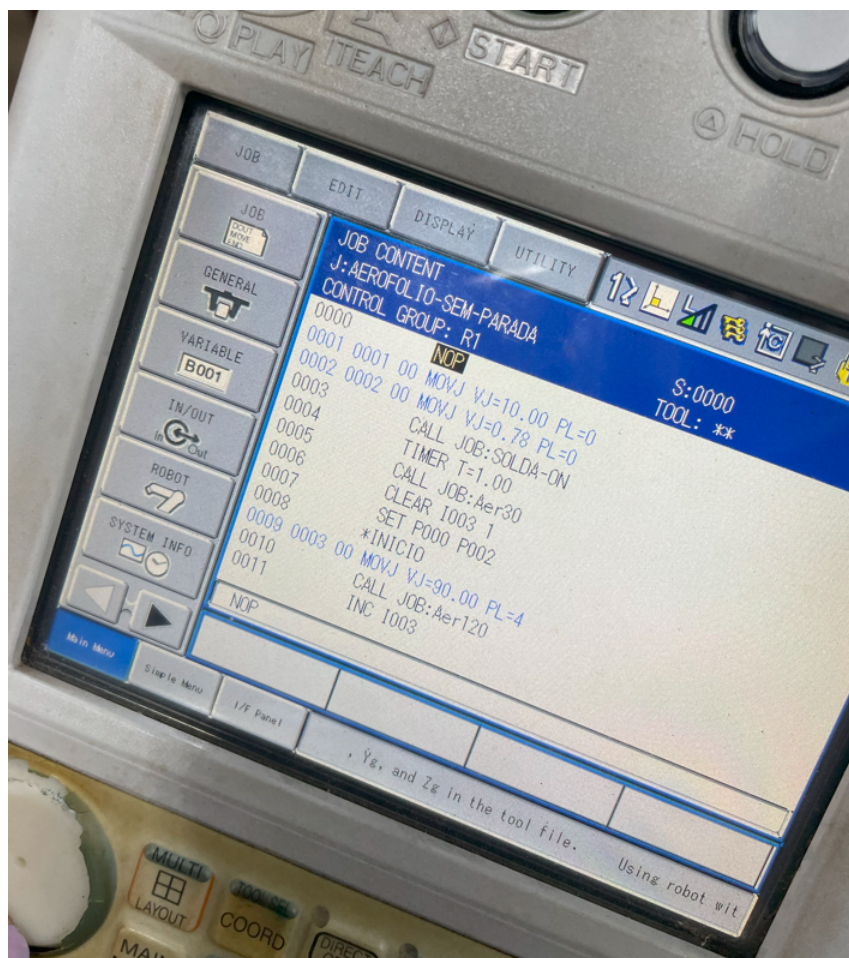
```
0000 NOP
0001 0001 00 MOVJ VJ=10.00 PL=0
0002 0002 00 MOVJ VJ=0.78 PL=0
0003 CALL JOB:SOLDA-ON
0004 TIMER T=1.00
0005 CALL JOB:Aer30
```

```

0006          CLEAR I003 1
0007          SET P000 P002
0008          *INICIO
0009 0003 00  MOVJ VJ=90.00 PL=40
0010          CALL JOB:Aer120
0011          INC I003
0012          ADD P000 P091
0013          SFTON P000
0014          JUMP *INICIO IF I003<=100
0015          CALL JOB: SOLDA-OFF
0016          END

```

Figura 21: Programação em Modo Teach executado utilizando o controle DX-100



Fonte: Próprios Autores

Tabela 03: Lista de comandos básicos do DX100 Pendant

MOVJ	Movimento com juntas livres do manipulador robótico
MOVL	Movimento linear do manipulador robótico
CALL JOB	Abrir um programa que pode ser encontrado na memória do controlador
TIMER	Causar um delay na execução até que o valor da instrução seja alcançado
CLEAR	Limpar o valor da variável
SET	Seta o dado 1 igual ao dado 2
VJ	Limita a velocidade de movimento
INC	Adiciona um no valor da variável especificada
JUMP	Para ignorar linhas ou criar um loop
IF	Condição que diz se a instrução de controle a ela atrelada será executada

Fonte: Próprios Autores

É possível detalhar a programação acima através do destrinchamento linha-a-linha. Tem-se em 0001 a chamada em MOVJ (movimentação livre nas juntas) em alta velocidade do robô até um ponto próximo do gabarito de fixação; em 002 finaliza-se a movimentação de aproximação do robô até o gabarito de fixação, ainda em movimento livre (MOVJ) porém desacelerado. Como existe o risco de choque contra a mesa e/ou gabarito de fixação, é coerente reduzir a velocidade do robô ao final da movimentação de aproximação. A linha 0003 é responsável pelo início do processo de soldagem enquanto em 0004 determina-se o tempo de pré gás.

Foi criado dois jobs para o robô, Aer30 e Aer120, que podem ser acessadas no Apêndice B. A diferença entre as duas é exclusivamente a velocidade de execução de 30 [cm/min] para o Aer30 e 120 [cm/min] para o Aer120. O objetivo foi utilizar a programação de soldagem com menor velocidade para o pré-aquecimento da chapa utilizada como gabarito de fixação a fim de diminuir os defeitos de soldagem do alumínio e aumentar a adesão com a chapa.

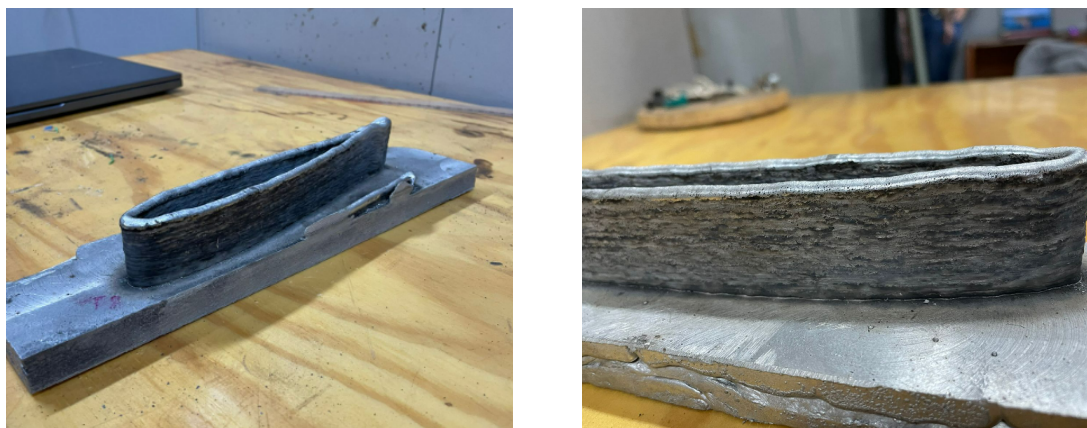
Tendo em vista a diferenciação entre Aer30 e Aer120, em 0005 é realizada uma sequência completa em Aer30, atuando para pré-aquecer a chapa. Em 0006 é executado a limpeza de quaisquer dados que estivessem vinculados à variável I0003 e substitui-se pelo valor de 01 (um). Em 0007 definimos os parâmetros de

altura da camada e em 0008 é dado o início da programação de loop. A programação de loop é básica, o job Aer120, a trajetória gerada pelo RoboDK anteriormente, é responsável pela trajetória coerente para o desenvolvimento do aerofólio NACA 04. Em 0011 é feito o incremento da variável I003 que contabiliza a quantidade de vezes que o loop se repetiu, contabilizando conseqüentemente a quantidade de camadas. Em 0012 é feito o incremento em altura, no caso de P091 é feito o incremento de 0,5 [mm] em altura. A linha 0014 responsável por um JUMP que retorna a execução do programa para a linha 0008, reiniciando a execução da trajetória planejada em Aer120 até que atinja-se 100 repetições/camadas. Quando esse valor é atingido, 0015 é responsável por finalizar o programa em execução.

#### **4.5. VALIDAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DAS TRAJETÓRIAS UTILIZADAS PELO PROCESSO MADA**

Foi realizada a fabricação pelo processo de MADA do aerofólio NACA 4 com o intuito de validar o procedimento e a programação gerada. Para isso, foi dimensionado o processo de soldagem utilizando MIG Pulsado, com argônio puro como gás de proteção e ER4043 como metal de adição além do substrato de alumínio fundido. Foi executado com altura de 0,5 [mm], 100 (cem) cordões de solda, além do primeiro cordão de aquecimento da chapa utilizada como gabarito de fixação (Figura 22). Foi destacados os parâmetros de soldagem conforme exemplificado na Tabela 04.

Figura 22: Aerofólio NACA 04 fabricado pelo processo MADA



Fonte: Próprios Autores

Tabela 04: Parâmetros de soldagem do teste 12 (SILVA, 2023)

Corrente no modo sinérgico [A]	70
Velocidade de deposição [cm/min]	120
Vazão de gás [L/min]	30
Tempo de parada [s]	Sem

Fonte: Próprios Autores

Com os parâmetros apresentados obteve-se acabamento superficial, porosidade, espessura e aspecto de parede satisfatórios (SILVA, 2023).

## 5. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo principal adequar uma ferramenta comercial de programação off-line para a aplicação do processo de Manufatura Aditiva por Deposição a Arco (MADA) por meio do desenvolvimento de uma estação de trabalho semelhante àquela disponível no Laboratório de Materiais e Processos de Fabricação (LAMAF).

Para alcançar os objetivos propostos, foi desenvolvido utilizando o Autodesk Inventor 3D, todas as peças e acessórios necessários para montagem da célula robotizada no meio virtual. Também foi utilizado do software de modelagem 3D para a geração do perímetro 2D do aerofólio NACA 04, para isso foi necessário o auxílio do website Airfoil Tools que fornece a sequência de pontos adequada para isso. A integração entre a célula robotizada e o software de programação RoboDK foi estabelecida, garantindo a comunicação eficiente e a transferência de dados necessária para a programação off-line.

