

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**AUTOMATIZAÇÃO DE 3 EIXOS EM MÁQUINAS
CONVENCIONAIS COM COMANDO
NUMÉRICO DE BAIXO CUSTO**

**Cleiton de Oliveira Gomes
Luís Fernando Araújo Pereira**

**Pindamonhangaba - SP
2022**

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

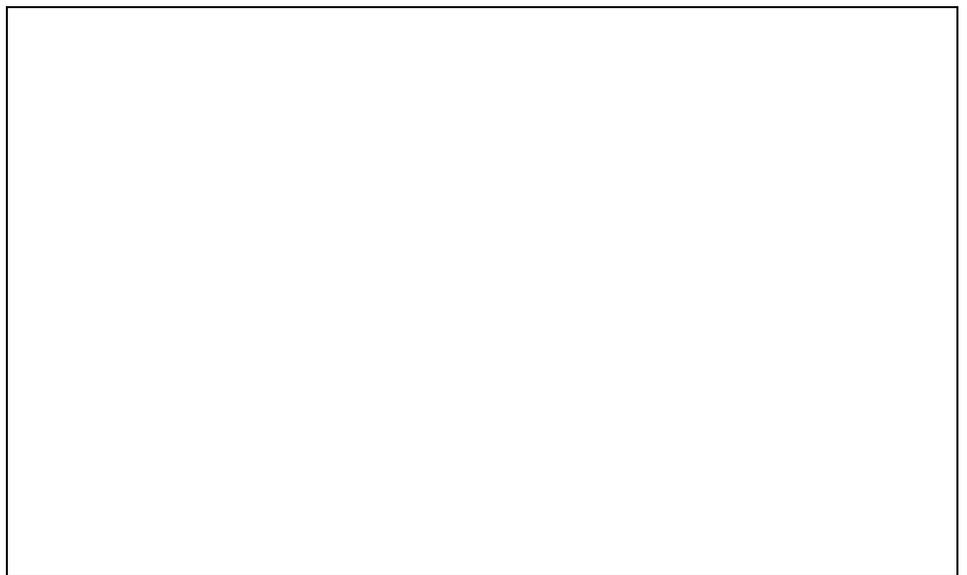
**AUTOMATIZAÇÃO DE 3 EIXOS EM MÁQUINAS
CONVENCIONAIS COM COMANDO
NUMÉRICO DE BAIXO CUSTO**

**Cleiton de Oliveira Gomes
Luís Fernando Araújo Pereira**

Monografia apresentada à Faculdade de
Tecnologia de Pindamonhangaba para
graduação no Curso Superior de Tecnologia
em Manutenção Industrial

Orientador(a): Me. Luiz Otavio de Oliveira Arouca

**Pindamonhangaba - SP
2022**



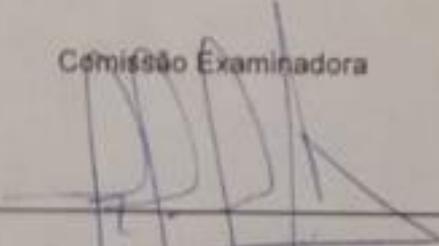
Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

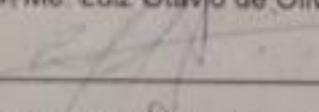
**AUTOMATIZAÇÃO DE 3 EIXOS EM MÁQUINAS
CONVENCIONAIS COM COMANDO
NUMÉRICO DE BAIXO CUSTO**

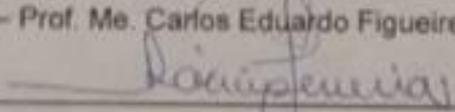
**Cleiton de Oliveira Gomes
Luís Fernando Araújo Pereira**

Monografia apresentada à Faculdade de
Tecnologia de Pindamonhangaba, para
graduação no Curso Superior de
Tecnologia em Manutenção Industrial.

Comissão Examinadora


Orientador – Prof. Me. Luiz Otávio de Oliveira Arouca


Membro – Prof. Me. Carlos Eduardo Figueiredo dos Santos


Membro – Prof. Me. Laércio Ferreira

Pindamonhangaba, 08 de dezembro de 2022.

DEDICATÓRIA

ALUNO 1

A toda minha família que me incentivaram para que continuasse em busca de conhecimento.

Aos professores que me forneceram bases necessárias para a realização deste trabalho.

Aos amigos que estiveram presentes direta ou indiretamente em todos os momentos de minha formação.

ALUNO 2

A todos os alunos, professores e funcionários que fizeram parte da minha jornada acadêmica na Fatec de Pindamonhangaba.

AGRADECIMENTO

ALUNO 1

Gratidão primeiramente a Deus, sempre... pela saúde, por estar presente em momentos de dificuldades e me dar forças para seguir em frente.

Ao meu orientador Prof. Luiz Otavio de Oliveira Arouca, pelo conhecimento compartilhado, paciência, além do estímulo e contribuição para o sucesso deste trabalho. Agradeço aos amigos com quem convivi durante os anos, que proporcionaram um ambiente saudável dentro da sala de aula, fazendo com que a união e perseverança ajudasse a transpor desafios.

A toda Universidade Fatec de Pindamonhangaba e seu corpo docente, pelo comprometimento, qualidade e excelência do ensino.

ALUNO 2

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que iluminou o meu caminho durante esta caminhada.

A minha querida mãe, aos meus irmãos e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

E um agradecimento em especial a todos os professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta monografia.

A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original.

Albert Einstein

GOMES, C. O.; PEREIRA, L. F. A. **Automatização de 3 eixos em máquinas convencionais com comando numérico de baixo custo**. 2022. 57p. Trabalho de Graduação (Curso de Manutenção Industrial). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2022.

RESUMO

O objetivo central do trabalho é automatizar o processo de usinagem em três eixos para pequenas oficinas de usinagem de manutenção sem que haja um grande investimento em uma máquina CNC. Demonstraremos a construção e utilização de um comando CNC de baixo custo para realizar peças seriadas em usinagens de manutenção industrial, proporcionando maior complexidade nos perfis e resultando em uma gama maior de serviços e clientes para pequenas oficinas. Propõe-se, sistematizar as etapas de montagem do comando CNC e utilização de suas principais funções, sem a necessidade de grandes conhecimentos em eletrônicas, hardwares e softwares. A metodologia utilizada será a descritiva, para sistematizar a montagem de um comando numérico intercambiável em uma máquina convencional sem alterar suas características. A automatização da máquina Fresadora Ferramenteira ISO30 será através do software de comando numérico Mach3, utilizando uma placa controladora RNR Eco Motion com modificações que permitam voltar ao original. Serão realizados testes de movimentação em planos de trabalho X, Y, Z com setup de velocidade de avanços. Com a realização desse trabalho a automação do processo de usinagem foi alcançado. Houve um ganho de aprendizagem em manutenção industrial dos integrantes, contribuindo para um crescimento profissional. Com base nesse argumento, o trabalho se justifica e tem grande relevância técnica para trabalhos acadêmicos futuros.

Palavras-chave: Máquina Convencional. Automatização. Manutenção Industrial.

GOMES, C. O.; PEREIRA, L. F. A. **Automation of 3 axes in conventional machines with low-cost numerical control.** 2022. 57p. Graduation Work (Industrial Maintenance Course). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2022.

ABSTRACT

This work aims to show the use of a low-cost CNC command in small workshops to make serial parts in industrial maintenance machining, providing greater complexity in the profiles and resulting in a greater range of services and customers. The central objective of the work is to automate the machining process in three axes for small maintenance machining workshops without a large investment in a CNC machine. It is proposed to systematize the assembly steps of the CNC command and use of its main functions, without the need for great knowledge in electronics, hardware and software. The methodology used will be descriptive, with the objective of systematizing the assembly of an interchangeable numerical control in a conventional machine without changing its characteristics. The automation of the ISO30 Tool Milling Machine will be done using the Mach3 numeric control software, using low-cost electronics and modifications that allow for a return to the original. Movement tests will be carried out on work planes X, Y, Z with feed speed setup. By carrying out this research, the goal of automating the machining process was achieved. There was a learning gain in industrial maintenance for Members, contributing to professional growth. Based on this argument, the work is justified and has great technical relevance for future academic work.

Keywords: Conventional machine. Automation. Industrial maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fresadora Ferramenteira ISO30	19
Figura 2 - A função do Driver	23
Figura 3 - Plugin placa controladora	26
Figura 4 - Inicialização da placa controladora no mach3	26
Figura 5 - Alimentação placa Controladora	27
Figura 6 - Driver DM556	28
Figura 7 - Seleção de micro passos no driver DM556	29
Figura 8 - Ligação de fonte e motor no driver	30
Figura 9 - Ligação do Driver na placa controladora	31
Figura 10 - Esquema da ligação do motor e driver	32
Figura 11 - Configuração dos motores de passo	33
Figura 12 - Botão de emergencia tipo cogumelo	33
Figura 13 - Ligação do Botão de Emergência	34
Figura 14 - Configuração Botão de Emergência	35
Figura 15 – Página de configuração de portas e pinos	35
Figura 16 – Parâmetros de porta e pino <i>EStop</i>	36
Figura 17- Chave Sensor Fim de Curso Micro Switch CNC	37
Figura 18 - Ligação dos sensores de fim de curso	38
Figura 19 - Configuração do Fim de Curso	38
Figura 20 – Parâmetro de porta e pino Fim de Curso.....	39
Figura 21 - Ligação dos sensores Home's	40
Figura 22 - Configuração Home	41
Figura 23 - Parâmetros de porta e pino sensor Home.....	41
Figura 24 - Montagem do Painel	43
Figura 25 - Botão de Emergência e Chave Seccionadora	44
Figura 26 - Conexões para os eixos X, Y e Z	44
Figura 27 - Configuração de unidade de medidas do motor	45
Figura 28 - Seleção da unidade de medida.....	45
Figura 29 - Eixo "Z" cabeçote Fresadora Ferramenteira	46
Figura 30 - Página <i>Settings</i> Mach3	47
Figura 31 - Ajuste de passo Mach3	47
Figura 32 - Medida de descida do eixo Z	48

Figura 33 - Eixo "Z" cabeçote Fresadora Ferramenteira	48
Figura 34 - Medida de comparação do movimento	49
Figura 35 - Medida de parâmetro do eixo	49
Figura 36- Ajuste Passo Mach3	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMA	13
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 JUSTIFICATIVA.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 HISTÓRICO	14
2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO	14
2.2.1 Manutenção Corretiva	16
2.2.2 Manutenção Corretiva Não-Planejada	16
2.2.3 Manutenção Corretiva Planejada	16
2.2.4 Manutenção Preventiva	17
2.2.5 Manutenção Preditiva	17
2.2.6 Manutenção Detectiva	18
2.2.7 Engenharia de Manutenção	18
2.3 FRESADORA FERRAMENTEIRA	19
2.4 TECNOLOGIA DE COMANDO NUMÉRICO COMPUTADORIZADO	20
2.5 SOFTWARE MACH3	20
2.6 INTERFACE DOS EIXOS	20
2.6.1 Motores de Passo	21
2.6.2 Motores de Passo – Malha Aberta	21
2.6.3 Motores de Passo – Malha Fechada	22
2.6.4 Driver para motores de passo	22
2.6.5 Placa Controladora	23
3 METODOLOGIA	23
4 DESENVOLVIMENTO	24
4.1 CONFIGURAÇÃO DE INTERFACE	24
4.2 PLUGIN PLAÇA RNR ECO MOTION	25
4.3 ALIMENTAÇÃO DA CONTROLADORA.....	26
4.4 CONFIGURAÇÃO DOS DRIVES	27
4.5 LIGAÇÃO DO DRIVE COM A MICRO CONTROLADORA	29
4.6 INSTALAÇÃO E AJUSTES PARA BOTÃO DE EMERGÊNCIA.....	33
4.7 INSTALAÇÃO E AJUSTES PARA FIM DE CURSO	36
4.8 INSTALAÇÃO E AJUSTES PARA HOME	39
4.9 MONTAGEM DO PAINEL	42
4.10 CALIBRAÇÃO DO PASSO DOS EIXOS	44
4.11 TESTE DE MOVIMENTAÇÃO NO EIXO Z.....	50
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	52
REFERÊNCIAS	54
ANEXO A	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

1 INTRODUÇÃO

A manutenção corretiva tem sido uma estratégia de gerenciamento de manutenção de micro, pequenas e até médias empresas, não demandando de uma equipe para programar uma parada. Quando um equipamento vem a apresentar falha ou quebra, há a necessidade de uma intervenção não programada, muitas das vezes objetivando o menor tempo possível de parada de equipamento.

Em outras palavras, a manutenção corretiva é a melhor opção quando os custos da indisponibilidade são menores do que os custos necessários para evitar a falha, condição tipicamente encontrada em equipamentos sem influência no processo produtivo (MARCORIN; LIMA, 2003).

Uma oficina de usinagem de manutenção tem como principal objetivo a fabricação de peças não seriadas, com a finalidade de suprir a necessidade de uma manutenção não programada, dessa forma máquinas convencionais de usinagem conseguem ter um bom desempenho e performance para atender a demanda.

Quando existe a necessidade de usinagens mais complexas e em grandes escalas, oficinas com máquinas convencionais não geram grandes resultados, devido a demanda de tempo e mão de obra de operadores, dessa forma um comando numérico com uma mesa coordenada abre um leque maior de serviços a serem executados, com maior velocidade e complexidade.

O trabalho propõe uma automatização da máquina convencional através de um software de comando numérico, utilizando eletrônica de baixo custo e modificações que permitam voltar ao original, dessa forma atenderá não somente a usinagem de manutenção, mas também usinagem de produção, execução de perfis mais complexos com maior precisão.

