INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

FELIPE DOS PASSOS CARDOSO

Desenvolvimento de uma fresadora CNC para confecção de antenas planares

São José - SC

dezembro/2023

DESENVOLVIMENTO DE UMA FRESADORA CNC PARA CONFECÇÃO DE ANTENAS PLANARES

Projeto de Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenadoria do Curso de Engenharia de Telecomunicações do campus São José do Instituto Federal de Santa Catarina para a aprovação do tema perante banca na disciplina de TCC1.

Orientador: Prof. Evanaska Maria Barbosa Nogueira, Dr.

São José - SC

dezembro/2023

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO . . . 3
1.1 Objetivo geral . . . 4
1.2 Objetivos específicos . . . 4
1.3 Organização do texto . . . 4

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . . 5
2.1 Máquinas CNC . . . 5
2.1.1 Fresadora CNC . . . 5
2.1.1.1 Pórtico móvel . . . 6
2.1.1.2 Pórtico fixo . . . 6
2.1.2 Elementos de uma fresadora . . . 6

3 PROPOSTA . . . 7
3.1 Metodologia . . . 7
3.1.1 Análise de soluções implementadas . . . 7
3.1.2 Definição de componentes . . . 7
3.1.3 Modelagem da fresadora . . . 8
3.1.4 Montagem e configuração . . . 8
3.1.5 Confecção de antena para teste . . . 8
3.1.6 Elaboração do guia de utilização e manutenção . . . 8
3.2 Resultados esperados . . . 8
3.3 Cronograma das atividades . . . 9

REFERÊNCIAS . . . 11

1 INTRODUÇÃO

Dispositivos de comunicação sem fio são utilizados em diversos cenários, incluindo residências e setores industriais, desempenhando um papel essencial na troca de informações e conexões globais. Nesses equipamentos, as informações são transmitidas e recebidas por meio de ondas eletromagnéticas, o que torna o par de antenas um componente crucial na comunicação sem fio. Com os avanços tecnológicos contínuos, esses dispositivos estão se tornando mais complexos em termos de processamento e mais eficientes no consumo de energia, além dos tamanhos se tornarem cada vez mais compactos (PIRES; SILVA, 2017). Como resultado, a indústria está em busca de antenas menores e mais eficientes.

As antenas de microfita, incluindo *patch*, monopolo impresso e PIFA (*Planar Inverted-F Antenna*), são amplamente usadas em dispositivos de comunicações sem fio. As antenas do tipo *patch* possuem um elemento irradiante impresso sobre um substrato dielétrico, com um plano de terra oposto e se destacam pelo baixo custo, adaptabilidade a diferentes superfícies, capacidade de assumir vários formatos e tamanho compacto (OLIVEIRA, 2008). Isso possibilita sua integração em dispositivos móveis que compõem os sitemas de telecomunicações.

O desenvolvimento de antenas para dispositivos sem fio é resultado do aprofundamento em pesquisas e experimentações, especialmente aquelas envolvendo antenas impressas nas frequências de micro-ondas. No câmpus São José do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), o projeto de pesquisa e extensão intitulado **Estudo e desenvolvimento de antenas planares de baixo custo**[1] visa aprofundar os estudos sobre antenas impressas e sua implementação em substratos de baixo custo. Dessa forma, busca preencher uma lacuna significativa no ensino e pesquisa na área de circuitos de radiofrequência na banda de micro-ondas.

Projetar e fabricar antenas em substratos apresenta inúmeras dificuldades que desafiam engenheiros e pesquisadores. A etapa de fabricação desempenha um papel crucial na produção de antenas impressas em substratos, mas a busca pela robustez e precisão resulta na utilização de equipamentos de alto custo. Esse custo elevado pode tornar inviável a utilização desses equipamentos em ambientes educacionais dentro de uma instituição. Uma solução promissora para essa etapa é a adoção de uma fresadora CNC de pequeno porte, uma máquina de usinagem que utiliza a tecnologia de Comando Numérico Computadorizado (CNC) para automatizar o processo de produção de peças, exigindo pouca intervenção do operador (POLASTRINI, 2016).