A programação da célula robotizada foi realizada, considerando os movimentos e parâmetros necessários para a execução das tarefas de MADA. Para que a programação fosse eficiente, foi necessária a execução de duas programações diferentes: uma utilizando o software RoboDK, através da função “Geração de Trajetória”, e outra em Modo Teach, responsável pelo loop da trajetória e incremento em altura a cada nova camada. Essas rotinas levaram em consideração as especificidades do processo MADA, como a deposição camada por camada e a definição de parâmetros de processo adequados. Por meio da validação do procedimento, foi possível fabricar uma peça com formato complexo, o aerofólio NACA 04, demonstrando a eficiência e a precisão da programação off-line para o processo de MADA.

A adequação da ferramenta off-line e o desenvolvimento da estação de trabalho virtual possibilitaram a programação automática e eficiente do robô manipulador para a realização de tarefas de MADA. A geração de rotinas procedimentais permitiu a programação off-line de uma peça complexa, proporcionando maior flexibilidade e autonomia no processo de fabricação. A validação do procedimento, por meio da fabricação de uma peça, demonstrou a viabilidade e a aplicabilidade prática dessa abordagem.

## **5.1. TRABALHOS FUTUROS**

O presente trabalho focou na programação off-line de uma célula robotizada para a MADA utilizando o RoboDK. No entanto, o RoboDK oferece diversas funcionalidades adicionais que podem ser exploradas para ampliar o uso dessa ferramenta. Explorar essas outras possibilidades pode abrir novas oportunidades de pesquisa e desenvolvimento, contribuindo para uma utilização mais ampla e eficiente dessa tecnologia inovadora.

### **5.1.1 SIMULAÇÃO DE PROCESSOS DE MADA**

Além da programação off-line, o RoboDK pode ser utilizado para simular o processo de MADA. Essa simulação permite visualizar antecipadamente o comportamento do robô durante a fabricação de uma peça específica, identificar possíveis colisões ou interferências e otimizar o trajeto do robô para melhorar a eficiência e qualidade da fabricação.

### **5.1.2. OTIMIZAÇÃO DA TRAJETÓRIA DE DEPOSIÇÃO**

Utilizando as capacidades do RoboDK, é possível explorar a otimização da trajetória de deposição do material durante o processo MADA. Através da análise de camadas em tempo de execução e do ajuste fino da trajetória de deposição, é possível reduzir a formação de sobreposições indesejadas, melhorar a adesão do material e obter geometrias mais precisas.

### **5.1.3. INTEGRAÇÃO COM SENSORES E FEEDBACKS EM TEMPO REAL**

O RoboDK oferece suporte à integração de sensores externos, como câmeras ou sensores de posição, permitindo obter feedback em tempo real durante o processo MADA. Com esses dados, é possível realizar correções e ajustes

automáticos na trajetória do robô, garantindo uma maior precisão e adaptação às variações no ambiente de fabricação.

#### **5.1.4. ANÁLISE E MONITORAMENTO DE DESEMPENHO**

Através do RoboDK, é possível coletar dados e métricas relacionadas ao desempenho do robô e do processo MADA. Essas informações podem ser utilizadas para análise de produtividade, identificação de gargalos e melhoria contínua do processo de fabricação.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*Airfoil Tools*. Disponível em: <http://www.airfoiltools.com>. Consultado em 24 de março de 2023.

FORD, S. DESPEISSE, M. Additive Manufacturing and Sustainability: An Exploratory Study of the Advantages and Challenges. **Journal of cleaner production**. 2016, Vol.137, p.1573-1587.

KUMAR, N. BHAVSAR, H. MAHESH, P.V.S. SRIVASTAVA, A. K. BORA, B. J. SAXENA, A. DIXIT, A. R. Wire Arc Additive Manufacturing – A revolutionary method in additive manufacturing. **Materials chemistry and physics**, 2022, Vol. 285, p. 126-144.

LADEIRA, Igor José Dester. Manufatura aditiva: fundamentos, tecnologias e aplicações. Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2017.

NGO, T. D. KASHANI, A. IMBALZANO, G. NGUYEN, K. T. Q. HUI, D. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. **Composites Part B: Engineering**. 2018, Vol.143, p.172-196.

ORLANDO, Gabriel Graton. Avaliação de Metodologias de Análise de Imagem para Medição de Porosidade em Peças de Alumínio Fabricadas por Manufatura Aditiva por Deposição a Arco. Universidade Federal de Uberlândia, 2022.

PAULA, R. G. ELISA, M. R. N. ELENA, G. Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) for Aluminum-Lithium Alloys: A Review. **Materials**. 2023, Vol. 16, p. 1375-1395.

SILVA, Felipe Cardoso Tavares. Avaliação de parâmetros e utilização do tempo de parada na qualidade construtiva de uma peça de alumínio fabricada por Manufatura Aditiva por Deposição a Arco. Universidade Federal de Goiás, 2023.

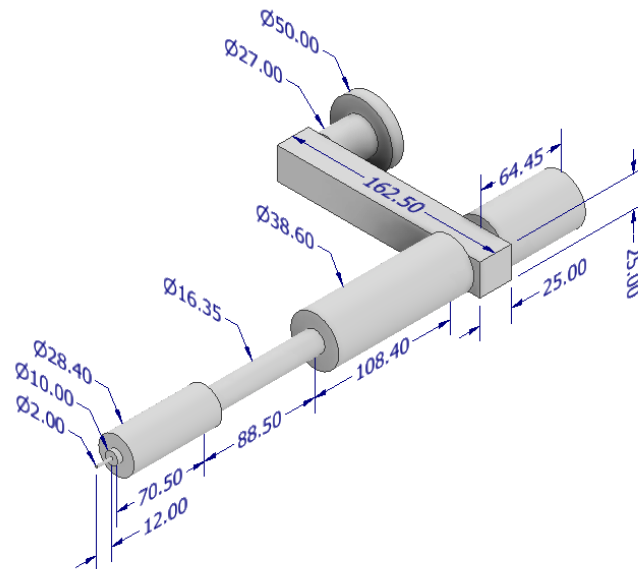
VIMAL, K. E. K. NAVEEN, M. S. SONU, R. Wire arc additive manufacturing of aluminium alloys: A review. **Materials Today: Proceedings**, 2021, Vol. 41, p. 1139-1145.

WILLIAMS, S. W. MARTINA, F. ADDISON, A. C. DING, J. PARDAL, G. COLEGROVE, P. Wire + Arc Additive Manufacturing. **Materials science and technology**. 2016, Vol. 32 (7), p.641-647.

YAN, L. CHEN, S. JIANJUN, Z. Comprehensive review of wire arc additive manufacturing: Hardware system, physical process, monitoring, property characterization, application and future prospects. **Results in Engineering**. 2022, Vol. 13, p.100330.

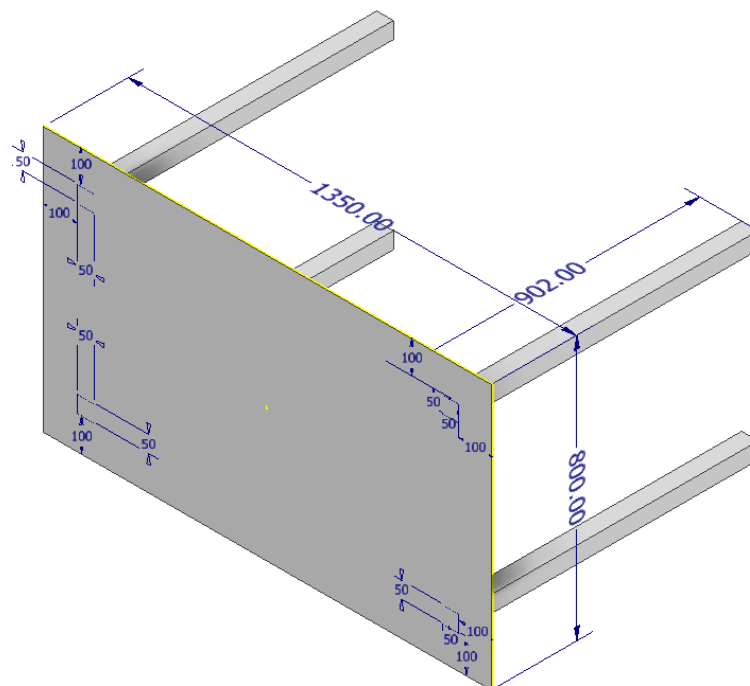
## 7. APÊNDICE A - PROJETOS DESENVOLVIDOS EM AUTOCAD INVENTOR 3D