A automatização utilizará um comando Mach3, que possui versão didática e profissional, ele pode ser instalado facilmente em Windows 10 e acionará uma placa controladora através de uma porta USB, e a mesma fará movimentos em 3 eixos. Será utilizado drives e motores de passo para que o projeto mantenha-se de baixo custo, e instalado em uma fresadora ferramenteira na oficina do próprio autor.

Essa automatização poderá ser aplicada em outras máquinas e oficinas apenas com conhecimentos básicos de eletrônica e informática.

1.1 PROBLEMA

Como utilizar máquinas de usinagem convencionais automatizando os comandos CNC para aumentar gama de serviço e diminuição de tempo de processo?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo automatizar o processo de usinagem em três eixos para pequenas oficinas de usinagem de manutenção, sem ter que fazer um grande investimento em uma máquina CNC.

1.2.2 Objetivos Específicos

Sistematizar as etapas de montagem do comando CNC e utilização de suas principais funções, sem a necessidade de grandes conhecimentos em eletrônica, hardwares e softwares.

1.3 JUSTIFICATIVA

A utilização de um comando CNC de baixo custo objetiva atender peças seriadas, que anteriormente eram recusadas por não serem lucrativas a fabricação em uma oficina pequena, além de oferecer usinagem de alta complexidade com os três eixos simultâneos, aumentando a gama de serviços e clientes.

Com a utilização de um comando CNC também pode-se ter um ganho de tempo, podendo deixar a máquina em trabalho, enquanto se desenvolve uma outra atividade.

As modificações a serem feitas na fresadora “Fresadora Ferramenteira ISO30” não afetam suas funções primárias, podendo ser desmontado e voltar ao original da máquina para uma usinagem mais pesada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse capítulo tem o objetivo de apresentar as estruturas utilizadas no projeto, a fundamentação teórica. Apresentar os sistemas automatizados e o software Mach3. Este capítulo ainda conta com conceitos de manutenção.

A fim de obter vantagem competitiva e sobreviver com sucesso no atual ambiente empresarial globalizado, a indústria tem incorporado técnicas de automação visando suprir a necessidade de uma rápida adaptação às mudanças no sistema de produção, garantindo aceitável volume de produção e variabilidade de produtos (MAGGIO, 2005).

2.1 HISTÓRICO

A evolução da automação industrial remete desde a pré-história da humanidade. O homem vem desenvolvendo e aperfeiçoando invenções e mecanismos com a finalidade reduzir o esforço físico e auxiliar na realização de trabalhos e atividades. A roda para movimentação de cargas e os moinhos por vento são dois exemplos mais antigos conhecidos.

Com a Revolução Industrial no século XVIII, a automação industrial começou a ter destaque na sociedade. Com o objetivo de aumentar a produtividade, diversas tecnologias foram desenvolvidas. Fontes energéticas como o vapor, aplicado em novas máquinas, tem grande destaque na história da automação industrial.

A partir do século XIX, a energia elétrica passou a ser utilizada em novos processos de produção de aço, aumentando e estimulando a produção em escala industrial. Houve grande avanço em novos processos na indústria química. Com a invenção do telefone, a indústria de telecomunicação tem sua base para surgimento. O setor de transportes cresceu muito com expansão de estradas de ferro, locomotivas a vapor e indústria naval.

No século XX, computadores, servomecanismos e controladores programáveis passam a fazer parte da automação.

2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

A palavra manutenção pode ser aplicada em campos de atuação distintos, devido ao seu conceito abrangente, que de forma mais simplificada, significa a ação desempenhada para que um determinado item permaneça em perfeito estado (HÜNEMEYER, 2017).

A manutenção em uma empresa é considerada umas das etapas mais importantes, pois visa evitar falhas em seus componentes por meio de cuidando de suas instalações físicas (SLACK et al., 2009). Com isso, a manutenção tem a função de aumentar a confiabilidade e durabilidade dos equipamentos em uma indústria.

Sobre as atividades de manutenção e seus objetivos, podemos conceituar que:

As atividades de manutenção resultam de ações tomadas no dia a dia para prevenir ou corrigir eventuais anomalias ou falhas detectadas nos equipamentos pelos operadores da produção ou pelas equipes de manutenção. Estas atividades devem ser executadas sistematicamente pelos departamentos de produção e de manutenção através do cumprimento dos padrões de operação. Por sua vez as atividades de melhoria visam a melhorar as condições originais de operação desempenho e confiabilidade. O objetivo destas atividades é atingir novos patamares de produção. As atividades de melhorias requerem ações específicas que resultam na modificação de padrões e procedimentos existentes (XENOS, 1998, p.20).

Os autores KARDEC & NASCIF (2009), descreve que a missão atual da manutenção é: “garantir a confiabilidade e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com segurança, preservação do meio ambiente e custo adequados”. (KARDEC; NASCIF, 2009).

Kardec e Nascif (2009), observam que atualmente, existem 6 tipos básicos de manutenção: corretiva não planejada, corretiva planejada, preventiva, preditiva, detectiva e engenharia de manutenção.

Ainda Kardec e Nascif (2009), descreve que os diversos tipos de manutenção podem ser também considerados como políticas de manutenção, desde que sua aplicação seja o resultado de uma definição gerencial ou política global da instalação, baseada em dados técnico-econômicos.

Existem ainda ferramentas específicas que permitem a aplicação dos seis tipos de manutenção, dentre elas, destacam-se: Manutenção Produtiva Total (TPM) ou *Total Productive Maintenance*; Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM) ou *Reliability Centered Maintenance* e Manutenção Baseada em Confiabilidade (RBM) ou *Reliability Based Maintenance*. (KARDEC; NASCIF, 2009).

2.2.1 Manutenção Corretiva

“Manutenção Corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado”. (KARDEC; NASCIF, 2009).

Kardec e Nascif (2009), observam que existem duas condições específicas que levam à manutenção corretiva: desempenho deficiente apontado pelo acompanhamento das variáveis operacionais e ocorrência da falha. Assim sendo a ação principal na manutenção corretiva é corrigir ou restaurar as condições de funcionamento do equipamento ou sistema. A manutenção corretiva pode ser dividida entre corretiva não-planejada e corretiva planejada.

2.2.2 Manutenção Corretiva Não-Planejada

“Manutenção corretiva não planejada é a correção da falha de maneira aleatória”. (KARDEC; NASCIF, 2009).

Kardec e Nascif (2009) diz, que ela se caracteriza pela atuação da manutenção em um fato já ocorrido, seja este uma falha ou um desempenho menor do que esperado. Implica altos custos, pois a quebra inesperada pode acarretar perdas de produção, perda da qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção.

“Além disso, quebras aleatórias podem ter consequências bastante graves para o equipamento, isto é, a extensão dos danos pode ser bem maior, ou seja, quando uma empresa tem a maior parte de sua manutenção corretiva na classe não planejada, seu departamento de manutenção é comandado pelos equipamentos e seu desempenho, certamente, não será competitivo nos dias atuais”. (KARDEC; NASSIF, 2009).

2.2.3 Manutenção Corretiva Planejada

Para Kardec e Nascif (2002), manutenção corretiva planejada é a correção do desempenho menor que o esperado ou da falha, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função do acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra.

“Um trabalho planejado é sempre mais barato, mais rápido e mais seguro do que um trabalho não planejado e, será sempre, de melhor qualidade”. (KARDEC;

NASSIF, 2009).

2.2.4 Manutenção Preventiva

“A origem da manutenção preventiva foi por volta de 1930, na indústria aeronáutica ou de aviação. Surgiu da necessidade de conseguir maior disponibilidade e, principalmente, de confiabilidade dos ativos empresariais. Era necessário manter o negócio em pleno funcionamento para se manter competitivo”. (PEREIRA, 2009).

“Manutenção Preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo”. (KARDEC; NASSIF, 2009).

Para Kardec e Nascif (2002), a manutenção preventiva será tanto mais conveniente quanto maior for a simplicidade na reposição, quanto mais altos forem os custos de falha, quanto mais as falhas prejudicarem a produção e quanto maiores forem as implicações das falhas na segurança pessoal e operacional.

Entretanto, se por um lado a manutenção preventiva proporciona um conhecimento prévio das ações, permitindo uma boa condição de gerenciamento das atividades e nivelamento de recursos, além de previsibilidade de consumo de materiais e sobressalentes, por outro, promove, via de regra, a retirada do equipamento ou sistemas de operação para execução dos serviços programados. Assim, possíveis questionamentos à política de manutenção preventiva sempre serão levantados em equipamentos, sistemas ou plantas onde o conjunto de fatores não seja suficiente forte ou claro em prol dessa política. (KARDEC; NASCIF, 2009, p.44).

2.2.5 Manutenção Preditiva

“Manutenção Preditiva, é a atuação realizada com base na modificação de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. Através de técnicas preditivas é feito o monitoramento da condição e a ação de correção, quando necessária, é realizada através de uma manutenção corretiva planejada”. (KARDEC; NASCIF, 2009).

Ainda para Kardec e Nascif (2009), quando o grau de degradação se aproxima ou atinge o limite previamente estabelecido, é tomada a decisão da intervenção. Normalmente o acompanhamento permite a preparação prévia do serviço, além de outras decisões e alternativas relacionadas com a produção. Assim, pode-se dizer que

a manutenção preditiva prediz as condições dos equipamentos, e quando a intervenção é decidida o que se faz, na realidade, é uma manutenção corretiva planejada.

2.2.6 Manutenção Detectiva

A manutenção detectiva começou a ser mencionada na literatura a partir da década de 90. Sua denominação Detectiva está ligada à palavra *detectar*, traduzida do inglês traduz *Detective Maintenance*. (KARDEC; NASCIF, 2009).

Kardec e Nascif (2009), definem manutenção detectiva como a “atuação efetuada em sistemas de proteção, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção”. A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade. Em sistemas complexos essas ações só devem ser levadas a efeito por pessoal da área de manutenção, com treinamento e habilitação para tal, assessorado pelo pessoal da operação. Atualmente, é crescente a utilização de computadores digitais em instrumentação e controle de processo nos mais diversos tipos de plantas industriais.

2.2.7 Engenharia de Manutenção

Segundo Kardec e Nascif (2009), é a segunda quebra de paradigma na manutenção. Praticar a engenharia de manutenção significa uma mudança cultural. É o suporte técnico da manutenção que está dedicado a consolidar a rotina e implantar a melhoria.

Assim sendo, “é deixar de ficar consertando continuamente, para procurar causas básicas, modificar situações de mau desempenho, deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, dar feedback ao projeto, interferir tecnicamente nas compras”. (KARDEC; NASCIF, 2009).

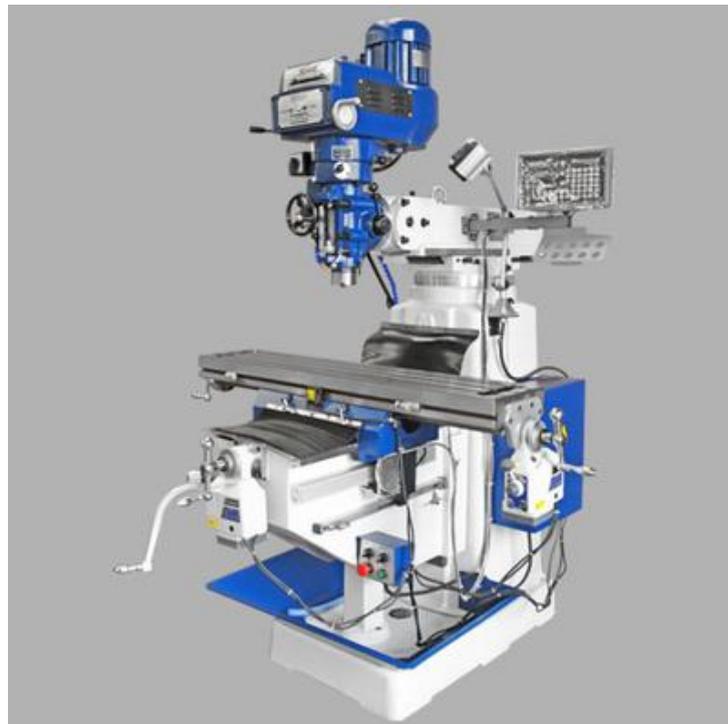
2.3 FRESADORA FERRAMENTEIRA

A fresadora é uma máquina tem como função primária a manipulação de diversos materiais de forma horizontal, com um cabeçote que faz o arrancamento de material em um plano X e Y sendo incrementado em Z.

Existem vários tipos de fresadoras que podem fabricar peças planas, curvas, irregulares, quadrados, hexágonos e canais para chaveta. Podendo ainda fazer o serviço de furação, brochamento de precisão, alargamentos fazendo ainda todos os modelos de engrenagens. Sua operação primaria é realizada nas fresadoras horizontais, verticais e as universais ou sejam trabalham com os dois eixos anteriores. Já suas operações secundarias são para fazer engrenagens para mecanismo de média precisão (FREIRE, 1983).

A fresadora estudada é uma fresadora ferramenta vertical, que permite inclinar o cabeçote em mais dois eixos, e a movimentação como rotação do torpedo que posiciona o cabeçote, sendo uma máquina bem versátil para usinagem de manutenção (Figura 1).

Figura 1: Fresadora Ferramenteira ISO30



Fonte: Site Soluções Industriais, 2022

2.4 TECNOLOGIA DE COMANDO NUMÉRICO COMPUTADORIZADO

O Comando Numérico Computado (CNC) pode ser definido como uso do computador para comandar o caminho da ferramenta cortante de uma máquina operatriz, tendo com isso uma alta precisão no produto final e alta repetibilidade com um mesmo programa, podendo-se ainda associar o comando CNC diretamente com o CAD – Projeto Assistido por Computador – permitindo realizar o produto diretamente a partir do projeto (ROSÁRIO, 2009).

