

Estudos Teórico-Methodológicos nas Ciências Exatas

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos teórico-metodológicos nas ciências exatas [recurso eletrônico] / Organizador Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-81740-05-4 DOI 10.22533/at.ed.054201702</p> <p>1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. I. Gonçalves, Antonio Machado Fagundes.</p> <p style="text-align: right;">CDD 507</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Atualmente, podemos notar a grande necessidade do desenvolvimento das ciências, bem como o aprimoramento dos conhecimentos já adquiridos pela sociedade. Sabe-se também que as ciências exatas cumprem um papel importantíssimo na construção de saberes ligados a humanidade e a tecnologia.

Tal desenvolvimento só se torna capaz por meio de autores que dedicam o seu tempo e estudo na construção teórica-metodológica de pesquisas científicas que vêm contribuir com a sociedade como um todo, encorpando o conhecimento sobre vários assuntos que envolvem as ciências exatas.

Neste e-book como o próprio título sugere, o leitor encontrará uma mescla de assuntos ligados a estudos em ciências exatas nas mais diversas áreas do conhecimento. Desde temas ligados ao ensino de ciências a temas muito particulares envolvendo mecânica, robótica, computação, algoritmos, dentre outros.

Ao leitor, corroboro que esta obra intitulada “Estudos Teórico-Methodológicos nas Ciências Exatas” tem muito a contribuir com a área, podendo engrandecer o trabalho de pesquisadores em ciências exatas nas mais diversas áreas do conhecimento.

Bons estudos

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
JOGOS NO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO: APRENDENDO AS FUNÇÕES EXPONENCIAIS	
Emiliana Batista de Oliveira Hyanka Cezário de Paula Adriana Aparecida Molina Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.0542017021	
CAPÍTULO 2	8
ESTIMATIVA DE PARÂMETROS BÁSICOS DE UM SEDIMENTADOR PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS	
Raimundo Tavares Zane Alex Martins Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.0542017022	
CAPÍTULO 3	17
O ENSINO DE DERIVADAS DE FUNÇÕES SOB A PERSPECTIVA DA TEORIA DE RAYMOND DUVAL	
Renata Gaspar da Costa Geraldo Magella Obolari de Magalhães Oswaldo Antonio Ribeiro Junior Suzana Nunes Rocha Edislana Alves Barros Andrade	
DOI 10.22533/at.ed.0542017023	
CAPÍTULO 4	27
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO METROLÓGICO DOS MÉTODOS DE MQ E MZ UTILIZADOS EM MMC	
João Pedro Correa Argentin Denise Pizarro Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.0542017024	
CAPÍTULO 5	35
INTEGRANDO TECNOLOGIA DIGITAL NO CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS NA PREPARAÇÃO PARA O ENEM	
Lucas Antônio Xavier Chirlei de Fátima Rodrigues José Izaias Moreira Scherrer Neto Kátia Sotelle Maia Luzinete Louzada Bianchi Kahowec Luciano Carneiro Cardozo Mateus Geraldo Xavier	
DOI 10.22533/at.ed.0542017025	
CAPÍTULO 6	45
CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTADO DA ARTE DE MODELOS DE PROPAGAÇÃO PARA A 5ª GERAÇÃO DE COMUNICAÇÃO MÓVEL	
Andréia Vanessa Rodrigues Lopes Fabrício José Brito Barros	

Hugo Alexandre Oliveira da Cruz
André Augusto Pacheco de Carvalho
Iury da Silva Batalha
Jasmine Priscyla Leite de Araújo
Cristiane Ruiz Gomes

DOI 10.22533/at.ed.0542017026

CAPÍTULO 7 53

AUTOMAÇÃO E INTELIGÊNCIA EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

Késsia Thais Cavalcanti Nepomuceno
Djamel Fawzi Hadj Sadok

DOI 10.22533/at.ed.0542017027

CAPÍTULO 8 59

**FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS APLICADAS NA CONSTRUÇÃO DE
MODELOS ATOMÍSTICOS DE NANOPARTÍCULAS FUNCIONALIZADAS**