Figura 7.1: Tocha do Robô desenvolvido no AutoCAD Inventor



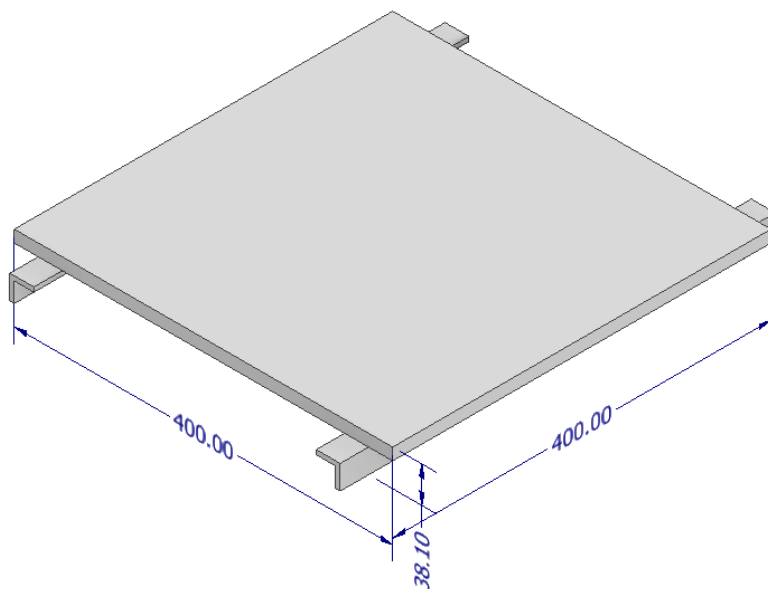
Fonte: Próprios Autores

Figura 7.2: Mesa desenvolvido no AutoCAD Inventor



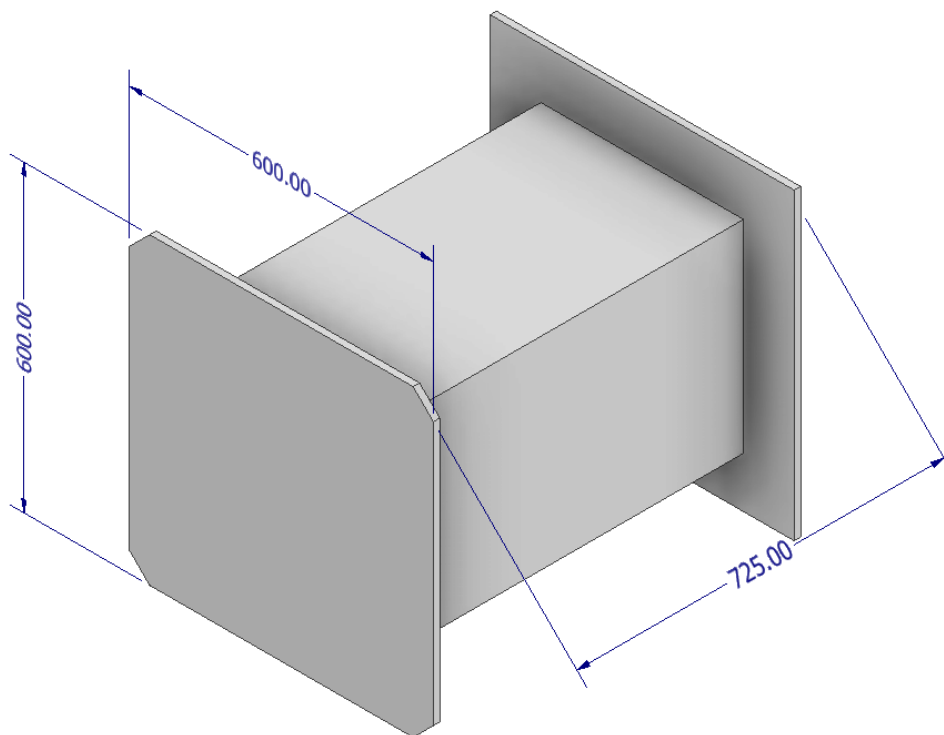
Fonte: Próprios Autores

Figura 7.3: Chapa de soldagem desenvolvido no AutoCAD Inventor



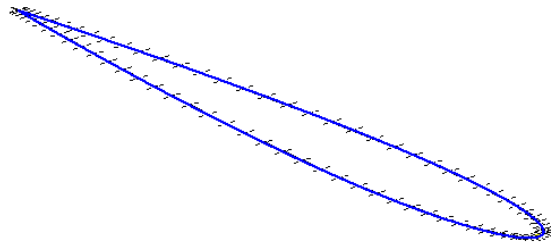
Fonte: Próprios Autores

Figura 7.4: Mesa base para o robô desenvolvido no AutoCAD Inventor



Fonte: Próprios Autores

Figura 7.5: Aerofólio NACA 4 desenvolvido no AutoCAD Inventor



Fonte: Próprios Autores

## 8. APÊNDICE B - PROGRAMAÇÕES DESENVOLVIDAS COM ROBODK

### 8.1 PROGRAMAÇÃO - Aer30:

```
/JOB
//NAME Aer30
//POS
///NPOS 215,0,0,0,0,0
///TOOL 9
///POSTYPE PULSE
///PULSE
C00000=-2911,37407,-42470,-2862,48920,-91217
C00001=-2910,37478,-42390,-2861,48902,-91218
C00002=-2910,37514,-42349,-2860,48893,-91219
C00003=-2909,37555,-42303,-2859,48882,-91219
C00004=-2909,37601,-42250,-2859,48871,-91220
C00005=-2908,37655,-42188,-2857,48857,-91221
C00006=-2907,37717,-42118,-2856,48841,-91222
C00007=-2906,37787,-42039,-2855,48824,-91224
C00008=-2905,37863,-41953,-2853,48804,-91225
C00009=-2904,37944,-41860,-2852,48783,-91227
C00010=-2901,38114,-41666,-2848,48740,-91230
C00011=-2898,38282,-41475,-2845,48697,-91233
C00012=-2897,38362,-41383,-2844,48676,-91235
C00013=-2896,38440,-41295,-2842,48657,-91237
C00014=-2894,38515,-41210,-2841,48637,-91238
C00015=-2893,38588,-41126,-2839,48619,-91240
C00016=-2890,38730,-40964,-2836,48582,-91243
C00017=-2888,38873,-40800,-2833,48545,-91246
C00018=-2885,39021,-40631,-2830,48507,-91249
C00019=-2882,39174,-40455,-2827,48467,-91253
C00020=-2878,39331,-40275,-2824,48426,-91256
```

C00021=-2872,39650,-39909,-2818,48342,-91263  
C00022=-2857,40281,-39181,-2805,48176,-91278  
C00023=-2848,40601,-38812,-2799,48091,-91285  
C00024=-2840,40924,-38437,-2792,48004,-91293  
C00025=-2821,41578,-37679,-2779,47828,-91310  
C00026=-2799,42237,-36911,-2766,47649,-91328  
C00027=-2776,42903,-36132,-2752,47466,-91346  
C00028=-2751,43573,-35346,-2738,47279,-91366  
C00029=-2723,44246,-34554,-2724,47091,-91386  
C00030=-2692,44920,-33756,-2710,46899,-91408  
C00031=-2659,45595,-32955,-2696,46706,-91431  
C00032=-2623,46269,-32153,-2682,46512,-91454  
C00033=-2584,46940,-31351,-2667,46316,-91479  
C00034=-2542,47608,-30550,-2653,46120,-91506  
C00035=-2519,47939,-30151,-2646,46022,-91519  
C00036=-2496,48270,-29754,-2639,45923,-91534  
C00037=-2472,48598,-29357,-2632,45825,-91548  
C00038=-2446,48925,-28963,-2625,45727,-91563  
C00039=-2420,49249,-28570,-2617,45630,-91578  
C00040=-2393,49571,-28180,-2610,45532,-91593  
C00041=-2364,49891,-27792,-2603,45435,-91609  
C00042=-2335,50207,-27406,-2596,45339,-91626  
C00043=-2304,50521,-27024,-2589,45243,-91643  
C00044=-2272,50831,-26646,-2582,45148,-91660  
C00045=-2239,51138,-26271,-2575,45053,-91678  
C00046=-2204,51440,-25901,-2568,44959,-91695  
C00047=-2168,51739,-25535,-2561,44867,-91714  
C00048=-2131,52032,-25174,-2554,44775,-91733  
C00049=-2093,52321,-24819,-2547,44685,-91752  
C00050=-2053,52604,-24470,-2540,44596,-91773  
C00051=-2011,52882,-24128,-2534,44508,-91794  
C00052=-1968,53153,-23792,-2527,44422,-91814  
C00053=-1923,53417,-23465,-2520,44339,-91836  
C00054=-1877,53674,-23147,-2514,44257,-91859

C00055=-1853,53800,-22991,-2510,44217,-91870  
C00056=-1828,53923,-22838,-2507,44177,-91882  
C00057=-1803,54044,-22687,-2504,44138,-91893  
C00058=-1778,54163,-22539,-2501,44100,-91905  
C00059=-1752,54279,-22395,-2497,44063,-91917  
C00060=-1726,54392,-22253,-2494,44027,-91930  
C00061=-1698,54503,-22115,-2491,43991,-91942  
C00062=-1671,54611,-21980,-2488,43956,-91955  
C00063=-1642,54715,-21849,-2485,43922,-91968  
C00064=-1613,54817,-21722,-2482,43889,-91981  
C00065=-1584,54914,-21600,-2479,43857,-91994  
C00066=-1553,55008,-21482,-2476,43827,-92008  
C00067=-1522,55098,-21369,-2473,43798,-92022  
C00068=-1489,55183,-21262,-2470,43770,-92036  
C00069=-1456,55262,-21162,-2467,43744,-92051  
C00070=-1421,55336,-21068,-2464,43719,-92066  
C00071=-1386,55404,-20982,-2461,43697,-92082  
C00072=-1349,55465,-20905,-2459,43677,-92097  
C00073=-1330,55492,-20870,-2457,43668,-92106  
C00074=-1310,55517,-20838,-2456,43659,-92114  
C00075=-1290,55539,-20809,-2455,43652,-92122  
C00076=-1270,55559,-20783,-2453,43645,-92131  
C00077=-1249,55576,-20761,-2452,43639,-92139  
C00078=-1228,55589,-20743,-2451,43635,-92148  
C00079=-1207,55600,-20729,-2450,43631,-92157  
C00080=-1186,55606,-20719,-2449,43628,-92165  
C00081=-1164,55610,-20714,-2448,43627,-92174  
C00082=-1142,55609,-20714,-2447,43627,-92183  
C00083=-1121,55604,-20718,-2446,43628,-92192  
C00084=-1100,55595,-20728,-2445,43630,-92200  
C00085=-1079,55583,-20742,-2444,43634,-92209  
C00086=-1059,55567,-20760,-2444,43639,-92216  
C00087=-1040,55548,-20783,-2443,43645,-92224  
C00088=-1021,55525,-20810,-2442,43652,-92232