A usinagem abrange diversos processos de fabricação nos quais ocorre a remoção

[1] Chamada interna No. 51/2019/PROPPI do câmpus São José - IFSC

de material de forma controlada de um objeto original. Esses processos incluem o fresamento, a furação e o torneamento, resultando na criação de peças com a forma desejada (CAVENAGHI; CAVENAGHI; GONZALEZ, 2022). Uma fresadora CNC fabrica a peça por meio do fresamento, processo no qual a ferramenta gira enquanto a mesa movimenta a peça nos eixos longitudinal e transversal. Essa característica única diferencia o fresamento de outros processos de usinagem, proporcionando à fresadora a capacidade de executar uma ampla variedade de trabalhos com precisão (COSTA, 2003).

Este trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma fresadora CNC de pequeno porte e com baixo custo, integrando componentes de *hardware* e *software* existentes, voltada para fabricação de antenas impressas. Além disso, a fresadora poderá ser utilizada na produção de outros circuitos impressos para auxiliar na modernização dos projetos integradores e enriquecer o processo de aprendizagem nas disciplinas que envolvem eletrônica no câmpus São José do IFSC.

1.1 Objetivo geral

Possibilitar a confecção de antenas planares e outros circuitos impressos para fins didáticos, por meio de uma fresadora CNC de pequeno porte.

1.2 Objetivos específicos

1. Pesquisar soluções já implementadas de fresadoras CNC de pequeno porte;
2. Definir os componentes de *hardware* e *software* da fresadora proposta;
3. Modelar a estrutura e a disposição dos componentes da fresadora CNC;
4. Montar e configurar a fresadora;
5. Testar a fresadora com a confecção de uma antena impressa;
6. Escrever guia de utilização e manutenção da fresadora CNC.

1.3 Organização do texto

O restante do documento segue a seguinte estrutura: no Capítulo 2, é apresentada uma breve revisão bibliográfica dos conceitos e tecnologias utilizados para auxiliar no desenvolvimento do projeto. O Capítulo 3 detalha a metodologia a ser empregada no desenvolvimento, incluindo o cronograma das atividades e os resultados esperados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção apresenta uma breve revisão bibliográfica destacando os conceitos e tecnologias utilizados durante o desenvolvimento das atividades.

2.1 Máquinas CNC

Uma máquina CNC pode ser entendida como sendo um equipamento que utiliza a tecnologia de Comando Numérico Computadorizado (CNC) para produção de peças em um processo automatizado com pouca interação de um operador (POLASTRINI, 2016). Um elemento importante em uma máquina CNC é o chamado eixo-árvore que consiste no eixo principal composto pela ferramenta responsável pela fabricação das peças.

As características de uma máquina CNC são geralmente identificadas por sua estrutura física, apesar das semelhanças entre diferentes tipos. Cada máquina tem sua própria forma de funcionamento e aplicação, embora possam produzir o mesmo resultado final. Alguns tipos de máquinas CNCs são: impressoras 3D, tornos ou fresadoras CNC (AMORIM; FILHO; ROSA, 2019).

2.1.1 Fresadora CNC

A fresadora CNC utiliza o fresamento, um processo de usinagem em que a ferramenta gira enquanto a mesa movimenta a peça nos eixos longitudinal e transversal, removendo material de forma controlada para criar peças com a forma desejada. Em algumas situações, a mesa pode permanecer estática, permitindo que a ferramenta execute todos os movimentos necessários. Essa característica exclusiva diferencia a fresadora de máquinas que utilizam outros processos de usinagem, garantido à fresadora CNC a capacidade de executar diversos trabalhos com alta precisão (COSTA, 2003).

Pode se classificar uma fresadora de acordo com o tipo de orientação do eixo-árvore em relação à mesa de trabalho, local onde a peça é usinada. Uma fresadora vertical é aquela que tem o eixo-árvore perpendicular à mesa de trabalho, já na fresadora horizontal, o eixo principal e a mesa de trabalho estão alinhados paralelamente (SANCHES, 2009).

De acordo com Sanches (2009), as fresadoras mais comuns são do tipo vertical e com sua estrutura composta por três eixos denominados X, Y e Z, que são interpretados semelhante ao espaço cartesiano. Esse tipo de máquina CNC é formado por uma estrutura chamada de pórtico, composta pelo eixo X e o eixo Z (eixo-árvore), e pela mesa de trabalho, onde fica o eixo Y. A fresadora vertical pode ser divida em dois subtipos com relação à

fixação do seu pórtico: móvel e fixo.

2.1.1.1 Pórtico móvel

Na fresadora CNC com pórtico móvel, a estrutura do pórtico desloca-se sobre as guias ou trilhos fixados na mesa de trabalho. Apesar de fornecer um projeto mais compacto, exige um maior nível de complexidade na construção e a precisão depende muito da sincronia e alinhamento entre os componentes (LEAL; RIBAS, 2015).