A tecnologia de comando numérico computadorizado permite a interface de homem e máquina de forma mais simplificada, permitindo trabalhar com mais rapidez e menos esforço que uma máquina convencional. Basicamente, o Controle Numérico compreende o comando dos movimentos de aproximação, avanço e recuo de uma ferramenta de corte, de forma similar ao definido na NBR 6162 (ABNT, 1989).

Outra vantagem é a utilização de um plano X e Y com movimentações simultâneas, de forma a proporcionar uma usinagem antes não possível em uma máquina convencional com precisão.

2.5 SOFTWARE MACH3

O Mach3 é software de controle numérico que transforma um computador de plataforma Windows em um controlador de máquina CNC bastante eficiente com a finalidade controlar o movimento dos motores através da transformação de *G-Code* (código padrão das normas ISO).

Segundo Cravo (2022), o Mach3 é um software de baixo custo que pode ser utilizado para operar máquinas CNC, como fresas. Possui inúmeros recursos que auxiliam o operador a produzir várias peças, funções básicas como: *Load G-Code* (buscar e carregar códigos referentes aos programas previamente criados pelo usuário) e *Close G-Code* (fechar o carregamento do código).

“O software é organizado em algumas seções, que facilitam seu uso. Na seção *“Tool Information”*, por exemplo, é possível clicar em botões direcionais para zerar o equipamento, a cada novo ciclo de produção. Depois disso, basta clicar em *“Start”* para iniciar a operação e *“Stop”* quando quiser interrompê-la”. (CRAVO, 2022).

2.6 INTERFACE DOS EIXOS

2.6.1. Motores de Passo

Motores de passo são motores de tem a capacidade de realizar rotações com incremento de micro passos, ou seja, fazer uma divisão angular em seu giro de 360°, permitindo que através de um pulso ele pare em uma determinada posição dentro desses 360°. Segundo Acanely (2002), “São dispositivos eletromecânicos de movimento utilizados principalmente para converter informações em formato digital em movimento mecânico”.

Devido a essa característica de incrementos angulares pode ser utilizada com aplicação de malha aberta, sendo possível realizar movimentos com boas precisões e utilizado para projetos que não demande de altas velocidades de avanço e torque.

Outra opção de motores de passo seria os *Easy Servo*, que são motores de passo que permite trabalhar com malha fechada, dando ainda mais precisão a sua aplicação.

2.6.2 Motores de Passo – Malha Aberta

O sistema de malha aberta tem como objetivo fazer movimentações com base em informações enviadas do drive para o motor de passo, esse sistema permite a movimentação do motor com a precisão enviada, mas não permite que o drive tenha uma resposta de onde exatamente estaria o motor após o sinal enviado.

Para que esse sistema se comporte como desejado e com precisão, deve-se ter o mínimo de interferências possíveis, trabalhando com temperaturas ideais e sem possíveis colisões físicas.

Uma forma de descrever a malha aberta, seria como uma pessoa deficiente visual, que precisa se deslocar até um lugar conhecido, sabendo a quantidade de passos que teria que dar até o lugar, mas se em algum momento tiver algum objeto que faça a pessoa tropeçar, perde-se a referência e o percurso enviado pelo cérebro não é concluído (Pazos, 2002).

Esses motores apresentam essa desvantagem por não ter um *encoder* para enviar a resposta de volta ao drive em qual posição estaria após a movimentação, mas sobretudo quando bem dimensionado e com os drives em sua maioria com proteções e envios de sinais cada vez mais avançados, é possível trabalhar com boa precisão e torna-se um excelente custo-benefício para pequenos projetos.

2.6.3 Motores de Passo – Malha Fechada

Malha fechada diferente do citado no tópico anterior, é um sistema que depois de enviar um comando, ainda receberia a resposta de que aquele comando atingiu o seu objetivo.

Dessa forma ao drive enviar os pulsos para o motor de passo fazer a sua trajetória e um *encoder* está verificando e comparando se percurso está correto, caso a trajetória ou sinal de referência não esteja correto, o drive compensa esse sinal para que o motor atinja o posicionamento correto.

Na mesma analogia anterior, relaciona-se a malha fechada com a pessoa caminhando, porém além de saber qual a quantidade de passos informado pelo cérebro para chegar até o local também terá a visão que poderá informar ao cérebro se a quantidade foi ou não necessária, se houve algum obstáculo e se realmente chegou ao destino (Pazos, 2002).

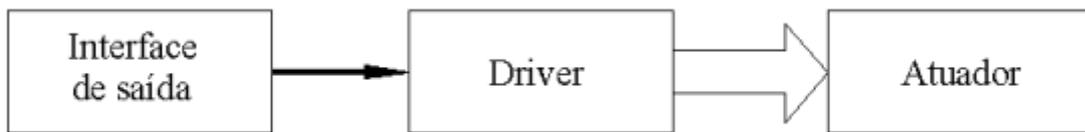
Esses motores de passo são de muita precisão e evita perda de micro passos, sendo o ideal para máquinas de grande precisão, porém tem um custo de o dobro ou mais que o dobro de um motor de passo de malha aberta, e sua utilização deve ser levada em conta o tipo de aplicação ao projeto e disponibilidade de recursos.

2.6.4 Driver para motores de passo

Em sua tradução literal do Inglês para o português, driver é o “motorista” do motor de passo, ou seja, ele irá receber os pulsos gerado pelo controlador e realizar o chaveamento da fonte de potência para fornecer a corrente necessária para realizar o movimento preciso do atuador.

“Um driver é um circuito digital que amplifica um sinal digital de baixa potência, permitindo ativar ou desativar um atuador digital, mas que trabalha com maiores níveis de energia do que a interface de saída pode fornecer”. (PAZOS, 2002). Na figura 2 é apresentada o fluxograma do funcionamento.

Figura 2 : A função do Driver



Fonte: Automação de Sistemas e Robótica, 2002.

Como apresentado no fluxograma na figura 2, o drive recebe um sinal de baixa potência em sua entrada (exemplificado pela seta fina), e em sua saída (exemplificado pela seta larga) entrega corrente e tensão para acionar atuadores que necessita de excitação com potência maior que o sinal enviado pelo controlador.

2.6.5 Placa Controladora

Com o crescente avanço das tecnologias pós 2º guerra mundial e necessidade de peças mais complexas, com precisão e em ciclo de produção, as máquinas convencionais começariam a não se demonstrar mais confiável em produções aeroespaciais nos EUA.

Frente a esses problemas da época, a Força Aérea dos EUA baseado em uma experiencia da “*Parsons Corporation*” (fabricante de hélices e rotores de helicópteros que em 1947 já havia feito de forma rudimentar uma máquina de usinagem convencional com cartões perfurados), contratou a Parsons e patrocinou para estudos e desenvolvimento do controle numérico. Assim nascia então o primeiro controlador numérico para as máquinas de usinagem que foi apresentado em 1953 no MIT “*Massachusetts Institute of Technology*” (MUNDO CNC, 2008)

Na definição entende-se por controlador qualquer dispositivo mecânico ou eletrônico ou a combinação de ambos que tem por objetivo controlar um determinado sistema (Pazos, 2002).

De forma geral, o controlador CNC é conectado a um computador que lhe irá fornecer um sinal de referência *G-Code*, e ele fornecerá um sinal de excitação para o Driver, enviando informações sobre coordenadas em um plano cartesiano entre outras funções dependendo da expansão e recursos da placa controladora.

Atualmente podem ser utilizadas em diversas interfaces, cada fabricante tendo seu modo de programação, mas todos seguindo essa lógica de entrada de dados de RS-274 (*G-Code*).

3 METODOLOGIA

Partindo da concepção de que método é um procedimento ou caminho para alcançar determinado fim e que a finalidade da ciência é a busca do conhecimento, podemos dizer que o método científico é um conjunto de procedimentos adotados com o propósito de atingir o conhecimento (PRODANOV; DE FREITAS, 2013).

Segundo Andrade (2002), destaca que a pesquisa descritiva se preocupa em observar os fatos, registrá-los, analisá-los, classificá-los e interpretá-los, e o pesquisador não interfere neles. Assim, os fenômenos do mundo físico e humano são estudados, mas não são manipulados pelo pesquisador.

A metodologia utilizada será a descritiva, com o objetivo de sistematizar a montagem de um comando numérico intercambiável em uma máquina convencional sem alterar suas características.

A automatização da máquina convencional será através de um software de comando numérico, utilizando eletrônica de baixo custo e modificações que permitam voltar ao original.

Os testes serão realizados em uma oficina de usinagem de manutenção, em uma máquina Fresadora Ferramenteira ISO30, serão realizados movimentação em planos de trabalho X, Y, Z com setup de velocidade de avanços.

Será apresentado protótipo da eletrônica para utilização do comando numérico, com objetivo de usinagens de metais diversos, com pressão de corte considerável para os servos motores.

4 DESENVOLVIMENTO

Ao longo desse capítulo iremos apresentar como fazer a instalação do Software Mach3 versão gratuita, fazer as configurações básicas necessárias, inserir o plugin para comunicação com placa controladora, assim como toda a montagem do painel, montagem da controladora e utilização de suas principais funções.

4.1 CONFIGURAÇÃO DE INTERFACE

O arquivo executável do software Mach3 pode ser baixado na sua versão Demo gratuitamente no próprio site do desenvolvedor:

<https://www.machsuporte.com.br/mach3>.

Abaixo segue recomendações do desenvolvedor em relação a licença e as configurações do Computador que irá rodar o software:

Sem a licença o Mach3 roda em modo Demo (demonstração).

Em modo Demo, o software apresenta as seguintes limitações:

- Perfil Mill, Plasma, e Torno com limite de 500 linhas de código (10.000.000 de linhas c/ Licença);
- Frequência de Operação limitada em 25kHz (apenas para Controladora via Porta Paralela);
- Função *Set Next Line, Run From Here* – **Desativada**;
- No perfil Torno, função *Rosca (G76)* – **Desativada**;
- No perfil Plasma, funções de THC (THC Up / THC Down / ArcOK) – **Desativada**.

Para uso Hobby, é permitido o uso do Mach3 em quantos computadores desejar com 1 licença.

Para uso Profissional, recomenda-se separar as licenças, uma para cada equipamento.

Para fabricantes de equipamento, licenças do tipo OEM – *Original Equipment Manufacturer* - permite o software ir embarcado junto no computador que acompanhara o equipamento.

O computador PC que vai rodar o Mach3 deve ser de uso exclusivo e totalmente dedicado, sem antivírus, sem firewall, sem jogos, sem acesso à internet, sem drives e até mesmo sem som.

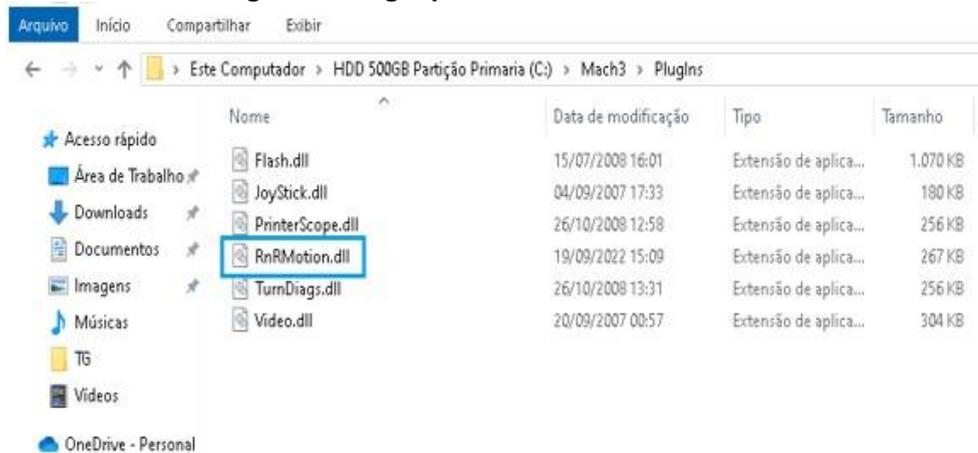
O computador roda sobre um PC com Plataforma Windows, apesar disso, o computador desse ser totalmente configurado e otimizado para rodar única, e exclusivamente o Mach3.

4.2 PLUGIN PLACA RNR ECO MOTION

Para que o Software Mach3 possa comunicar com a placa controladora *RNR Eco Motion* é necessário baixar um plugin, pode ser feito no site: <https://loja.cncfloripa.com.br/controladora-mach3-usb-rnr-ecomotion-v20> que fornece gratuitamente.

Basta fazer o download do plugin *RnRMotion.dll*, copiar e colar dentro da pasta C:/Mach3/Plugins conforme figura 3.

Figura 3: Plugin placa controladora.



Fonte: Autoria própria

Ao iniciar o software pela primeira vez com o cabo de comunicação já inserido irá mostrar a comunicação da placa controladora (RnRMotionControllerECO-V2.0), basta colocar na opção e depois "*Don't ask me this again*" (Figura 4).

Figura 4: Inicialização da placa controladora no mach3.