C00089=-1003,55500,-20840,-2442,43659,-92239  
C00090=-986,55472,-20874,-2442,43668,-92245  
C00091=-970,55441,-20911,-2442,43678,-92251  
C00092=-955,55408,-20951,-2441,43688,-92258  
C00093=-940,55373,-20993,-2441,43699,-92263  
C00094=-925,55337,-21038,-2441,43711,-92268  
C00095=-899,55258,-21133,-2441,43735,-92278  
C00096=-874,55174,-21236,-2442,43762,-92287  
C00097=-852,55084,-21346,-2442,43790,-92295  
C00098=-831,54989,-21462,-2443,43820,-92302  
C00099=-812,54890,-21584,-2443,43852,-92308  
C00100=-795,54787,-21709,-2444,43884,-92314  
C00101=-779,54681,-21840,-2445,43918,-92319  
C00102=-764,54571,-21975,-2447,43953,-92324  
C00103=-750,54458,-22113,-2448,43988,-92328  
C00104=-738,54343,-22255,-2449,44025,-92332  
C00105=-726,54225,-22400,-2451,44062,-92335  
C00106=-716,54104,-22548,-2452,44101,-92338  
C00107=-707,53981,-22699,-2454,44139,-92340  
C00108=-698,53855,-22853,-2455,44179,-92342  
C00109=-690,53728,-23009,-2457,44219,-92343  
C00110=-684,53599,-23168,-2459,44260,-92344  
C00111=-678,53467,-23329,-2461,44301,-92345  
C00112=-673,53334,-23492,-2463,44343,-92345  
C00113=-668,53200,-23657,-2465,44385,-92345  
C00114=-662,52925,-23993,-2470,44471,-92345  
C00115=-658,52645,-24336,-2474,44559,-92343  
C00116=-657,52359,-24686,-2479,44648,-92339  
C00117=-659,52068,-25042,-2484,44739,-92335  
C00118=-663,51773,-25403,-2489,44830,-92329  
C00119=-669,51473,-25768,-2495,44923,-92323  
C00120=-678,51170,-26138,-2500,45016,-92315  
C00121=-689,50863,-26512,-2506,45111,-92307  
C00122=-702,50553,-26889,-2512,45206,-92298

C00123=-717,50240,-27270,-2518,45301,-92288  
C00124=-734,49924,-27653,-2525,45398,-92276  
C00125=-752,49606,-28039,-2531,45494,-92265  
C00126=-773,49286,-28428,-2538,45591,-92252  
C00127=-796,48963,-28818,-2544,45688,-92239  
C00128=-820,48639,-29210,-2551,45785,-92224  
C00129=-845,48313,-29603,-2558,45883,-92210  
C00130=-873,47986,-29997,-2565,45980,-92194  
C00131=-902,47658,-30393,-2573,46078,-92178  
C00132=-932,47328,-30789,-2580,46175,-92161  
C00133=-964,46998,-31186,-2587,46272,-92144  
C00134=-1031,46335,-31979,-2603,46466,-92108  
C00135=-1104,45671,-32773,-2618,46659,-92069  
C00136=-1181,45007,-33564,-2634,46850,-92029  
C00137=-1262,44343,-34352,-2650,47039,-91987  
C00138=-1347,43683,-35134,-2666,47226,-91943  
C00139=-1435,43025,-35911,-2683,47410,-91898  
C00140=-1526,42372,-36679,-2699,47591,-91852  
C00141=-1620,41725,-37437,-2716,47769,-91805  
C00142=-1717,41086,-38185,-2732,47943,-91757  
C00143=-1766,40769,-38554,-2741,48029,-91733  
C00144=-1815,40455,-38920,-2749,48113,-91708  
C00145=-1865,40143,-39282,-2757,48197,-91684  
C00146=-1915,39835,-39640,-2766,48279,-91659  
C00147=-1965,39529,-39995,-2774,48360,-91634  
C00148=-2016,39225,-40346,-2782,48440,-91609  
C00149=-2067,38925,-40692,-2790,48519,-91584  
C00150=-2117,38631,-41031,-2798,48595,-91560  
C00151=-2219,38052,-41697,-2814,48745,-91510  
C00152=-2271,37762,-42030,-2823,48820,-91485  
C00153=-2296,37621,-42192,-2827,48856,-91473  
C00154=-2321,37487,-42345,-2830,48891,-91461  
C00155=-2344,37361,-42490,-2834,48923,-91450  
C00156=-2366,37241,-42626,-2837,48953,-91439

C00157=-2409,37012,-42889,-2844,49011,-91418  
C00158=-2435,36744,-43193,-2850,49079,-91403  
C00159=-2465,36480,-43493,-2857,49145,-91388  
C00160=-2496,36221,-43786,-2863,49209,-91372  
C00161=-2513,36095,-43929,-2866,49241,-91363  
C00162=-2530,35971,-44069,-2870,49272,-91355  
C00163=-2547,35850,-44206,-2873,49302,-91346  
C00164=-2565,35732,-44339,-2876,49331,-91337  
C00165=-2584,35618,-44469,-2879,49359,-91328  
C00166=-2602,35507,-44594,-2882,49386,-91319  
C00167=-2621,35400,-44715,-2885,49412,-91309  
C00168=-2640,35298,-44830,-2888,49438,-91300  
C00169=-2659,35200,-44941,-2891,49462,-91291  
C00170=-2678,35107,-45046,-2893,49484,-91282  
C00171=-2697,35019,-45146,-2896,49506,-91273  
C00172=-2716,34936,-45239,-2899,49526,-91264  
C00173=-2735,34859,-45327,-2901,49545,-91255  
C00174=-2754,34787,-45408,-2903,49563,-91246  
C00175=-2773,34721,-45482,-2906,49579,-91238  
C00176=-2792,34662,-45549,-2908,49593,-91229  
C00177=-2810,34608,-45610,-2910,49606,-91221  
C00178=-2828,34561,-45663,-2912,49618,-91213  
C00179=-2845,34521,-45709,-2913,49628,-91205  
C00180=-2862,34487,-45748,-2915,49636,-91198  
C00181=-2879,34460,-45779,-2916,49643,-91191  
C00182=-2895,34439,-45803,-2917,49648,-91184  
C00183=-2911,34425,-45819,-2918,49651,-91177  
C00184=-2925,34418,-45828,-2919,49653,-91171  
C00185=-2940,34418,-45829,-2920,49653,-91165  
C00186=-2953,34425,-45822,-2921,49652,-91160  
C00187=-2966,34439,-45808,-2921,49649,-91154  
C00188=-2978,34459,-45786,-2921,49644,-91150  
C00189=-2989,34486,-45756,-2921,49638,-91145  
C00190=-2999,34520,-45719,-2921,49630,-91142

C00191=-3009,34561,-45674,-2921,49620,-91138  
C00192=-3017,34608,-45623,-2921,49609,-91136  
C00193=-3025,34661,-45564,-2920,49597,-91133  
C00194=-3032,34720,-45498,-2919,49583,-91131  
C00195=-3038,34786,-45425,-2918,49567,-91129  
C00196=-3043,34857,-45346,-2917,49550,-91128  
C00197=-3046,34934,-45260,-2916,49531,-91128  
C00198=-3049,35017,-45168,-2915,49512,-91128  
C00199=-3051,35105,-45070,-2913,49490,-91128  
C00200=-3052,35198,-44966,-2911,49468,-91129  
C00201=-3052,35295,-44857,-2909,49444,-91130  
C00202=-3051,35398,-44742,-2908,49419,-91132  
C00203=-3049,35504,-44623,-2905,49393,-91135  
C00204=-3046,35615,-44499,-2903,49367,-91137  
C00205=-3042,35729,-44370,-2901,49339,-91140  
C00206=-3037,35847,-44238,-2898,49310,-91144  
C00207=-3031,35967,-44102,-2896,49280,-91148  
C00208=-3024,36091,-43963,-2893,49249,-91153  
C00209=-3016,36217,-43821,-2890,49218,-91157  
C00210=-3008,36345,-43676,-2887,49186,-91163  
C00211=-2988,36607,-43380,-2881,49121,-91174  
C00212=-2965,36873,-43078,-2875,49055,-91187  
C00213=-2939,37141,-42774,-2869,48987,-91201  
C00214=-2911,37407,-42470,-2862,48920,-91217

//INST

///DATE 2023/04/18 09:48

///COMM Generated using RoboDK

///ATTR SC,RW

///GROUP1 RB1

NOP

'Program generated by RoboDK v

'5.4.1 for Motoman HP20D on 18

'/04/2023 09:48:32

'Using nominal kinematics.