Jônatas Favotto Dalmedico
Guilherme Camargo
Bruno de Camargo Barreto Silva
Alessandro Botelho Bovo
Fernando José Antonio
Vagner Alexandre Rigo

DOI 10.22533/at.ed.0542017028

CAPÍTULO 9 77

**UTILIZAÇÃO DE CARTAS DE BARALHO NO ENSINO DE ALGORITMOS
COMPUTACIONAIS**

Suzana Lima de Campos Castro
Ronaldo Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.0542017029

CAPÍTULO 10 86

**COMPARAÇÃO DE APROXIMAÇÕES NÃO-HIPERBÓLICAS DE TEMPOS DE
TRÂNSITO DE DADOS SÍSMICOS UTILIZANDO DIFERENTES ALGORÍTMOS DE
OTIMIZAÇÃO**

Nelson Ricardo Coelho Flores Zuniga

DOI 10.22533/at.ed.05420170210

CAPÍTULO 11 91

**CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO DE ESTADO DA ARTE DO
DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE PROPAGAÇÃO AR-TERRA EM VEÍCULOS
AÉREOS NÃO TRIPULADOS**

Andréia Vanessa Rodrigues Lopes
Fabrício José Brito Barros
Hugo Alexandre Oliveira da Cruz
Cristiane Ruiz Gomes
André Augusto Pacheco de Carvalho
Iury da Silva Batalha
Jasmine Priscyla Leite de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.05420170211

CAPÍTULO 12	97
VARIABILIDADE DIURNA E TEMPORAL DA ALCALINIDADE TOTAL EM DOIS ESTUÁRIOS DE PERNAMBUCO	
Thiago de Oliveira Caminha Manuel de Jesus Flores Montes	
DOI 10.22533/at.ed.05420170212	
CAPÍTULO 13	111
GERENCIAMENTO DE REDES USANDO A FERRAMENTA ZABBIX	
Marco Antônio Corrêa Baião Rômulo Henrique de Carvalho Brandão Lilian Coelho de Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.05420170213	
CAPÍTULO 14	123
PROJETO CONCEITUAL DE UMA MINIMÁQUINA-FERRAMENTA MULTIFUNCIONAL CNC	
Gilberto Fernandes Resende de Brito Victor Augusto de Paiva Lopes Vitor Nakayama de Araújo Pires Ferreira João Eduardo Lacerda L. dos Santos Déborah de Oliveira Artur Alves Fiocchi	
DOI 10.22533/at.ed.05420170214	
CAPÍTULO 15	132
CANOPY WALKING AS A PROPOSAL FOR THE AÇAÍ HARVEST IN AMAZONAS	
Magnólia Grangeiro Quirino Patrícia dos Anjos Braga Sá dos Santos Luiz Guilherme Oliveira Marques Karla Mazarelo Maciel Pacheco	
DOI 10.22533/at.ed.05420170215	
SOBRE O ORGANIZADOR	144
ÍNDICE REMISSIVO	145

PROJETO CONCEITUAL DE UMA MINIMÁQUINA-FERRAMENTA MULTIFUNCIONAL CNC

Data de aceite: 07/02/2020

Data de submissão: 09/11/2019

Gilberto Fernandes Resende de Brito

Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Faculdade de Engenharia Mecânica - FEMEC
Uberlândia – MG

<http://lattes.cnpq.br/8553641449107498>

Victor Augusto de Paiva Lopes

Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Faculdade de Engenharia Mecânica - FEMEC
Uberlândia – MG

<http://lattes.cnpq.br/5737284849241141>

Vitor Nakayama de Araújo Pires Ferreira

Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Faculdade de Engenharia Mecânica - FEMEC
Uberlândia – MG

<http://lattes.cnpq.br/7101046659717347>

João Eduardo Lacerda L. dos Santos

Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Faculdade de Engenharia Mecânica - FEMEC
Uberlândia – MG