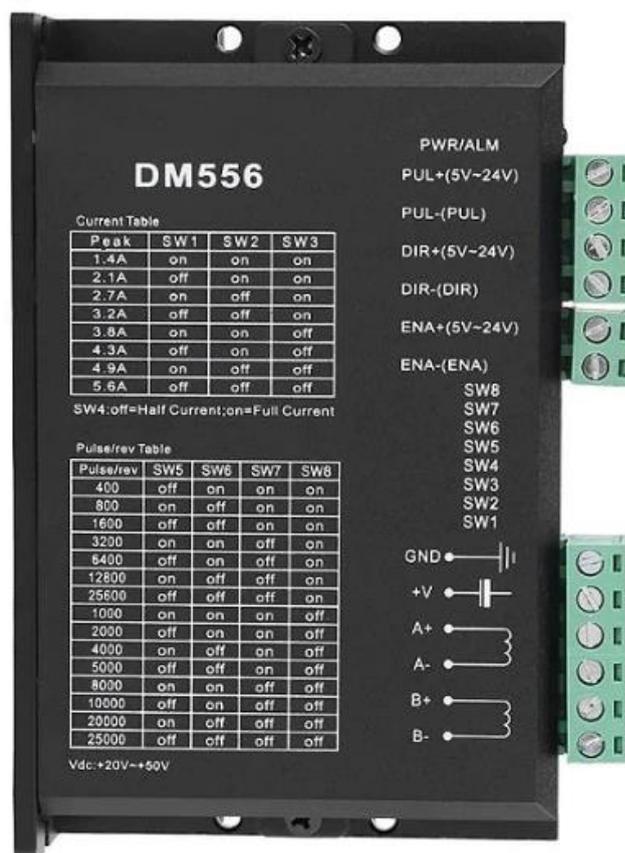
Fonte: Autoria própria

4.3 ALIMENTAÇÃO DA CONTROLADORA

30kgf.cm do fabricante nacional Grupo Tecmaf. O motor trabalhara com corrente de 4A, podendo ser controlado com o driver DM556.

O DM556 é um driver bipolar que pode ser usado com motores até 4A de corrente, e podem ser alimentados com tensões de 20V a 50V de corrente contínua (Figura 6). Dessa forma junto com uma fonte de 48V, que é de fácil aquisição, o driver entregará um bom desempenho para o projeto e excelente custo-benefício.

Figura 6: Driver DM556.



Fonte: Autoria própria

As configurações do driver são feitas por chaves de mudança (Switch) em sua lateral, podendo selecionar a corrente do motor (SW1, SW2, SW3), seleção de corrente do motor quando estiver parado (SW4) e seleção de micro passos (SW5, SW6, SW7, SW8) (Figura 6).

Para nosso motor será configurado da seguinte forma:

- Corrente de Pico = 4,3A;

- Redução de potência quando parado = $\frac{1}{2}$ corrente;
- Resolução de Micro passo = 1600.

(SW1) = off / (SW2) = on / (SW3) = off / (SW4) = off / (SW5) = off / (SW6) = off / (SW7) = on / (SW8) = on (Figura 7).

Figura 7: Seleção de micro passos no driver DM556.



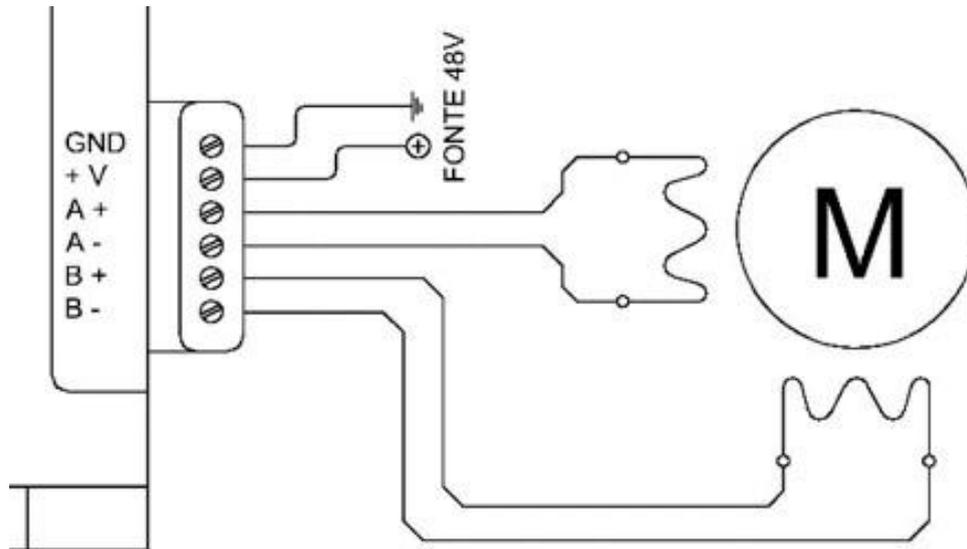
Fonte: Autoria própria

4.5 LIGAÇÃO DO DRIVE COM A MICRO CONTROLADORA

Os Drives serão alimentados com duas fontes de 48V e 10A, de forma que os motores X e Y ficarão em uma fonte e o motor do eixo Z em uma fonte separada para que a corrente total não ultrapasse o limite da fonte. A alimentação positiva da fonte será ligada no pino V+ e a negativa no pino GND (Terra).

Utilizando um motor de passo bipolar de 4 Fios torna-se de fácil instalação no driver, pois basta identificar os fios das bobinas por um simples teste de continuidade com um multímetro, cada bobina será ligada nos respectivos pinos, A+ e A- para uma bobina, e B+ e B- para outra bobina conforme figura 8.

Figura 8: Ligação de fonte e motor no driver.



Fonte: Autoria própria

A controladora permite a ligação de até 4 drivers, podendo ser X, Y, Z e A, sendo o driver “A” para utilização de um 4º eixo, ou utilização dele como “escravo” para clonar mais um eixo e utilizar dois motores para realizar movimento de um eixo em específico. No trabalho proposto utilizaremos apenas 3 eixos.

A ligação dos drives serão com pulsos negativos, utilizaremos da seguinte forma:

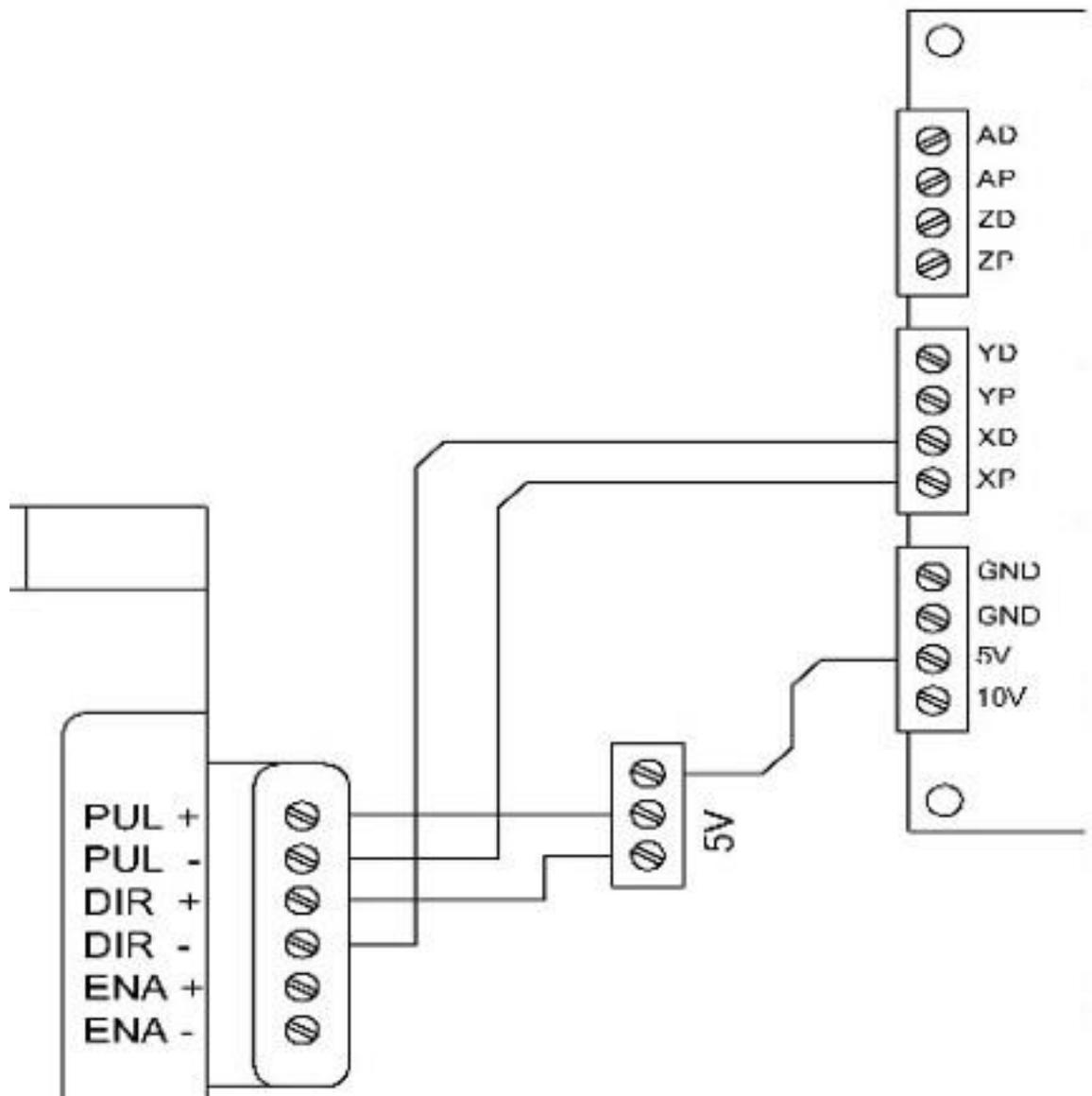
Pul (-): ligado com o sinal de XP (pulso do eixo X) .

Dir (-): ligado com o sinal de XD (direção do eixo X).

Utilizaremos o sinal positivo de 5V da controladora para ligar em Pul (+) e Dir (+).

Por existir apenas um sinal de 5V para alimentar o driver, iremos multiplicar esse sinal, que pode ser feito com um barramento de derivação, ou conectores de derivação rápida tipo *Wago*, conforme apresentado na figura 9.

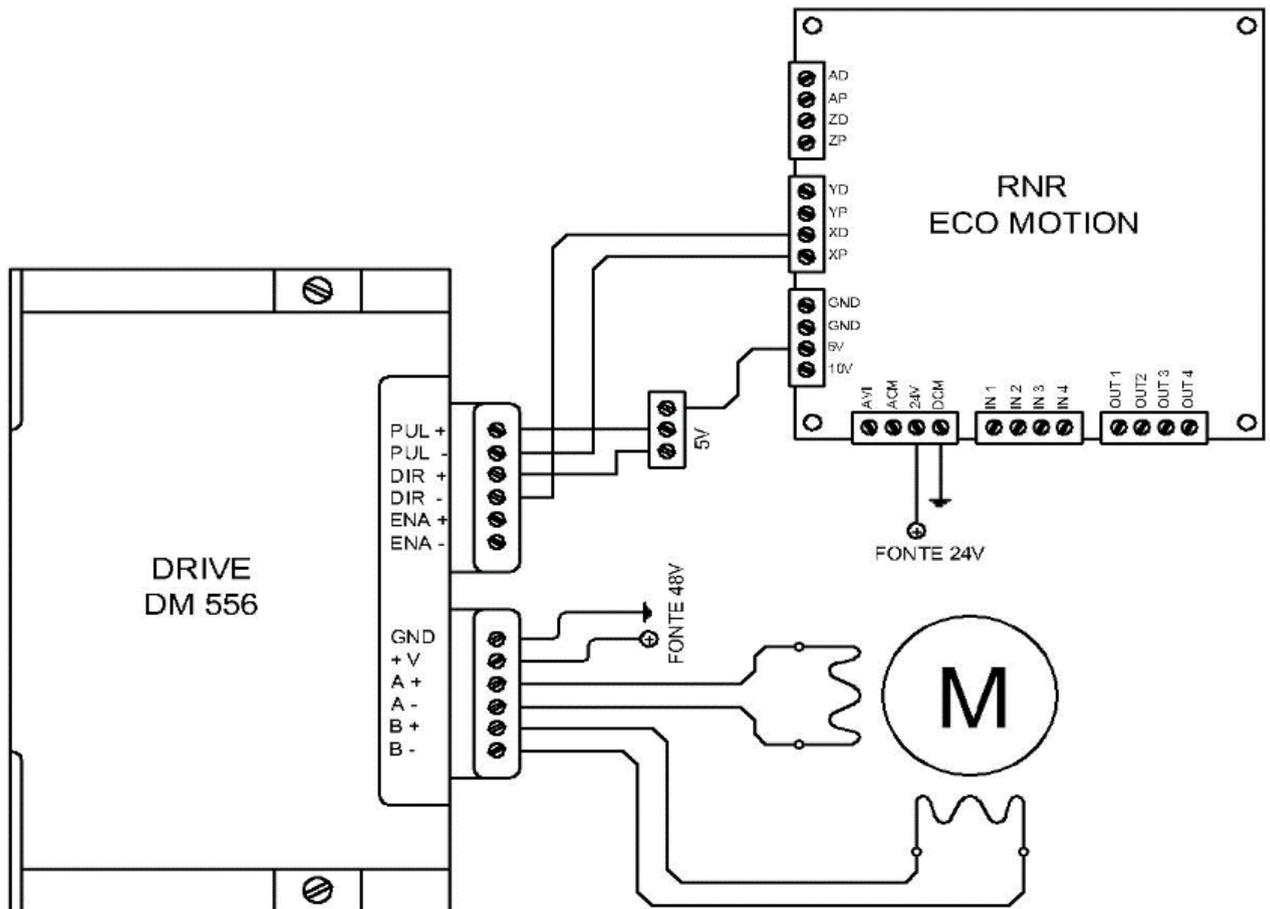
Figura 9: Ligação do Driver na placa controladora.



Fonte: Autoria própria

Na figura 10, é apresentado o esquema da ligação completa do motor e driver.