'Using Frame Pe?a (targets wrt  
' base):

'977.5,-10.7,-272.1,1.5,-2.8,5

'.8

'Tool tocha should be close to

':

'135.4,2.9,344.9,0.0,0.0,0.0

'Show tocha

MOVL C00000 V=5.0 PL=1

MOVL C00001 V=5.0 PL=1

MOVL C00002 V=5.0 PL=1

MOVL C00003 V=5.0 PL=1

MOVL C00004 V=5.0 PL=1

MOVL C00005 V=5.0 PL=1

MOVL C00006 V=5.0 PL=1

MOVL C00007 V=5.0 PL=1

MOVL C00008 V=5.0 PL=1

MOVL C00009 V=5.0 PL=1

MOVL C00010 V=5.0 PL=1

MOVL C00011 V=5.0 PL=1

MOVL C00012 V=5.0 PL=1

MOVL C00013 V=5.0 PL=1

MOVL C00014 V=5.0 PL=1

MOVL C00015 V=5.0 PL=1

MOVL C00016 V=5.0 PL=1

MOVL C00017 V=5.0 PL=1

MOVL C00018 V=5.0 PL=1

MOVL C00019 V=5.0 PL=1

MOVL C00020 V=5.0 PL=1

MOVL C00021 V=5.0 PL=1

MOVL C00022 V=5.0 PL=1

MOVL C00023 V=5.0 PL=1

MOVL C00024 V=5.0 PL=1

MOVL C00025 V=5.0 PL=1

MOVL C00026 V=5.0 PL=1  
MOVL C00027 V=5.0 PL=1  
MOVL C00028 V=5.0 PL=1  
MOVL C00029 V=5.0 PL=1  
MOVL C00030 V=5.0 PL=1  
MOVL C00031 V=5.0 PL=1  
MOVL C00032 V=5.0 PL=1  
MOVL C00033 V=5.0 PL=1  
MOVL C00034 V=5.0 PL=1  
MOVL C00035 V=5.0 PL=1  
MOVL C00036 V=5.0 PL=1  
MOVL C00037 V=5.0 PL=1  
MOVL C00038 V=5.0 PL=1  
MOVL C00039 V=5.0 PL=1  
MOVL C00040 V=5.0 PL=1  
MOVL C00041 V=5.0 PL=1  
MOVL C00042 V=5.0 PL=1  
MOVL C00043 V=5.0 PL=1  
MOVL C00044 V=5.0 PL=1  
MOVL C00045 V=5.0 PL=1  
MOVL C00046 V=5.0 PL=1  
MOVL C00047 V=5.0 PL=1  
MOVL C00048 V=5.0 PL=1  
MOVL C00049 V=5.0 PL=1  
MOVL C00050 V=5.0 PL=1  
MOVL C00051 V=5.0 PL=1  
MOVL C00052 V=5.0 PL=1  
MOVL C00053 V=5.0 PL=1  
MOVL C00054 V=5.0 PL=1  
MOVL C00055 V=5.0 PL=1  
MOVL C00056 V=5.0 PL=1  
MOVL C00057 V=5.0 PL=1  
MOVL C00058 V=5.0 PL=1  
MOVL C00059 V=5.0 PL=1

MOVL C00060 V=5.0 PL=1  
MOVL C00061 V=5.0 PL=1  
MOVL C00062 V=5.0 PL=1  
MOVL C00063 V=5.0 PL=1  
MOVL C00064 V=5.0 PL=1  
MOVL C00065 V=5.0 PL=1  
MOVL C00066 V=5.0 PL=1  
MOVL C00067 V=5.0 PL=1  
MOVL C00068 V=5.0 PL=1  
MOVL C00069 V=5.0 PL=1  
MOVL C00070 V=5.0 PL=1  
MOVL C00071 V=5.0 PL=1  
MOVL C00072 V=5.0 PL=1  
MOVL C00073 V=5.0 PL=1  
MOVL C00074 V=5.0 PL=1  
MOVL C00075 V=5.0 PL=1  
MOVL C00076 V=5.0 PL=1  
MOVL C00077 V=5.0 PL=1  
MOVL C00078 V=5.0 PL=1  
MOVL C00079 V=5.0 PL=1  
MOVL C00080 V=5.0 PL=1  
MOVL C00081 V=5.0 PL=1  
MOVL C00082 V=5.0 PL=1  
MOVL C00083 V=5.0 PL=1  
MOVL C00084 V=5.0 PL=1  
MOVL C00085 V=5.0 PL=1  
MOVL C00086 V=5.0 PL=1  
MOVL C00087 V=5.0 PL=1  
MOVL C00088 V=5.0 PL=1  
MOVL C00089 V=5.0 PL=1  
MOVL C00090 V=5.0 PL=1  
MOVL C00091 V=5.0 PL=1  
MOVL C00092 V=5.0 PL=1  
MOVL C00093 V=5.0 PL=1

MOVL C00094 V=5.0 PL=1  
MOVL C00095 V=5.0 PL=1  
MOVL C00096 V=5.0 PL=1  
MOVL C00097 V=5.0 PL=1  
MOVL C00098 V=5.0 PL=1  
MOVL C00099 V=5.0 PL=1  
MOVL C00100 V=5.0 PL=1  
MOVL C00101 V=5.0 PL=1  
MOVL C00102 V=5.0 PL=1  
MOVL C00103 V=5.0 PL=1  
MOVL C00104 V=5.0 PL=1  
MOVL C00105 V=5.0 PL=1  
MOVL C00106 V=5.0 PL=1  
MOVL C00107 V=5.0 PL=1  
MOVL C00108 V=5.0 PL=1  
MOVL C00109 V=5.0 PL=1  
MOVL C00110 V=5.0 PL=1  
MOVL C00111 V=5.0 PL=1  
MOVL C00112 V=5.0 PL=1  
MOVL C00113 V=5.0 PL=1  
MOVL C00114 V=5.0 PL=1  
MOVL C00115 V=5.0 PL=1  
MOVL C00116 V=5.0 PL=1  
MOVL C00117 V=5.0 PL=1  
MOVL C00118 V=5.0 PL=1  
MOVL C00119 V=5.0 PL=1  
MOVL C00120 V=5.0 PL=1  
MOVL C00121 V=5.0 PL=1  
MOVL C00122 V=5.0 PL=1  
MOVL C00123 V=5.0 PL=1  
MOVL C00124 V=5.0 PL=1  
MOVL C00125 V=5.0 PL=1  
MOVL C00126 V=5.0 PL=1  
MOVL C00127 V=5.0 PL=1

MOVL C00128 V=5.0 PL=1  
MOVL C00129 V=5.0 PL=1  
MOVL C00130 V=5.0 PL=1  
MOVL C00131 V=5.0 PL=1  
MOVL C00132 V=5.0 PL=1  
MOVL C00133 V=5.0 PL=1  
MOVL C00134 V=5.0 PL=1  
MOVL C00135 V=5.0 PL=1  
MOVL C00136 V=5.0 PL=1  
MOVL C00137 V=5.0 PL=1  
MOVL C00138 V=5.0 PL=1  
MOVL C00139 V=5.0 PL=1  
MOVL C00140 V=5.0 PL=1  
MOVL C00141 V=5.0 PL=1  
MOVL C00142 V=5.0 PL=1  
MOVL C00143 V=5.0 PL=1  
MOVL C00144 V=5.0 PL=1  
MOVL C00145 V=5.0 PL=1  
MOVL C00146 V=5.0 PL=1  
MOVL C00147 V=5.0 PL=1  
MOVL C00148 V=5.0 PL=1  
MOVL C00149 V=5.0 PL=1  
MOVL C00150 V=5.0 PL=1  
MOVL C00151 V=5.0 PL=1  
MOVL C00152 V=5.0 PL=1  
MOVL C00153 V=5.0 PL=1  
MOVL C00154 V=5.0 PL=1  
MOVL C00155 V=5.0 PL=1  
MOVL C00156 V=5.0 PL=1  
MOVL C00157 V=5.0 PL=1  
MOVL C00158 V=5.0 PL=1  
MOVL C00159 V=5.0 PL=1  
MOVL C00160 V=5.0 PL=1  
MOVL C00161 V=5.0 PL=1

MOVL C00162 V=5.0 PL=1  
MOVL C00163 V=5.0 PL=1  
MOVL C00164 V=5.0 PL=1  
MOVL C00165 V=5.0 PL=1  
MOVL C00166 V=5.0 PL=1  
MOVL C00167 V=5.0 PL=1  
MOVL C00168 V=5.0 PL=1  
MOVL C00169 V=5.0 PL=1  
MOVL C00170 V=5.0 PL=1  
MOVL C00171 V=5.0 PL=1  
MOVL C00172 V=5.0 PL=1  
MOVL C00173 V=5.0 PL=1  
MOVL C00174 V=5.0 PL=1  
MOVL C00175 V=5.0 PL=1  
MOVL C00176 V=5.0 PL=1  
MOVL C00177 V=5.0 PL=1  
MOVL C00178 V=5.0 PL=1  
MOVL C00179 V=5.0 PL=1  
MOVL C00180 V=5.0 PL=1  
MOVL C00181 V=5.0 PL=1  
MOVL C00182 V=5.0 PL=1  
MOVL C00183 V=5.0 PL=1  
MOVL C00184 V=5.0 PL=1  
MOVL C00185 V=5.0 PL=1  
MOVL C00186 V=5.0 PL=1  
MOVL C00187 V=5.0 PL=1  
MOVL C00188 V=5.0 PL=1  
MOVL C00189 V=5.0 PL=1  
MOVL C00190 V=5.0 PL=1  
MOVL C00191 V=5.0 PL=1  
MOVL C00192 V=5.0 PL=1  
MOVL C00193 V=5.0 PL=1  
MOVL C00194 V=5.0 PL=1  
MOVL C00195 V=5.0 PL=1

```
MOVL C00196 V=5.0 PL=1
MOVL C00197 V=5.0 PL=1
MOVL C00198 V=5.0 PL=1
MOVL C00199 V=5.0 PL=1
MOVL C00200 V=5.0 PL=1
MOVL C00201 V=5.0 PL=1
MOVL C00202 V=5.0 PL=1
MOVL C00203 V=5.0 PL=1
MOVL C00204 V=5.0 PL=1
MOVL C00205 V=5.0 PL=1
MOVL C00206 V=5.0 PL=1
MOVL C00207 V=5.0 PL=1
MOVL C00208 V=5.0 PL=1
MOVL C00209 V=5.0 PL=1
MOVL C00210 V=5.0 PL=1
MOVL C00211 V=5.0 PL=1
MOVL C00212 V=5.0 PL=1
MOVL C00213 V=5.0 PL=1
MOVL C00214 V=5.0 PL=1
END
```