2.1.1.2 Pórtico fixo

A fresadora com pórtico fixo é construída com a mesa de trabalho móvel deslocando-se sobre guias ou trilhos representando o eixo Y e a estrutura do pórtico fixada sobre uma base. Uma vez que o pórtico é composto pela maior parte dos componentes de uma fresadora vertical, esse tipo de máquina possui um menor deslocamento de massa e uma maior facilidade na montagem (LEAL; RIBAS, 2015)

2.1.2 Elementos de uma fresadora

Segundo Polastrini (2016), a arquitetura de uma fresadora CNC vertical pode ser dividida em:

- **Sistemas mecânicos** – tipo de material da estrutura, mesas de trabalho e dos eixos, componentes de fixação e também os mecanismos utilizados para os sistemas de deslocamento e tração;
- **Componentes eletrônicos** – motores para sistema de tração, sensores de fim de curso, atuadores, placa controladora, *driver* de acionamento e fonte de alimentação;
- **Ferramenta de corte** – motor de usinagem (*spindle*), pinça de fixação e fresas (peças para remoção do material);
- **Sistema embarcado** – *firmware* da placa controladora.

3 PROPOSTA

Este trabalho tem como objetivo principal modelar e construir uma fresadora CNC de pequeno porte, utilizando componentes de *hardware* e *software* existentes. A fresadora será utilizada para fabricação de antenas impressas em substratos de baixo custo visando aprimorar o ensino e a pesquisa em dispositivos de irradiação e captação de ondas eletromagnéticas no câmpus São José do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC). Além disso, possibilitará a criação de PCIs para melhorar o processo de aprendizagem nas disciplinas de eletrônica e modernizar os projetos integradores, garantindo maior precisão na fabricação dos circuitos. Na seção 3.1 é apresentada a metodologia para se atingir os objetivos propostos. Os resultados esperados e o cronograma de atividades são descritos, respectivamente, na seção 3.2 e na seção 3.3.

3.1 Metodologia

Nas próximas seções, são detalhadas as etapas essenciais para alcançar os objetivos definidos, incluindo a pesquisa de soluções existentes, a definição de componentes, a modelagem e montagem da fresadora, teste com fabricação de antena e a elaboração do guia de utilização e manutenção.

3.1.1 Análise de soluções implementadas

Nesta primeira etapa será realizada uma pesquisa bibliográfica para explorar soluções já implementadas de fresadoras CNC de pequeno porte para uso em processo de aprendizagem. Serão consultados trabalhos publicados, artigos científicos e recursos *online* relevantes para obter informações sobre componentes utilizados e as melhores práticas nessa área.

3.1.2 Definição de componentes

Com base nos conhecimentos adquiridos na etapa de análise das soluções implementadas, serão definidos os componentes de *hardware* e *software* necessários para a construção da fresadora CNC. Será realizada uma pesquisa de mercado e uma análise de requisitos para identificar as opções disponíveis e escolher os componentes mais adequados às necessidades do projeto.

3.1.3 Modelagem da fresadora

Nesta etapa, será utilizado um *software* de *Computer-Aided Design* (CAD) para modelagem e dimensionamento da fresadora CNC, permitindo a criação detalhada da estrutura da máquina. Através do *software*, será possível projetar, definir as medidas e visualizar a disposição dos componentes antes da sua montagem física. Essa abordagem garantirá um planejamento preciso e eficiente do projeto da fresadora CNC.

3.1.4 Montagem e configuração

Após a modelagem, será realizada a montagem e configuração da fresadora CNC, seguindo o modelo definido e as especificações dos componentes. Serão aplicadas as ferramentas e técnicas adequadas, levantadas na etapa de análise de soluções, para assegurar o correto funcionamento da máquina.

3.1.5 Confecção de antena para teste

A fim de validar a fresadora, será realizado a simulação e fabricação de uma antena planar e os resultados obtidos serão avaliados considerando a precisão e a qualidade da antena fabricada.

3.1.6 Elaboração do guia de utilização e manutenção

Nesta etapa será produzido um guia de utilização e manutenção da fresadora CNC, que servirá como um documento de referência para os usuários. O guia abordará os procedimentos de operação, os cuidados necessários e as medidas de manutenção para garantir o bom funcionamento da máquina ao longo do tempo.