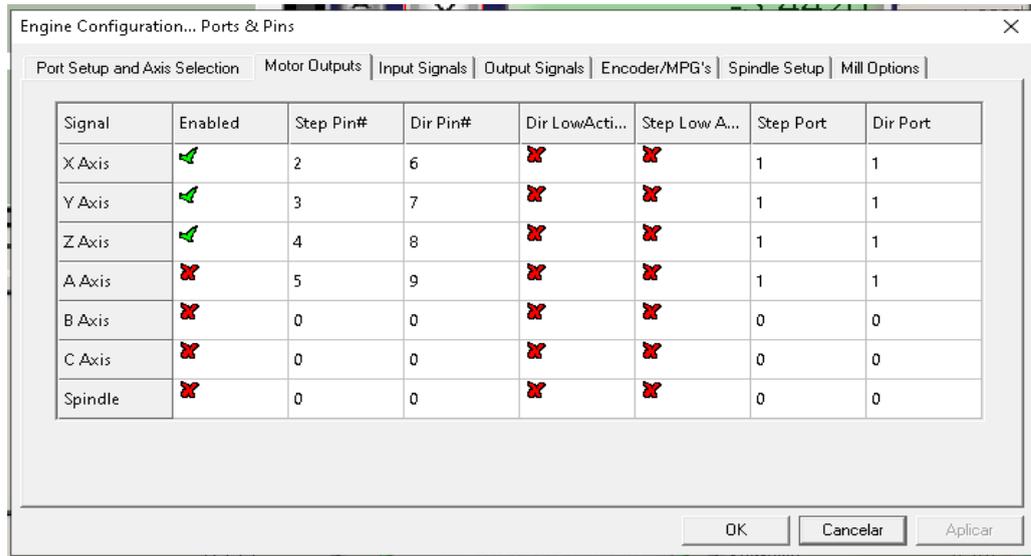
Figura 10: Esquema da ligação do motor e driver.



Fonte: Autoria própria

Ao realizar a ligação dos motores conforme indicado nas etapas anteriores, a placa controladora já irá reconhecer os motores e as entradas, para visualizar as configurações basta entrar em tela inicial do Mach3 *Config / Ports and Pins / Motor Outputs*, conforme figura 11.

Figura 11: Configuração dos motores de passo.



Fonte: Autoria própria

4.6 INSTALAÇÃO E AJUSTES PARA BOTÃO DE EMERGÊNCIA.

Toda máquina CNC de usinagem dispõe de um botão de emergência, além de fazer parte de um sistema de NR12, o botão de emergência é um dispositivo necessário em um painel de comando de máquinas automatizadas, eles em sua maioria para completamente o processo sem desarmar completamente o sistema.

O botão de emergência utilizado será do tipo com retenção, que ao ser pressionado o botão fecha o circuito e mantém até que seja destravado manualmente (figura 12).

Figura 12: Botão de emergencia tipo cogumelo.



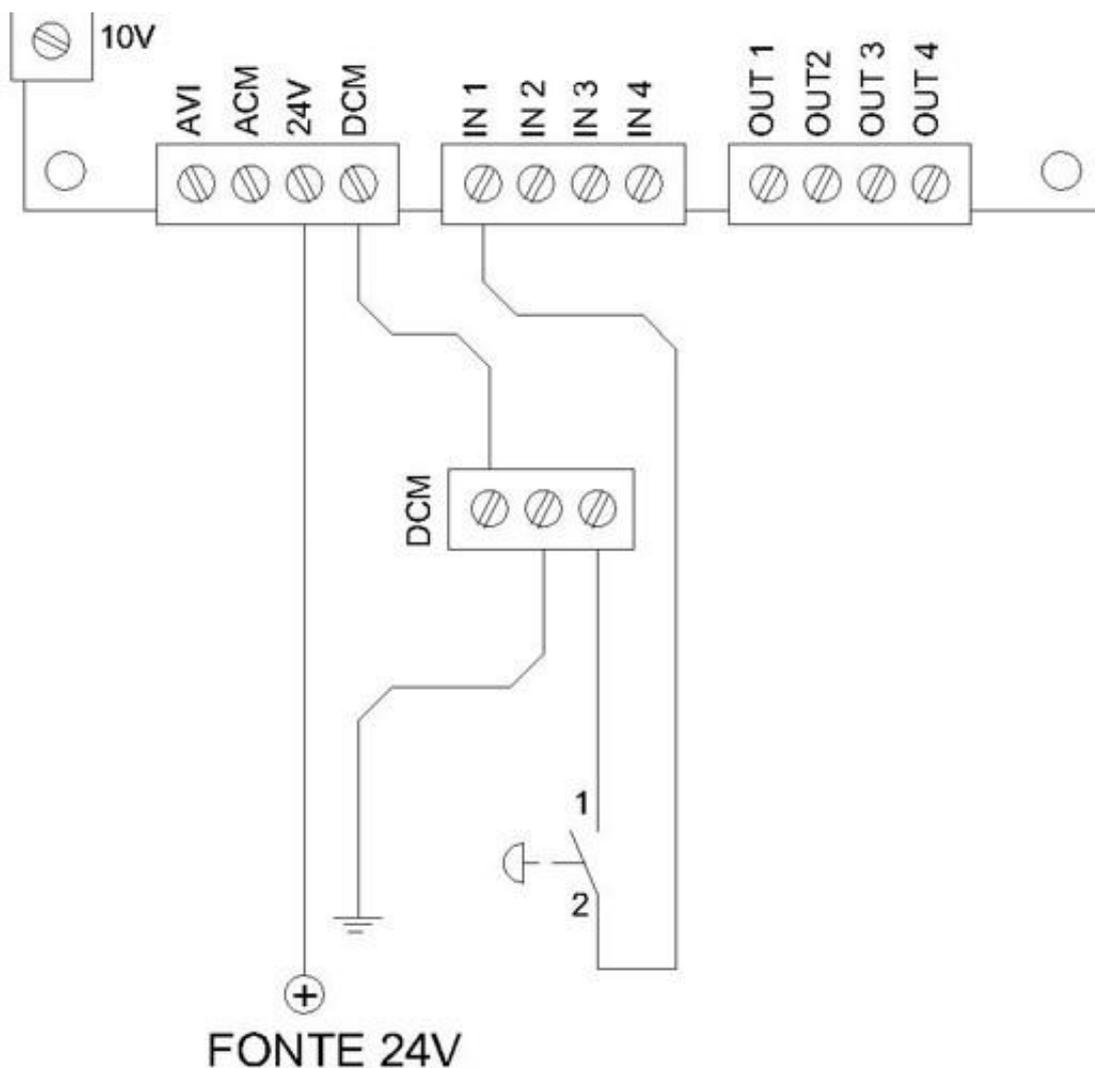
Fonte: Site Aprendendo Elétrica

No Software Mach3 pode ser usado o botão na configuração normal aberto ou normal fechado. Para essa aplicação trabalharemos com ele em normal aberto.

Com um barramento de derivação iremos multiplicar o pino *DCM*, ele gera um sinal negativo, que pode ser conectado para utilizar comandos nas portas de entrada *IN 1*, *IN 2*, *IN 3* e *IN 4*.

O botão de emergência irá pegar um sinal do *DCM* e acionar o pino de entrada *IN 1*, dessa forma quando pressionado o botão de emergência ligado em normal aberto, fechara o circuito na porta do pino *IN 1* (Figura 13).

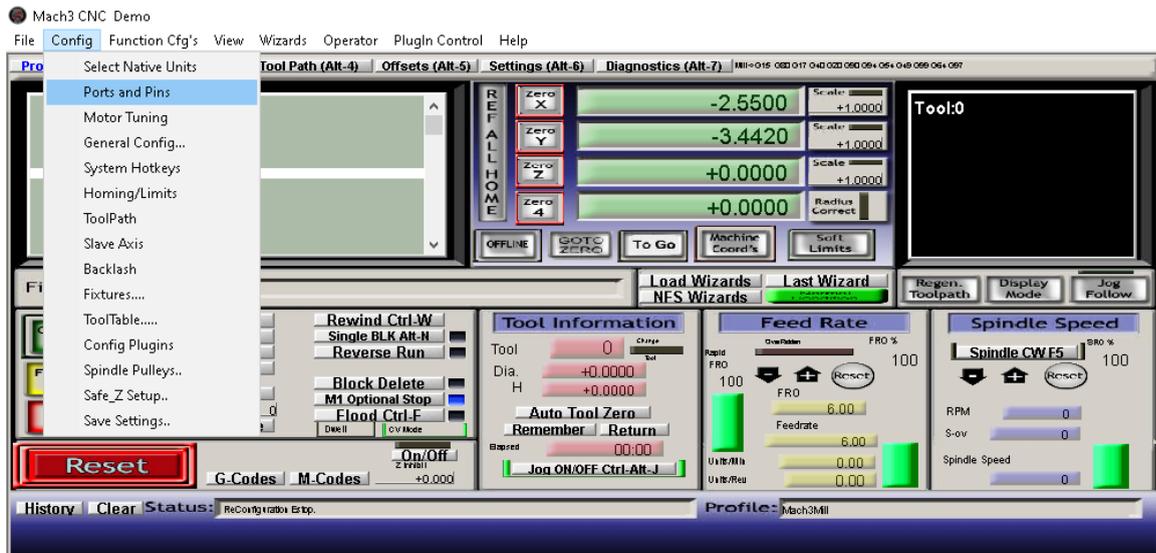
Figura 13: Ligação do Botão de Emergência.



Fonte: Autoria própria

Para realizar a configuração do botão iremos entrar na janela do Mach3 *Config / Ports and Pins*, conforme na figura 14.

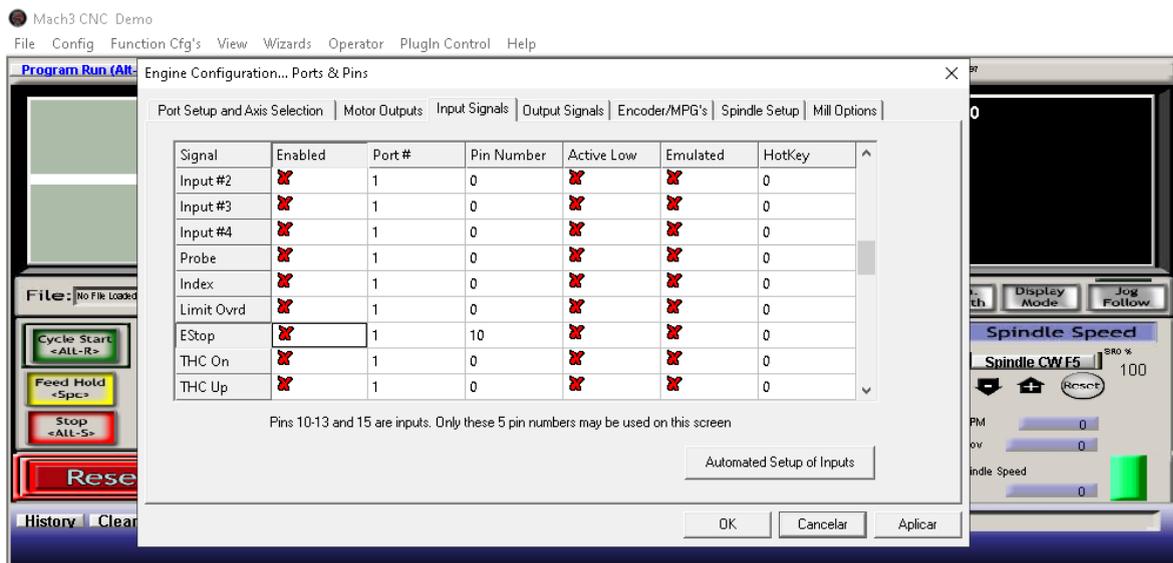
Figura 14: Configuração Botão de Emergência.



Fonte: Autoria própria

Após aberta a página de Portas e Pinos (*Ports and Pins*) iremos configurar o sinal de entrada em *Input Signals*, descendo pela barra de rolagem será possível localizar a opção *EStop*, conforme figura 15.

Figura 15: Página de configuração de portas e pinos.

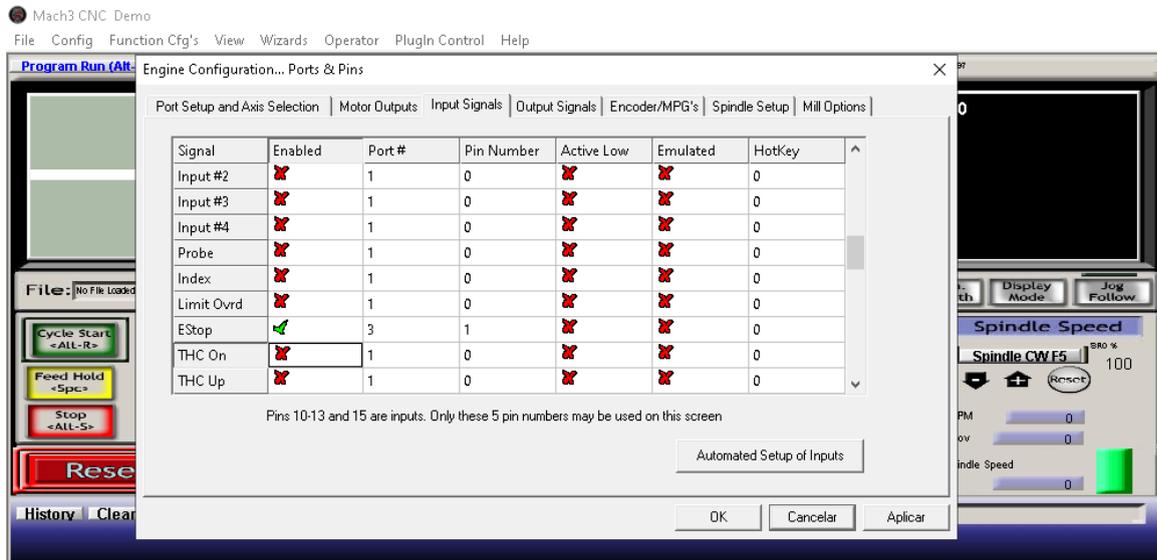


Fonte: Autoria própria.