## **8.2 PROGRAMAÇÃO - Aer120:**

```
/JOB
//NAME Aer120
//POS
///NPOS 215,0,0,0,0,0
///TOOL 9
///POSTYPE PULSE
///PULSE
C00000=-2911,37407,-42470,-2862,48920,-91217
C00001=-2910,37478,-42390,-2861,48902,-91218
C00002=-2910,37514,-42349,-2860,48893,-91219
C00003=-2909,37555,-42303,-2859,48882,-91219
```

C00004=-2909,37601,-42250,-2859,48871,-91220  
C00005=-2908,37655,-42188,-2857,48857,-91221  
C00006=-2907,37717,-42118,-2856,48841,-91222  
C00007=-2906,37787,-42039,-2855,48824,-91224  
C00008=-2905,37863,-41953,-2853,48804,-91225  
C00009=-2904,37944,-41860,-2852,48783,-91227  
C00010=-2901,38114,-41666,-2848,48740,-91230  
C00011=-2898,38282,-41475,-2845,48697,-91233  
C00012=-2897,38362,-41383,-2844,48676,-91235  
C00013=-2896,38440,-41295,-2842,48657,-91237  
C00014=-2894,38515,-41210,-2841,48637,-91238  
C00015=-2893,38588,-41126,-2839,48619,-91240  
C00016=-2890,38730,-40964,-2836,48582,-91243  
C00017=-2888,38873,-40800,-2833,48545,-91246  
C00018=-2885,39021,-40631,-2830,48507,-91249  
C00019=-2882,39174,-40455,-2827,48467,-91253  
C00020=-2878,39331,-40275,-2824,48426,-91256  
C00021=-2872,39650,-39909,-2818,48342,-91263  
C00022=-2857,40281,-39181,-2805,48176,-91278  
C00023=-2848,40601,-38812,-2799,48091,-91285  
C00024=-2840,40924,-38437,-2792,48004,-91293  
C00025=-2821,41578,-37679,-2779,47828,-91310  
C00026=-2799,42237,-36911,-2766,47649,-91328  
C00027=-2776,42903,-36132,-2752,47466,-91346  
C00028=-2751,43573,-35346,-2738,47279,-91366  
C00029=-2723,44246,-34554,-2724,47091,-91386  
C00030=-2692,44920,-33756,-2710,46899,-91408  
C00031=-2659,45595,-32955,-2696,46706,-91431  
C00032=-2623,46269,-32153,-2682,46512,-91454  
C00033=-2584,46940,-31351,-2667,46316,-91479  
C00034=-2542,47608,-30550,-2653,46120,-91506  
C00035=-2519,47939,-30151,-2646,46022,-91519  
C00036=-2496,48270,-29754,-2639,45923,-91534  
C00037=-2472,48598,-29357,-2632,45825,-91548

C00038=-2446,48925,-28963,-2625,45727,-91563  
C00039=-2420,49249,-28570,-2617,45630,-91578  
C00040=-2393,49571,-28180,-2610,45532,-91593  
C00041=-2364,49891,-27792,-2603,45435,-91609  
C00042=-2335,50207,-27406,-2596,45339,-91626  
C00043=-2304,50521,-27024,-2589,45243,-91643  
C00044=-2272,50831,-26646,-2582,45148,-91660  
C00045=-2239,51138,-26271,-2575,45053,-91678  
C00046=-2204,51440,-25901,-2568,44959,-91695  
C00047=-2168,51739,-25535,-2561,44867,-91714  
C00048=-2131,52032,-25174,-2554,44775,-91733  
C00049=-2093,52321,-24819,-2547,44685,-91752  
C00050=-2053,52604,-24470,-2540,44596,-91773  
C00051=-2011,52882,-24128,-2534,44508,-91794  
C00052=-1968,53153,-23792,-2527,44422,-91814  
C00053=-1923,53417,-23465,-2520,44339,-91836  
C00054=-1877,53674,-23147,-2514,44257,-91859  
C00055=-1853,53800,-22991,-2510,44217,-91870  
C00056=-1828,53923,-22838,-2507,44177,-91882  
C00057=-1803,54044,-22687,-2504,44138,-91893  
C00058=-1778,54163,-22539,-2501,44100,-91905  
C00059=-1752,54279,-22395,-2497,44063,-91917  
C00060=-1726,54392,-22253,-2494,44027,-91930  
C00061=-1698,54503,-22115,-2491,43991,-91942  
C00062=-1671,54611,-21980,-2488,43956,-91955  
C00063=-1642,54715,-21849,-2485,43922,-91968  
C00064=-1613,54817,-21722,-2482,43889,-91981  
C00065=-1584,54914,-21600,-2479,43857,-91994  
C00066=-1553,55008,-21482,-2476,43827,-92008  
C00067=-1522,55098,-21369,-2473,43798,-92022  
C00068=-1489,55183,-21262,-2470,43770,-92036  
C00069=-1456,55262,-21162,-2467,43744,-92051  
C00070=-1421,55336,-21068,-2464,43719,-92066  
C00071=-1386,55404,-20982,-2461,43697,-92082

C00072=-1349,55465,-20905,-2459,43677,-92097  
C00073=-1330,55492,-20870,-2457,43668,-92106  
C00074=-1310,55517,-20838,-2456,43659,-92114  
C00075=-1290,55539,-20809,-2455,43652,-92122  
C00076=-1270,55559,-20783,-2453,43645,-92131  
C00077=-1249,55576,-20761,-2452,43639,-92139  
C00078=-1228,55589,-20743,-2451,43635,-92148  
C00079=-1207,55600,-20729,-2450,43631,-92157  
C00080=-1186,55606,-20719,-2449,43628,-92165  
C00081=-1164,55610,-20714,-2448,43627,-92174  
C00082=-1142,55609,-20714,-2447,43627,-92183  
C00083=-1121,55604,-20718,-2446,43628,-92192  
C00084=-1100,55595,-20728,-2445,43630,-92200  
C00085=-1079,55583,-20742,-2444,43634,-92209  
C00086=-1059,55567,-20760,-2444,43639,-92216  
C00087=-1040,55548,-20783,-2443,43645,-92224  
C00088=-1021,55525,-20810,-2442,43652,-92232  
C00089=-1003,55500,-20840,-2442,43659,-92239  
C00090=-986,55472,-20874,-2442,43668,-92245  
C00091=-970,55441,-20911,-2442,43678,-92251  
C00092=-955,55408,-20951,-2441,43688,-92258  
C00093=-940,55373,-20993,-2441,43699,-92263  
C00094=-925,55337,-21038,-2441,43711,-92268  
C00095=-899,55258,-21133,-2441,43735,-92278  
C00096=-874,55174,-21236,-2442,43762,-92287  
C00097=-852,55084,-21346,-2442,43790,-92295  
C00098=-831,54989,-21462,-2443,43820,-92302  
C00099=-812,54890,-21584,-2443,43852,-92308  
C00100=-795,54787,-21709,-2444,43884,-92314  
C00101=-779,54681,-21840,-2445,43918,-92319  
C00102=-764,54571,-21975,-2447,43953,-92324  
C00103=-750,54458,-22113,-2448,43988,-92328  
C00104=-738,54343,-22255,-2449,44025,-92332  
C00105=-726,54225,-22400,-2451,44062,-92335

C00106=-716,54104,-22548,-2452,44101,-92338  
C00107=-707,53981,-22699,-2454,44139,-92340  
C00108=-698,53855,-22853,-2455,44179,-92342  
C00109=-690,53728,-23009,-2457,44219,-92343  
C00110=-684,53599,-23168,-2459,44260,-92344  
C00111=-678,53467,-23329,-2461,44301,-92345  
C00112=-673,53334,-23492,-2463,44343,-92345  
C00113=-668,53200,-23657,-2465,44385,-92345  
C00114=-662,52925,-23993,-2470,44471,-92345  
C00115=-658,52645,-24336,-2474,44559,-92343  
C00116=-657,52359,-24686,-2479,44648,-92339  
C00117=-659,52068,-25042,-2484,44739,-92335  
C00118=-663,51773,-25403,-2489,44830,-92329  
C00119=-669,51473,-25768,-2495,44923,-92323  
C00120=-678,51170,-26138,-2500,45016,-92315  
C00121=-689,50863,-26512,-2506,45111,-92307  
C00122=-702,50553,-26889,-2512,45206,-92298  
C00123=-717,50240,-27270,-2518,45301,-92288  
C00124=-734,49924,-27653,-2525,45398,-92276  
C00125=-752,49606,-28039,-2531,45494,-92265  
C00126=-773,49286,-28428,-2538,45591,-92252  
C00127=-796,48963,-28818,-2544,45688,-92239  
C00128=-820,48639,-29210,-2551,45785,-92224  
C00129=-845,48313,-29603,-2558,45883,-92210  
C00130=-873,47986,-29997,-2565,45980,-92194  
C00131=-902,47658,-30393,-2573,46078,-92178  
C00132=-932,47328,-30789,-2580,46175,-92161  
C00133=-964,46998,-31186,-2587,46272,-92144  
C00134=-1031,46335,-31979,-2603,46466,-92108  
C00135=-1104,45671,-32773,-2618,46659,-92069  
C00136=-1181,45007,-33564,-2634,46850,-92029  
C00137=-1262,44343,-34352,-2650,47039,-91987  
C00138=-1347,43683,-35134,-2666,47226,-91943  
C00139=-1435,43025,-35911,-2683,47410,-91898