3.2 Resultados esperados

Este trabalho busca alcançar os seguintes resultados esperados relacionados aos objetivos definidos:

1. **Análise de soluções existentes**: espera-se obter um levantamento e uma análise crítica de pelo menos três soluções já implementadas de fresadoras CNC de pequeno porte para fins didáticos. Isso fornecerá um panorama das tecnologias e componentes disponíveis e das melhores práticas utilizadas para montagem e configuração da máquina;

2. **Definição dos componentes**: será realizada a definição dos componentes de *hardware* e *software* necessários para a construção da fresadora CNC de pequeno

porte. Essa definição será baseada em uma pesquisa de mercado e na análise de requisitos, garantindo a escolha adequada dos componentes;

3. **Modelagem, montagem e configuração**: os resultados esperados incluem a construção de uma fresadora funcional, com precisão e robustez suficientes para a fabricação de antenas planares e outros circuitos impressos;

4. **Testes de fabricação**: espera-se que a fresadora seja capaz de produzir antenas e Placa de Circuito Impresso (PCI) com uma boa precisão e qualidade que atenda as necessidades do processo de aprendizagem;

5. **Elaboração do guia**: o resultado esperado é um guia abrangente que facilitará o uso da máquina e contribuirá para sua durabilidade e eficiência.

Espera-se que este trabalho contribua significativamente para o avanço na área de circuitos de radiofrequência na banda de micro-ondas no câmpus São José do IFSC, fortalecendo a pesquisa e o ensino de irradiação e captação de ondas eletromagnéticas. O desenvolvimento da fresadora CNC permitirá a confecção de antenas planares e circuitos impressos para fins didáticos, enriquecendo o processo de aprendizagem.

3.3 Cronograma das atividades

Para o desenvolvimento das etapas definidas na seção 3.1 e conclusão do projeto, foram definidas as atividades elencadas a seguir e os prazos apresentados no Quadro 1.

- A1: Levantamento bibliográfico e análise das soluções implementadas;
- A2: Estudo e definição dos componentens de *hardware* e *software*;
- A3: Modelagem e aquisição dos componentes;
- A4: Montagem e configuração da fresadora CNC;
- A5: Preparação e execução dos testes de fabricação da antena;
- A6: Elaboração do guia de utilização e manutenção;
- A7: Ajustes e documentação do desenvolvimento.

Quadro 1 – Cronograma de atividades previstas

Atividades	Mês					
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.
A1	√					
A2		√				
A3		√				
A4			√	√		
A5				√	√	
A6					√	√
A7			√	√	√	√

Fonte: Elaborada pelo autor.

REFERÊNCIAS

AMORIM, E. A. P.; FILHO, J. F. V. R.; ROSA, M. V. D. O. G. *Desenvolvimento de uma máquina CNC sem estrutura de apoio fixa com estrutura do eixo X acoplável e estrutura do eixo Y extensível*. 88 f. Monografia (Bacharel em Engenharia da Computação) — Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2019. 5

CAVENAGHI, B. A. de G.; CAVENAGHI, C. A. de G.; GONZALEZ, J. F. P. Desenvolvimento de uma máquina fresadora CNC multifunção de baixo custo. *Revista Mackenzie de Engenharia e Computação*, GN1 Sistemas e Publicacoes Ltd., v. 22, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/rmec.v22n1p197-224>. 4

COSTA, A. R. *Otimização do Processo de Fresamento de Cavidades com Fresas de Insertos Intercambiáveis*. 106 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, 2003. 4, 5

LEAL, J. F.; RIBAS, M. T. *Fresadora CNC microcontroladora para confecção de placas de circuito impresso*. 69 f. Monografia (Tecnólogo em Mecatrônica Industrial) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015. 6

OLIVEIRA, E. E. C. de. *Antenas de Microfita com Patch Quase-fractal para Aplicações em Redes WPAN/WLAN*. 125 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/15213/1/ElderECO.pdf>. 3

PIRES, D. A.; SILVA, H. J. D. Desenvolvimento de antenas impressas em substrato de fenolite. In: . [S.l.: s.n.], 2017. 3

POLASTRINI, F. H. *Desenvolvimento de uma Máquina CNC de Baixo Custo com Software e Hardware Abertos*. 100 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Elétrica) — Instituto Federal de Minas Gerais Câmpus Formiga, Formiga, 2016. 3, 5, 6

SANCHES, J. M. *Desenvolvimento de uma fresadora CNC de baixo custo para fins didáticos*. 119 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009. 5