Normalmente o botão do *EStop* já vem selecionado na coluna *Enabled* (verde). Caso não esteja é só clicar em cima para que seja acionado. Na opção *Port #*

usaremos porta 3 (porta de controle de entrada de sinal da controladora) e o *Pin Number* (IN 1, número do pino de entrada usado na Placa) usaremos o pino que foi ligado o botão do *Stop*, nesse caso conforme na ligação acima usaremos o *Pin Number* 1.

Figura 16: Parâmetros de porta e pino EStop.



Fonte: Autoria própria

Após realizar essas configurações basta clicar em *Aplicar* e *OK* e o botão de emergência já estará configurado.

4.7 INSTALAÇÃO E AJUSTES PARA FIM DE CURSO

Com a mesma finalidade de um botão de emergência, os limites ou fim de curso são sensores que irão impedir a máquina de uma colisão mecânica. Esses limites são sensores colocados no barramento da máquina que realizará a parada antes do fuso chegar ao final de sua extensão.

Esse recurso é um dispositivo de segurança, da qual não utilizamos dentro da operação de trabalho, serve apenas quando está sendo realizada uma operação errada que ultrapasse o plano de trabalho da máquina.

Podem ser usados sensores indutivos, chaves de atuação ou ópticos. Essas opções permitem selecionar a melhor opção para fixação e acionamento do fim de

curso. Na figura 17, sensor de fim de curso com chaveamento por rolete.

Figura 17: Chave Sensor Fim de Curso Micro Switch CNC.



Fonte: Site Mercado Livre

Da mesma forma do botão de emergência, podemos usar o sensor de fim de curso como normal aberto ou normal fechado, para essa aplicação utilizaremos o normal fechado com ligação em série, assim qualquer sensor acionado irá abrir o circuito e parar os movimentos de todos os eixos.

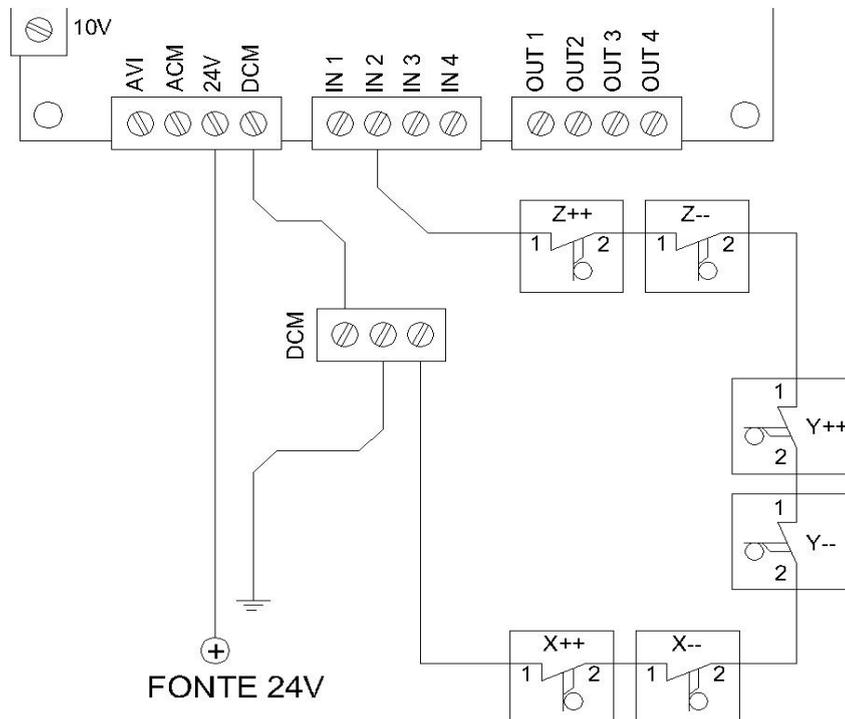
Serão utilizados dois sensores de fim de curso para cada eixo, isso realizará a segurança em avanços de X+ e X- / Y+ e Y- / Z+ e Z- ; e serão ligados em série.

Com um barramento de derivação iremos multiplicar o pino *DCM*, ele vai gerar um sinal negativo, que pode ser conectado para utilizar comandos nas portas de entrada *IN 1*, *IN 2*, *IN 3* e *IN 4*.

O Sensor de fim de curso irá pegar um sinal do *DCM* e acionar o pino de entrada *IN 2*, dessa forma quando acionado o sensor em normal fechado, abrirá o circuito na porta do Pino *IN 2*.

Na figura 18, apresentamos a ligação completa do sensor de fim de curso.

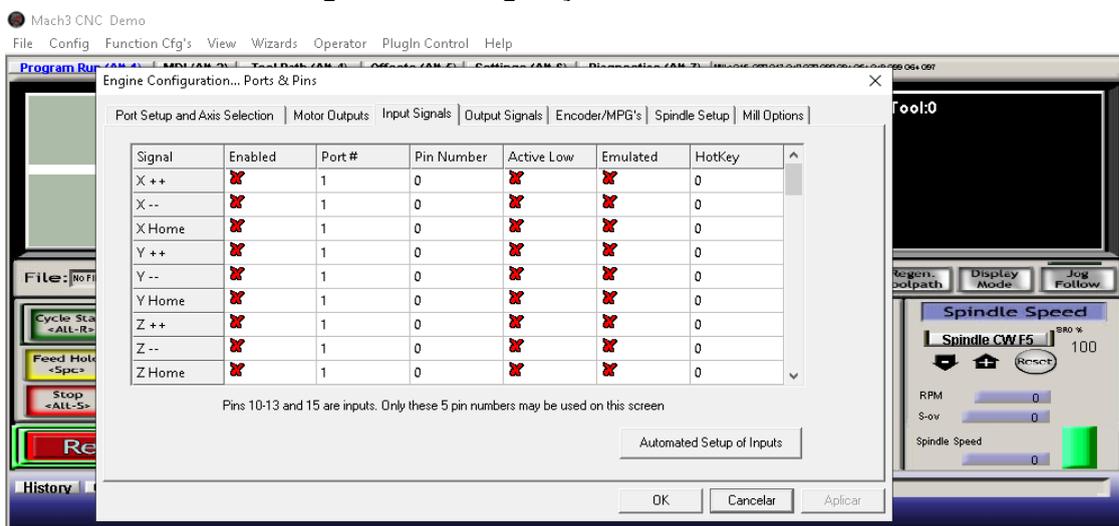
Figura 18: Ligação dos sensores de fim de curso.



Fonte: Autoria própria

Para realizar a configuração do fim de curso, novamente iremos entrar na tela inicial do Mach3 Config / Ports and Pins / Input Signals, conforme na figura 19.

Figura 19: Configuração do Fim de Curso.



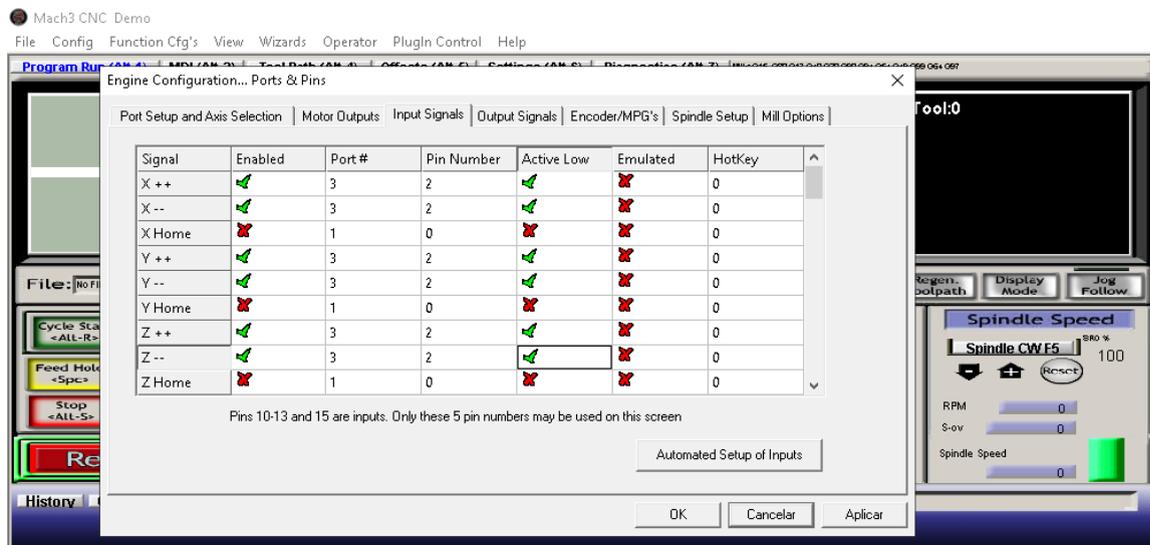
Fonte: Autoria própria

Na coluna *Enabled* habilitaremos o fim de curso dos eixos X++ / X-- / Y++ / Y-- Z++ / Z-- ; na coluna *Port #* selecionaremos porta 3 (porta de controle de entrada de

sinal *RNR Ecomotion*) e na coluna *Pin Number* será colocado a 2 (*IN 2*, número do pino de entrada usado na Placa).

Como utilizaremos o circuito em normal fechado, a entrada *IN 2* já receberá um sinal negativo, por isso habilitaremos a coluna *Active Low*, conforme demonstrado na figura 20.

Figura 20: Parâmetros de porta e pino fim de curso.



Fonte: Autoria própria

Dessa forma o circuito se manterá fechado, quando acionar algum limite de curso será aberto e o comando entenderá que algum limite de curso foi acionado.

Após realizar essas configurações basta clicar em *Aplicar* e *OK* e o botão já estará configurado.

4.8 INSTALAÇÃO E AJUSTES PARA HOME

O posicionamento de *Home* é um recurso muito usado nas máquinas CNC, de modo geral ele serve como referência de posição, podendo a partir dele definir um plano cartesiano a ser utilizado.

Pode ser utilizado como deslocamento rápido para posições de limite de trabalho do barramento, sendo um recurso muito utilizado em máquinas de 3 eixos, onde o operador objetiva subir o eixo "Z+" até o máximo.

Diferente dos sensores de Fim de Curso, o sensor *Home*, é um ponto conhecido onde a máquina está iniciando o trabalho no seu plano cartesiano, e é muito utilizado

na operação da máquina.

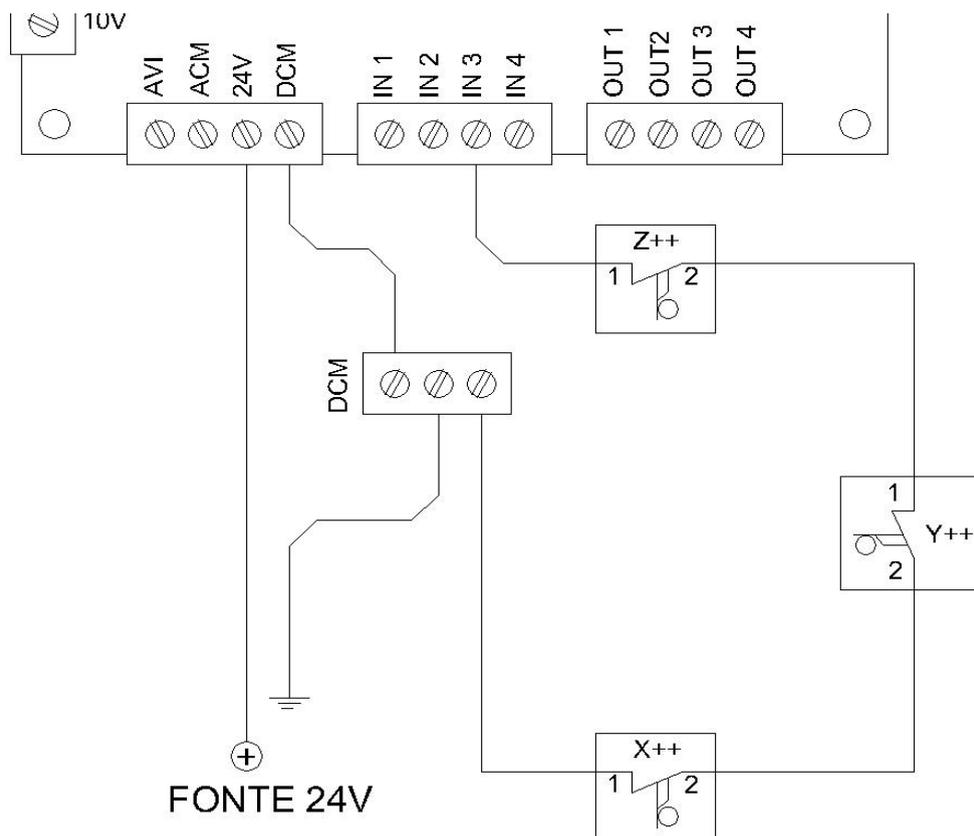
Podem ser usados também com sensores indutivos, chaves de atuação ou ópticos.

Será utilizado um sensor de *Home* para cada eixo, que é o necessário para realizar suas referências em X+ / Y+ / Z+.

Com um barramento de derivação iremos multiplicar o pino *DCM*, ele gerará um sinal negativo, que pode ser conectado para utilizar comandos nas portas de entrada *IN 1*, *IN 2*, *IN 3* e *IN 4*.

O sensor *Home* irá pegar um sinal do *DCM* e acionar o pino de entrada *IN 3*, dessa forma quando acionado o sensor em normal fechado, abrirá o circuito na porta do Pino *IN 3*, conforme é demonstrado na figura 21.