C00140=-1526,42372,-36679,-2699,47591,-91852  
C00141=-1620,41725,-37437,-2716,47769,-91805  
C00142=-1717,41086,-38185,-2732,47943,-91757  
C00143=-1766,40769,-38554,-2741,48029,-91733  
C00144=-1815,40455,-38920,-2749,48113,-91708  
C00145=-1865,40143,-39282,-2757,48197,-91684  
C00146=-1915,39835,-39640,-2766,48279,-91659  
C00147=-1965,39529,-39995,-2774,48360,-91634  
C00148=-2016,39225,-40346,-2782,48440,-91609  
C00149=-2067,38925,-40692,-2790,48519,-91584  
C00150=-2117,38631,-41031,-2798,48595,-91560  
C00151=-2219,38052,-41697,-2814,48745,-91510  
C00152=-2271,37762,-42030,-2823,48820,-91485  
C00153=-2296,37621,-42192,-2827,48856,-91473  
C00154=-2321,37487,-42345,-2830,48891,-91461  
C00155=-2344,37361,-42490,-2834,48923,-91450  
C00156=-2366,37241,-42626,-2837,48953,-91439  
C00157=-2409,37012,-42889,-2844,49011,-91418  
C00158=-2435,36744,-43193,-2850,49079,-91403  
C00159=-2465,36480,-43493,-2857,49145,-91388  
C00160=-2496,36221,-43786,-2863,49209,-91372  
C00161=-2513,36095,-43929,-2866,49241,-91363  
C00162=-2530,35971,-44069,-2870,49272,-91355  
C00163=-2547,35850,-44206,-2873,49302,-91346  
C00164=-2565,35732,-44339,-2876,49331,-91337  
C00165=-2584,35618,-44469,-2879,49359,-91328  
C00166=-2602,35507,-44594,-2882,49386,-91319  
C00167=-2621,35400,-44715,-2885,49412,-91309  
C00168=-2640,35298,-44830,-2888,49438,-91300  
C00169=-2659,35200,-44941,-2891,49462,-91291  
C00170=-2678,35107,-45046,-2893,49484,-91282  
C00171=-2697,35019,-45146,-2896,49506,-91273  
C00172=-2716,34936,-45239,-2899,49526,-91264  
C00173=-2735,34859,-45327,-2901,49545,-91255

C00174=-2754,34787,-45408,-2903,49563,-91246  
C00175=-2773,34721,-45482,-2906,49579,-91238  
C00176=-2792,34662,-45549,-2908,49593,-91229  
C00177=-2810,34608,-45610,-2910,49606,-91221  
C00178=-2828,34561,-45663,-2912,49618,-91213  
C00179=-2845,34521,-45709,-2913,49628,-91205  
C00180=-2862,34487,-45748,-2915,49636,-91198  
C00181=-2879,34460,-45779,-2916,49643,-91191  
C00182=-2895,34439,-45803,-2917,49648,-91184  
C00183=-2911,34425,-45819,-2918,49651,-91177  
C00184=-2925,34418,-45828,-2919,49653,-91171  
C00185=-2940,34418,-45829,-2920,49653,-91165  
C00186=-2953,34425,-45822,-2921,49652,-91160  
C00187=-2966,34439,-45808,-2921,49649,-91154  
C00188=-2978,34459,-45786,-2921,49644,-91150  
C00189=-2989,34486,-45756,-2921,49638,-91145  
C00190=-2999,34520,-45719,-2921,49630,-91142  
C00191=-3009,34561,-45674,-2921,49620,-91138  
C00192=-3017,34608,-45623,-2921,49609,-91136  
C00193=-3025,34661,-45564,-2920,49597,-91133  
C00194=-3032,34720,-45498,-2919,49583,-91131  
C00195=-3038,34786,-45425,-2918,49567,-91129  
C00196=-3043,34857,-45346,-2917,49550,-91128  
C00197=-3046,34934,-45260,-2916,49531,-91128  
C00198=-3049,35017,-45168,-2915,49512,-91128  
C00199=-3051,35105,-45070,-2913,49490,-91128  
C00200=-3052,35198,-44966,-2911,49468,-91129  
C00201=-3052,35295,-44857,-2909,49444,-91130  
C00202=-3051,35398,-44742,-2908,49419,-91132  
C00203=-3049,35504,-44623,-2905,49393,-91135  
C00204=-3046,35615,-44499,-2903,49367,-91137  
C00205=-3042,35729,-44370,-2901,49339,-91140  
C00206=-3037,35847,-44238,-2898,49310,-91144  
C00207=-3031,35967,-44102,-2896,49280,-91148

```
C00208=-3024,36091,-43963,-2893,49249,-91153
C00209=-3016,36217,-43821,-2890,49218,-91157
C00210=-3008,36345,-43676,-2887,49186,-91163
C00211=-2988,36607,-43380,-2881,49121,-91174
C00212=-2965,36873,-43078,-2875,49055,-91187
C00213=-2939,37141,-42774,-2869,48987,-91201
C00214=-2911,37407,-42470,-2862,48920,-91217
//INST
///DATE 2023/04/18 09:50
///COMM Generated using RoboDK
///ATTR SC,RW
///GROUP1 RB1
NOP
'Program generated by RoboDK v
'5.4.1 for Motoman HP20D on 18
'/04/2023 09:50:47
'Using nominal kinematics.
'Using Frame Pe?a (targets wrt
' base):
'977.5,-10.7,-272.1,1.5,-2.8,5
'.8
'Tool tocha should be close to
':
'135.4,2.9,344.9,0.0,0.0,0.0
'Show tocha
MOVL C00000 V=20.0 PL=1
MOVL C00001 V=20.0 PL=1
MOVL C00002 V=20.0 PL=1
MOVL C00003 V=20.0 PL=1
MOVL C00004 V=20.0 PL=1
MOVL C00005 V=20.0 PL=1
MOVL C00006 V=20.0 PL=1
MOVL C00007 V=20.0 PL=1
MOVL C00008 V=20.0 PL=1
```

MOVL C00009 V=20.0 PL=1  
MOVL C00010 V=20.0 PL=1  
MOVL C00011 V=20.0 PL=1  
MOVL C00012 V=20.0 PL=1  
MOVL C00013 V=20.0 PL=1  
MOVL C00014 V=20.0 PL=1  
MOVL C00015 V=20.0 PL=1  
MOVL C00016 V=20.0 PL=1  
MOVL C00017 V=20.0 PL=1  
MOVL C00018 V=20.0 PL=1  
MOVL C00019 V=20.0 PL=1  
MOVL C00020 V=20.0 PL=1  
MOVL C00021 V=20.0 PL=1  
MOVL C00022 V=20.0 PL=1  
MOVL C00023 V=20.0 PL=1  
MOVL C00024 V=20.0 PL=1  
MOVL C00025 V=20.0 PL=1  
MOVL C00026 V=20.0 PL=1  
MOVL C00027 V=20.0 PL=1  
MOVL C00028 V=20.0 PL=1  
MOVL C00029 V=20.0 PL=1  
MOVL C00030 V=20.0 PL=1  
MOVL C00031 V=20.0 PL=1  
MOVL C00032 V=20.0 PL=1  
MOVL C00033 V=20.0 PL=1  
MOVL C00034 V=20.0 PL=1  
MOVL C00035 V=20.0 PL=1  
MOVL C00036 V=20.0 PL=1  
MOVL C00037 V=20.0 PL=1  
MOVL C00038 V=20.0 PL=1  
MOVL C00039 V=20.0 PL=1  
MOVL C00040 V=20.0 PL=1  
MOVL C00041 V=20.0 PL=1  
MOVL C00042 V=20.0 PL=1

MOVL C00043 V=20.0 PL=1  
MOVL C00044 V=20.0 PL=1  
MOVL C00045 V=20.0 PL=1  
MOVL C00046 V=20.0 PL=1  
MOVL C00047 V=20.0 PL=1  
MOVL C00048 V=20.0 PL=1  
MOVL C00049 V=20.0 PL=1  
MOVL C00050 V=20.0 PL=1  
MOVL C00051 V=20.0 PL=1  
MOVL C00052 V=20.0 PL=1  
MOVL C00053 V=20.0 PL=1  
MOVL C00054 V=20.0 PL=1  
MOVL C00055 V=20.0 PL=1  
MOVL C00056 V=20.0 PL=1  
MOVL C00057 V=20.0 PL=1  
MOVL C00058 V=20.0 PL=1  
MOVL C00059 V=20.0 PL=1  
MOVL C00060 V=20.0 PL=1  
MOVL C00061 V=20.0 PL=1  
MOVL C00062 V=20.0 PL=1  
MOVL C00063 V=20.0 PL=1  
MOVL C00064 V=20.0 PL=1  
MOVL C00065 V=20.0 PL=1  
MOVL C00066 V=20.0 PL=1  
MOVL C00067 V=20.0 PL=1  
MOVL C00068 V=20.0 PL=1  
MOVL C00069 V=20.0 PL=1  
MOVL C00070 V=20.0 PL=1  
MOVL C00071 V=20.0 PL=1  
MOVL C00072 V=20.0 PL=1  
MOVL C00073 V=20.0 PL=1  
MOVL C00074 V=20.0 PL=1  
MOVL C00075 V=20.0 PL=1  
MOVL C00076 V=20.0 PL=1

MOVL C00077 V=20.0 PL=1  
MOVL C00078 V=20.0 PL=1  
MOVL C00079 V=20.0 PL=1  
MOVL C00080 V=20.0 PL=1  
MOVL C00081 V=20.0 PL=1  
MOVL C00082 V=20.0 PL=1  
MOVL C00083 V=20.0 PL=1  
MOVL C00084 V=20.0 PL=1  
MOVL C00085 V=20.0 PL=1  
MOVL C00086 V=20.0 PL=1  
MOVL C00087 V=20.0 PL=1  
MOVL C00088 V=20.0 PL=1  
MOVL C00089 V=20.0 PL=1  
MOVL C00090 V=20.0 PL=1  
MOVL C00091 V=20.0 PL=1  
MOVL C00092 V=20.0 PL=1  
MOVL C00093 V=20.0 PL=1  
MOVL C00094 V=20.0 PL=1  
MOVL C00095 V=20.0 PL=1  
MOVL C00096 V=20.0 PL=1  
MOVL C00097 V=20.0 PL=1  
MOVL C00098 V=20.0 PL=1  
MOVL C00099 V=20.0 PL=1  
MOVL C00100 V=20.0 PL=1  
MOVL C00101 V=20.0 PL=1  
MOVL C00102 V=20.0 PL=1  
MOVL C00103 V=20.0 PL=1  
MOVL C00104 V=20.0 PL=1  
MOVL C00105 V=20.0 PL=1  
MOVL C00106 V=20.0 PL=1  
MOVL C00107 V=20.0 PL=1  
MOVL C00108 V=20.0 PL=1  
MOVL C00109 V=20.0 PL=1  
MOVL C00110 V=20.0 PL=1