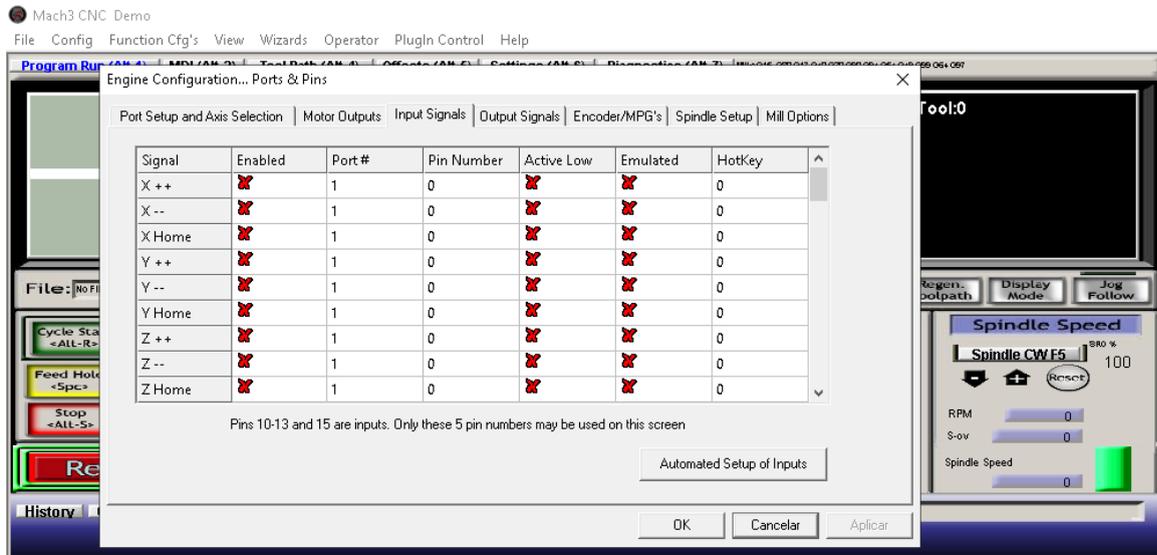
Figura 21: Ligação dos sensores *home's*.



Fonte: Autoria própria

Para realizar a configuração do fim de curso novamente iremos entrar na tela do Mach3 *Config / Ports and Pins / Input Signals* (Figura 22).

Figura 22: Configuração Home.

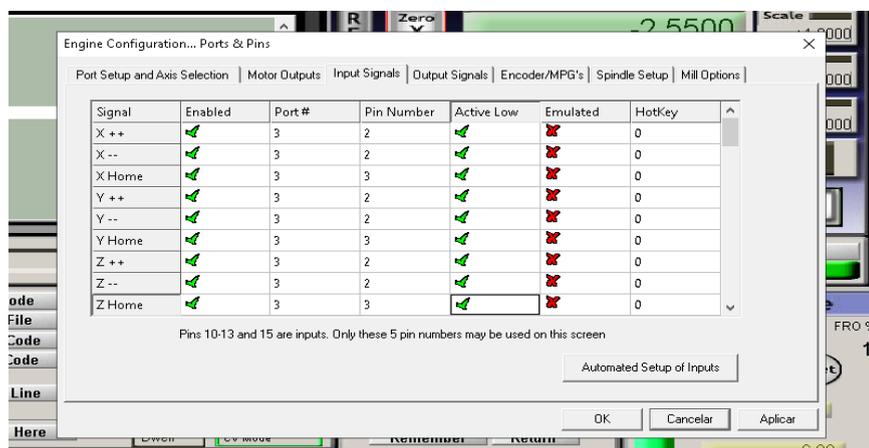


Fonte: Autoria própria

Na coluna *Enabled* habilitaremos o *X Home / Y Home / Z Home*. Na coluna *Port #* selecionaremos porta 3 (porta de controle de entrada de sinal *RNR Ecomotion*) e na coluna *Pin Number* será colocado 3 (*IN 3*, número do pino de entrada usado na Placa).

Como utilizaremos o circuito em normal fechado, a entrada *IN 3* já receberá um sinal negativo, por isso habilitaremos a coluna *Active Low*, conforme demonstrado na figura 23.

Figura 23: Parâmetros de porta e pino sensor Home.



Fonte: Autoria própria.

Após realizar essas configurações basta clicar em *Aplicar* e *OK* e o botão já estará configurado.

4.9 MONTAGEM DO PAINEL

Para realizar a montagem dos componentes eletrônicos, foi utilizado uma caixa de montagem padrão de 400 mm x 300 mm x 200 mm. Essas caixas permitem montar o conjunto em uma placa removível e depois montá-lo dentro da caixa.

Lista de materiais utilizado para montagem da eletrônica:

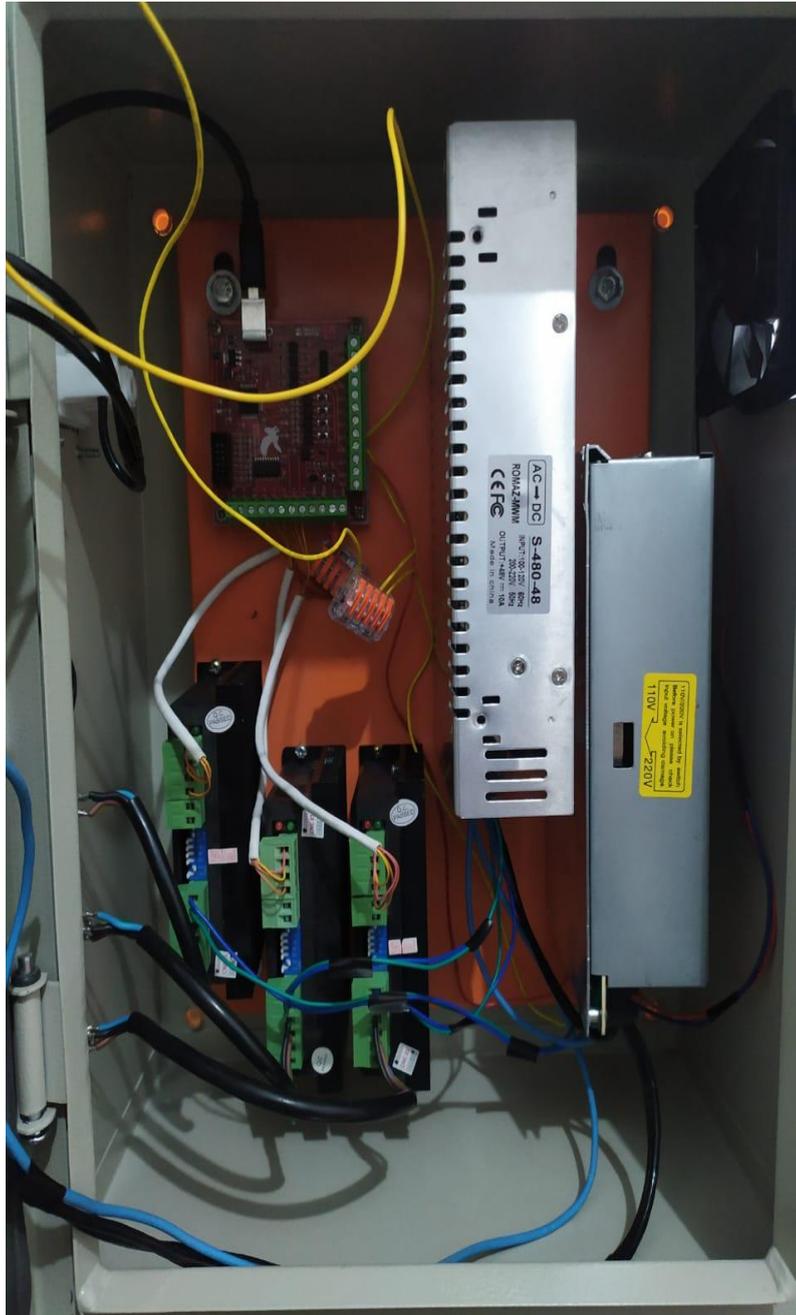
- 01 - Placa Controladora *RNR Eco Motion*
- 03 - Driver DM 556
- 03 - Motores de Passo Nema 23 30 kgf.cm 4A
- 01 - Fonte Chaveada de 48V / 10A
- 01 - Fonte Chaveada de 24v / 10A
- 02 - Derivação Wago 5 vias
- 01 - Metro cabo Manga 04 vias 26 awg
- 03 - Metros de cabo PP 04 vias x 0,75 mm²
- 01 - Botão de Emergência Cogumelo com retenção NA / NF
- 09 - Sensores fim de Curso Micro Switch de roldana
- 03 - Conectores Macho x Femea Mic 4 vias
- 01 - Ventilador Cooler 24V / 80 mm x 80 mm
- 01 - Disjuntor Bipolar de 32A
- 01 - Chave seccionadora 32A
- 01 - Prensa Cabo de 3/8"
- 02 - Prensa Cabo de 1/2"
- 01 - Tomada 2p+t com tampa

Os motores possuem corrente de trabalho de 4A, sendo que a utilização de 3 motores na fonte de 48V ultrapassaria sua capacidade de alimentação, por esse motivo os eixos X e Y serão ligados na fonte de 48V, por se tratar dos eixos que possuem maior quantidade de movimentos e torque.

O driver DM556 podem ser alimentados com tensões de 20V a 50V, dessa forma o eixo Z que sofre menos incrementos e força de usinagem será ligadona fonte

de 24V, junto com a alimentação da controladora e sistema de ventilação (Figura 24).

Figura 24: Montagem do Painel.



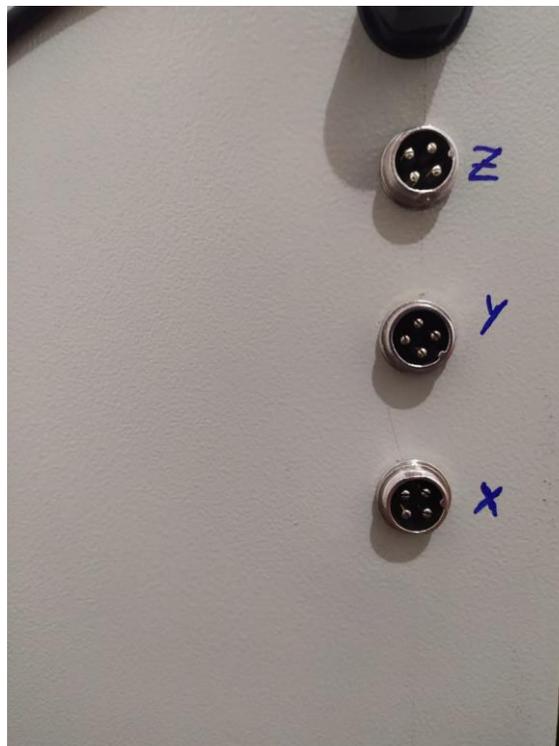
Fonte: Autoria própria

Figura 25: Botão de Emergência e Chave Seccionadora.



Fonte: Autoria própria

Figura 26: Conexões para os eixos X, Y e Z.



Fonte: Autoria própria

4.10 CALIBRAÇÃO DO PASSO DOS EIXOS

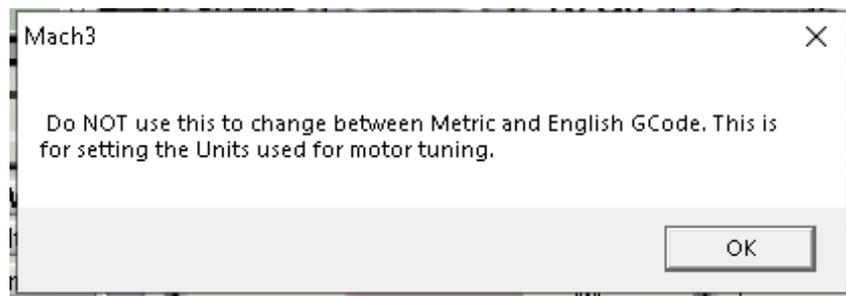
O Mach3 oferece um recurso para ajuste dos passos dos eixos sem necessidade de fazer cálculos de redução com o passo do fuso, utilizando um método de comparação, do qual inserimos uma medida e comparamos com o valor que foi avançado.

Para que essa calibração tenha precisão, deve ser usado um instrumento de medição na casa centesimal, e realizar duas ou mais vezes a calibração para garantir êxito.

Primeiro temos que definir o Mach3 para ser utilizado em milímetros, entrando na tela *Config / Select Native Units*.

Uma janela de alerta informará que a mudança não se aplica em *G-Code*, apenas para definir as unidades usadas no ajuste do motor, seguimos com *OK* (Figura 27).

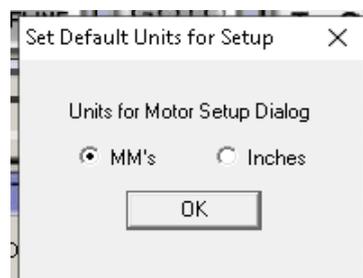
Figura 27: Configuração de unidade de medidas do motor.



Fonte: Autoria própria

Na próxima tela usaremos unidades para configuração em milímetros, como demonstra a figura 28.

Figura 28: Seleção da unidade de medida.