MOVL C00111 V=20.0 PL=1  
MOVL C00112 V=20.0 PL=1  
MOVL C00113 V=20.0 PL=1  
MOVL C00114 V=20.0 PL=1  
MOVL C00115 V=20.0 PL=1  
MOVL C00116 V=20.0 PL=1  
MOVL C00117 V=20.0 PL=1  
MOVL C00118 V=20.0 PL=1  
MOVL C00119 V=20.0 PL=1  
MOVL C00120 V=20.0 PL=1  
MOVL C00121 V=20.0 PL=1  
MOVL C00122 V=20.0 PL=1  
MOVL C00123 V=20.0 PL=1  
MOVL C00124 V=20.0 PL=1  
MOVL C00125 V=20.0 PL=1  
MOVL C00126 V=20.0 PL=1  
MOVL C00127 V=20.0 PL=1  
MOVL C00128 V=20.0 PL=1  
MOVL C00129 V=20.0 PL=1  
MOVL C00130 V=20.0 PL=1  
MOVL C00131 V=20.0 PL=1  
MOVL C00132 V=20.0 PL=1  
MOVL C00133 V=20.0 PL=1  
MOVL C00134 V=20.0 PL=1  
MOVL C00135 V=20.0 PL=1  
MOVL C00136 V=20.0 PL=1  
MOVL C00137 V=20.0 PL=1  
MOVL C00138 V=20.0 PL=1  
MOVL C00139 V=20.0 PL=1  
MOVL C00140 V=20.0 PL=1  
MOVL C00141 V=20.0 PL=1  
MOVL C00142 V=20.0 PL=1  
MOVL C00143 V=20.0 PL=1  
MOVL C00144 V=20.0 PL=1

MOVL C00145 V=20.0 PL=1  
MOVL C00146 V=20.0 PL=1  
MOVL C00147 V=20.0 PL=1  
MOVL C00148 V=20.0 PL=1  
MOVL C00149 V=20.0 PL=1  
MOVL C00150 V=20.0 PL=1  
MOVL C00151 V=20.0 PL=1  
MOVL C00152 V=20.0 PL=1  
MOVL C00153 V=20.0 PL=1  
MOVL C00154 V=20.0 PL=1  
MOVL C00155 V=20.0 PL=1  
MOVL C00156 V=20.0 PL=1  
MOVL C00157 V=20.0 PL=1  
MOVL C00158 V=20.0 PL=1  
MOVL C00159 V=20.0 PL=1  
MOVL C00160 V=20.0 PL=1  
MOVL C00161 V=20.0 PL=1  
MOVL C00162 V=20.0 PL=1  
MOVL C00163 V=20.0 PL=1  
MOVL C00164 V=20.0 PL=1  
MOVL C00165 V=20.0 PL=1  
MOVL C00166 V=20.0 PL=1  
MOVL C00167 V=20.0 PL=1  
MOVL C00168 V=20.0 PL=1  
MOVL C00169 V=20.0 PL=1  
MOVL C00170 V=20.0 PL=1  
MOVL C00171 V=20.0 PL=1  
MOVL C00172 V=20.0 PL=1  
MOVL C00173 V=20.0 PL=1  
MOVL C00174 V=20.0 PL=1  
MOVL C00175 V=20.0 PL=1  
MOVL C00176 V=20.0 PL=1  
MOVL C00177 V=20.0 PL=1  
MOVL C00178 V=20.0 PL=1

MOVL C00179 V=20.0 PL=1  
MOVL C00180 V=20.0 PL=1  
MOVL C00181 V=20.0 PL=1  
MOVL C00182 V=20.0 PL=1  
MOVL C00183 V=20.0 PL=1  
MOVL C00184 V=20.0 PL=1  
MOVL C00185 V=20.0 PL=1  
MOVL C00186 V=20.0 PL=1  
MOVL C00187 V=20.0 PL=1  
MOVL C00188 V=20.0 PL=1  
MOVL C00189 V=20.0 PL=1  
MOVL C00190 V=20.0 PL=1  
MOVL C00191 V=20.0 PL=1  
MOVL C00192 V=20.0 PL=1  
MOVL C00193 V=20.0 PL=1  
MOVL C00194 V=20.0 PL=1  
MOVL C00195 V=20.0 PL=1  
MOVL C00196 V=20.0 PL=1  
MOVL C00197 V=20.0 PL=1  
MOVL C00198 V=20.0 PL=1  
MOVL C00199 V=20.0 PL=1  
MOVL C00200 V=20.0 PL=1  
MOVL C00201 V=20.0 PL=1  
MOVL C00202 V=20.0 PL=1  
MOVL C00203 V=20.0 PL=1  
MOVL C00204 V=20.0 PL=1  
MOVL C00205 V=20.0 PL=1  
MOVL C00206 V=20.0 PL=1  
MOVL C00207 V=20.0 PL=1  
MOVL C00208 V=20.0 PL=1  
MOVL C00209 V=20.0 PL=1  
MOVL C00210 V=20.0 PL=1  
MOVL C00211 V=20.0 PL=1  
MOVL C00212 V=20.0 PL=1

```
MOVL C00213 V=20.0 PL=1  
MOVL C00214 V=20.0 PL=1  
END
```

## 9. ANEXO

25/06/2023, 16:22

SEI - Documento para Assinatura



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO

### DECLARAÇÃO

#### PLANO DE TRABALHO DO PROJETO FINAL DE CURSO

Título do Trabalho

**Adequação de uma ferramenta Off-line para a programação de robô manipulador dedicado ao processo de Manufatura Aditiva por Deposição a Arco**

**Orientador: Demostenes Ferreira Filho**

**Co-orientador:** \_\_\_\_\_

Curso

Engenharia Elétrica ( )	Engenharia Mecânica ( X )	Engenharia de Computação
		PFC 1 ( )      PFC 2 ( )

Dados	Discente 1
Matrícula - Nome	201703918 - Giovana Andrade de Matos
Telefone	(62) 983222726
E-mail	an_giovana@discente.ufg.br

### Resumo

O processo de Manufatura Aditiva por Deposição a Arco (MADA) possui um grande potencial para fabricação de peças metálicas, porém, apesar de os procedimentos serem similares aos utilizados na impressão 3D de polímeros (processo já estruturado industrialmente) o MADA ainda possui muitos desafios para torná-lo maduro ou suficiente para ser aplicado industrialmente. Entre as formas de realizar o processo MADA, os robôs manipuladores são significativamente utilizados, podendo-se gerar as trajetórias pelo modo "teach" ou por programação "Off-line". Este projeto consiste em adequar uma ferramenta de programação Off-line para a aplicação do processo MADA utilizando-se uma célula robotizada existente no LAMAF - Fundição e Soldagem.

### I. Objetivos.

Os objetivos deste projeto são:

- Criar uma estação de trabalho idêntica à existente no LAMAF-Fundição e Soldagem utilizando-se um software de desenho;
- Adequar uma ferramenta comercial de programação de robôs de forma "Off-Line" para aplicação do processo MADA no LAMAF-Fundição e Soldagem.

[https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=usuario\\_externo\\_documento\\_assinar&id\\_acesso\\_externo=359345&id\\_documento=4013663...](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=usuario_externo_documento_assinar&id_acesso_externo=359345&id_documento=4013663...) 1/3

## II. Metodologia (atividades a serem desenvolvidas).

A metodologia utilizada neste projeto será:

- Revisão Bibliográfica;
- Projeto utilizando-se ferramenta de desenho de peças e acessórios necessários para o desenvolvimento virtual da estação de trabalho existente no LAMAF-Fundição e Soldagem;
- Realizar configurações necessárias para a integração entre a célula robotizada e o software de programação.
- Programar a célula robotizada para facilitar a execução do processo MADA.
- Gerar roteiro da rotina procedimental para realizar a programação "Off-Line" de peças complexas.
- Validar o procedimento fabricando uma peça com formato complexo pelo processo MADA.
- Confeccionar a monografia.

## III. Resultados Esperados

Os resultados esperados deste projeto são:

- Aprimoramento do conhecimento do processo MADA;
- Gerar procedimento para facilitar a programação de trajetórias de peças complexas a serem aplicadas pelo processo MADA.

## IV. Cronograma de Atividades

Na Tabela 1 é mostrado o Cronograma de Atividades.

Tabela 1 - Semestre letivo 2023/01

Etapas do Projeto	Fevereiro/	Março/	Abril/	Maio/	Junho/
	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1 - Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	
2 - Projeto de peças e acessórios	X	X			
3 - Integração entre a célula robotizada e o software de programação		X	X		
4 - Programar a célula robotizada para facilitar a execução do processo MADA		X	X	X	
5 - Gerar roteiro da rotina procedimental para realizar a programação "Off-Line" de peças complexas			X	X	
6 - Validar o procedimento fabricando uma peça com formato complexo pelo processo MADA				X	X
7 - Confeccionar a monografia	X	X	X	X	X
8 - Defender o PFC					X



Documento assinado eletronicamente por **Demóstenes Ferreira Filho, Professor do Magistério Superior**, em 26/04/2023, às 20:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Giovana Andrade De Matos, Discente**, em 26/04/2023, às 20:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3703410** e o código CRC **0B2395A3**.