Fonte: Autoria própria

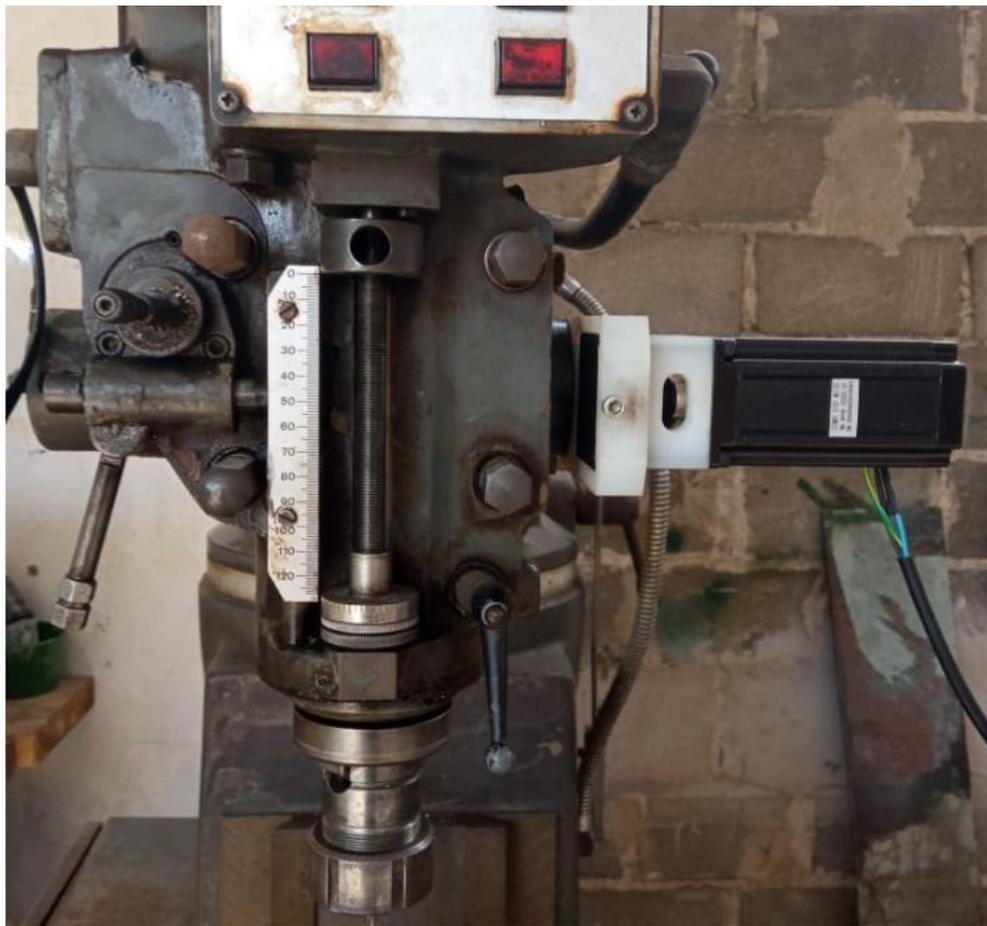
Para melhor demonstração, utilizaremos o eixo "Z" da fresadora ferramenteira,

por se tratar de um eixo que já possui uma escala em milímetros e facilitará o processo.

Será utilizado também um relógio comparador para fazer um ajuste mais preciso.

Posicionaremos o eixo "Z" em 0 mm na escala, conforme imagem 29.

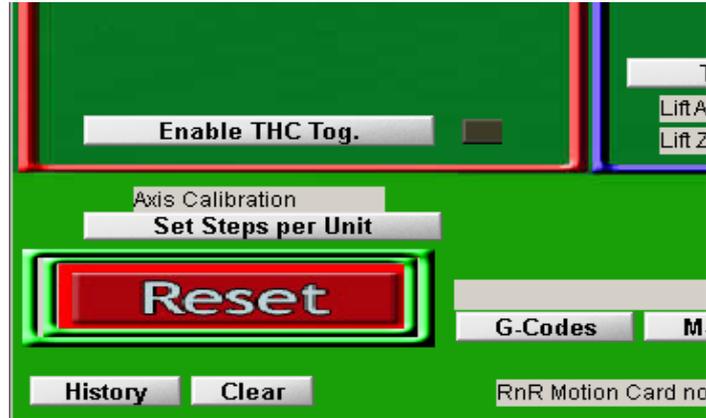
Figura 29: Eixo "Z" cabeçote fresadora ferramenteira.



Fonte: Autoria própria

Para iniciar o ajuste, deve-se entrar na aba *Settings* (*Alt F6*) que fica na página inicial do Mach3. No canto inferior esquerdo clicaremos em *Set Steps per Unit*, como demonstra na figura 30.

Figura 30: Página *Settings* Mach3.



Fonte: Autoria própria

Na caixa de diálogo selecionaremos o eixo "Z" e clicaremos *OK* (figura 31).

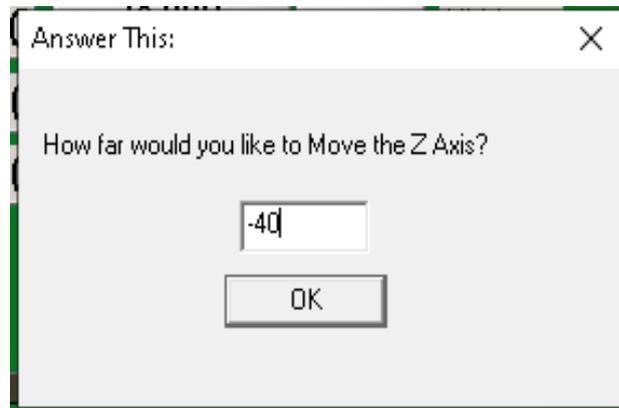
Figura 31: Ajuste de passo Mach3.



Fonte: Autoria própria

A próxima caixa de diálogo, perguntará qual medida será inserida para comparação, colocaremos "- 40", para que o eixo "Z" da fresadora desça 40 mm, em seguida clicaremos em *OK* (Figura 32).

Figura 32: Medida de descida do eixo Z.



Fonte: Autoria própria

O eixo da máquina irá se deslocar, com uma configuração inicial qualquer, podendo ou não passar muito da medida de 40 mm, no nosso caso, a medida ficou aproximadamente em 35 mm, como é demonstrado na figura 33.

Figura 33: Eixo "Z" cabeçote fresadora ferramenteira.

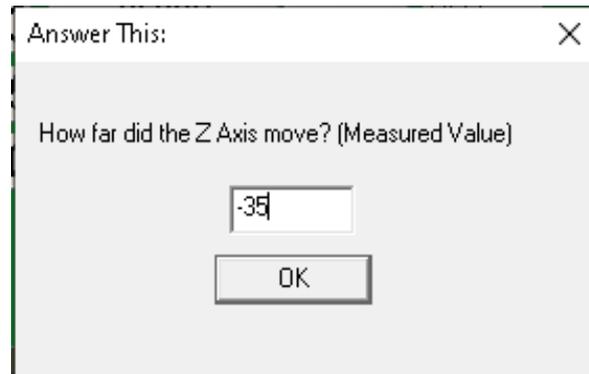


Fonte: Autoria própria

Após se deslocar o Mach 3 mostrará uma mensagem perguntando quanto foi o

deslocamento (Figura 34).

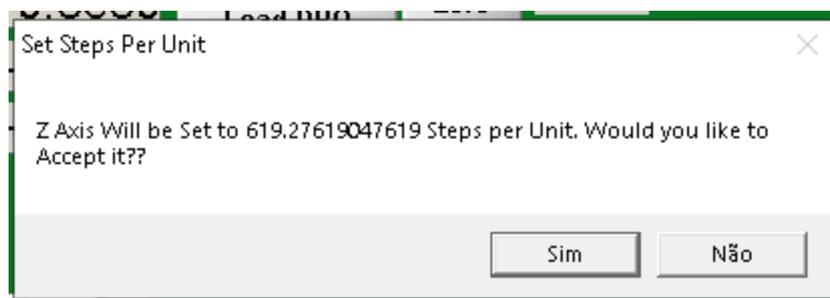
Figura 34: Medida de comparação do movimento.



Fonte: Autoria própria

Ao inserir a medida será gerado o valor do passo em relação ao passo do deslocamento da máquina (Figura 35).

Figura 35: Medida de parâmetro do eixo.



Fonte: Autoria própria

Basta clicar no botão “Sim” para inserir os valores no parâmetro do Mach3. Por se tratar de um método de comparação, é importante que faça no mínimo duas vezes, para ter certeza de que o eixo irá se deslocar conforme o *G-Code*.

Conforme as orientações anteriores, foi feito novamente todo o processo utilizando um relógio comparador, para garantir a precisão e confiabilidade na hora da usinagem conforme figura 36.

Figura 36: Ajuste Passo Mach 3.



Fonte: Autoria própria

4.11 TESTE DE MOVIMENTAÇÃO NO EIXO Z

Como o projeto se trata de um “Projeto Piloto” em fresadora ferramenteira, e é comum surgir imprevistos, não foi possível atender o cronograma acadêmico e realizar a montagem dos demais eixos, levando em consideração que demandaria de mais tempo para ser finalizado, porém foi possível realizar testes simples com utilização de ciclo de furação para analisar se o comando comportaria conforme o esperado.

O ciclo utilizado foi o G83, para realizar furação com retração de quebra cavaco,

conforme descrito abaixo:

G0 G49 G40 G17 G80 G50 G90

M6 T1

G21 (mm)

M03 S600

G90

G00 Z10

G83 X0 Y0 Z-30 Q5 R10 F80.

G80

M5 M9

G0 Z50

M30

Os testes foram realizados com avanço de 80 mm / min, realizando furação em alumínio, iniciando com 10% do potenciômetro e após algumas furações foram feitos testes com 100% do potenciômetro.

O comando se demonstrou muito promissor, realizando furações dentro das tolerâncias no eixo "Z". Foram realizadas diversas furações, e comparando seus valores com paquímetro, todas tiveram retabilidade em sua profundidade.

O comportamento do motor se apresentou normal como o esperado, realizando as furações, levando em consideração ao seu suporte que para teste foi feito de nylon.

Ao realizar teste em aço 1020, o suporte de nylon não teve resistência suficiente para suportar o torque aplicado do motor, sendo necessário a confecção de um suporte de aço ou alumínio.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização do trabalho de automação dos 3 eixos da fresadora ferramenteira é justificável afirmar que proporcionou um conhecimento e aprendizado em várias áreas e tem sido de grande evolução didática para ambos os autores da pesquisa, da mesma forma encoraja novos leitores que buscam modernizar máquinas convencionais a iniciarem seus projetos.

A proposta principal desse trabalho é a montagem do comando CNC que pode ser utilizado em diversos tipos de máquinas, sendo realizado com eletrônica de baixo custo comparado a um comando CNC feito por empresas de grande desenvolvimento, esse trabalho pode ser continuado em máquinas convencionais da instituição (Fatec de Pindamonhangaba) que dispõe de laboratórios e oficinas para a fabricação e montagem, além de possuir acervo de máquinas que poderão ser automatizadas.

A eletrônica do comando numérico projetado se demonstrou muito satisfatório, sendo que nesse trabalho ficamos restritos apenas a testes no eixo Z da fresadora por questões de tempo e cronograma acadêmico para realização dos demais eixos, ficando como proposta para outro trabalho a continuação.

Foi visto também que o Mach3 oferece muitos recursos mesmo sendo em sua versão Gratuita, mostrando ser vantajoso e acessível investir em um software com sua licença paga para poder utilizar ainda mais recursos.

A máquina proposta de automação foi a fresadora ferramenteira, mas esse trabalho abrange várias máquinas de uso na indústria metal mecânica, podendo servir de guia para automatização de outros equipamentos que tem a proposta de utilizar o comando Mach3.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com o encerramento desse trabalho foram analisadas sugestões para

trabalhos futuros:

- Confecção de mesa coordenadas para inserir o sistema de acionamento dos eixos X e Y.
- Utilização de malha fechada e motores com encoder, com maior capacidade de torque e velocidades de maior performance.
- Utilização das demais funções da placa controladora, como acionamento e controle do eixo arvore com inversora, acionamento de refrigeração da máquina e utilização de sensor para zeramento do eixo Z (probe).
- Realizar padronização de peças e componentes eletrônicos para que seja de fácil manutenção.
- Buscar outras opções de controladoras acessíveis no mercado que permite controle sem necessidade de um microcomputador.
- Construir um projeto de modernização entro dos padrões NR12 para a fresadora ferramenteira.

REFERÊNCIAS

- ACARNLEY, P. P. **Stepping Motors: A guide to Theory and Practice**, 4. ed. 2002.
- ANDRADE, Maria Margarida de. **Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação: noções práticas. 5ª Edição**. Editora Atlas, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6162: Movimentos e Relações Geométricas na Usinagem dos Metais**. São Paulo, 1989. 37 p.
- CRAVO, Edilson. **Router Mach3: Entenda como utilizar o software de controle CNC**. 2022. Disponível em: <https://blog.kalatec.com.br/router-mach3/>. Acesso em: 17 nov. 2022.
- FREIRE, José de Mendonça. **Fresadora**. 1.ed. Rio de Janeiro: S.A, 1983.
- HÜNEMEYER, F. J. **Proposta de implantação das funções de planejamento e controle da manutenção (PCM) em uma linha de produção**. 2017. 123 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2017.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 384 p.
- MAGGIO, Eduardo Gomes Ribeiro et al. **Uma heurística para a programação da produção de sistemas flexíveis de manufatura usando modelagem em redes de Petri**. 2005.
- MARCORIN, Wilson Roberto; LIMA, Carlos Roberto Camello. **Análise dos Custos de Manutenção e de Não manutenção de Equipamentos Produtivos**. Revista de Ciência & Tecnologia, Santa Bárbara D' oeste, v. 11, n. 22, p. 35-42, 2003. Jul./Dez.
- MUNDO CNC. Mundo CNC: **Você sabia?** , c2008. Disponível em: <https://www.mundocnc.com.br/artigos/dicas/01/>. Acesso em 15 de novembro 2022.
- PAZOS, Fernando. **Automação de Sistemas e Robótica**. Rio de Janeiro, Editora Axcel Books do Brasil, 1ª edição, 2002. 239 p.
- PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de Manutenção - Teoria e Prática**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2009.
- PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição**. Editora Feevale, 2013.

ROSÁRIO, João Mauricio. **Automação Industrial**. 1 Edição. Editora Baraúna, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002. 703 p.

XENOS, Harilaus Gerogius D'Philippos, **Gerenciando a manutenção produtiva**, Belo Horizonte, 1998.