Déborah de Oliveira

Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Faculdade de Engenharia Mecânica - FEMEC
Uberlândia – MG

<http://lattes.cnpq.br/7264334163120189>

Artur Alves Fiocchi

Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Faculdade de Engenharia Mecânica - FEMEC
Uberlândia – MG

<http://lattes.cnpq.br/3822377177295931>

RESUMO: Máquinas-ferramenta de controle numérico computadorizado (CNC) são largamente empregadas na indústria e em laboratórios de pesquisa devido à capacidade de realizar diferentes operações de usinagem obtendo superfícies de geometrias complexas com maior flexibilidade e produtividade, reduzindo a demanda de mão de obra e outros equipamentos. Contudo, elas possuem elevado valor comercial, sendo esse o principal obstáculo para sua difusão. O objetivo deste trabalho é reduzir os custos de fabricação por meio do uso de metodologia de projeto para criação de uma minimáquina-ferramenta multifuncional CNC, capaz de realizar diferentes processos convencionais e não convencionais de usinagem com precisão, exatidão e repetibilidade, condizentes com as exigências da indústria e laboratórios visando à fabricação de micropeças e microcaracterísticas. Para isso, o projeto empregará elementos de máquina comerciais, estrutura principal de aço inoxidável e guias cilíndricas de aço inoxidável, com poucas peças especialmente projetadas e de geometria simplificada, além disso, o sistema eletrônico de comando será de baixo custo e levará em consideração o caráter de modularidade. Ademais, o projeto visa atender demandas específicas em que as tradicionais máquinas-ferramenta industriais de maior tamanho e de maior custo são inviáveis técnica

e economicamente. O projeto do equipamento já mostra resultados positivos, como projeto em CAD 3D finalizado, assim como análise morfológica finalizada. Já foram selecionados mancais, fusos e guias já definidos de acordo com a demanda do projeto. **PALAVRAS-CHAVE:** Projeto mecânico, máquina-ferramenta, usinagem mecânica, processos híbridos de manufatura.

CONCEPTUAL DESIGN OF A MINI CNC MULTI-FUNCTIONAL TOOL

ABSTRACT: Computer Numerical Control (CNC) machine tools are widely used in industry and research laboratories due to the ability to perform different machining operations obtaining complex geometry surfaces with greater flexibility and productivity, reducing labor and other equipment demand. . However, they have high commercial value, which is the main obstacle to their diffusion. The objective of this work is to reduce manufacturing costs by using design methodology to create a multifunctional CNC mini-machine, capable of performing different conventional and unconventional machining processes with precision, accuracy and repeatability, consistent with the requirements. industry and laboratories for the manufacture of micro parts and micro characteristics. For this, the design will employ commercial machine elements, stainless steel mainframe and stainless steel cylindrical guides with few specially designed parts and simplified geometry, and the electronic control system will be low cost and take into account the modularity character. In addition, the project aims to meet specific demands where larger and more expensive traditional industrial machine tools are technically and economically unviable. The equipment design already shows positive results, such as finalized 3D CAD design as well as finalized morphological analysis. Bearings, spindles and guides already defined according to the project demand have already been selected.

KEYWORDS: Mechanical design, machine tool, mechanical machining, hybrid manufacturing processes.

1 | INTRODUÇÃO

A fabricação através de usinagem é de grande relevância tanto para a indústria quanto para o meio acadêmico, no que se refere a produção de material para pesquisa. No âmbito da indústria 4.0, sistemas automatizados são cada vez mais importantes, pois permitem maior agilidade nos processos de fabricação (Polastrini, 2016). Contudo, máquinas-ferramentas CNC possuem elevados custos que podem inviabilizar sua aquisição para pequenos lotes ou aplicação em pesquisa. Assim, a redução de custo é uma necessidade. A concepção de sistemas modulares surgiu como proposta para reduzir os custos de fabricação e operação, pois permite uma produção flexível, possibilitando a atualização do produto, diversificando e atendendo necessidades específicas (Martins, 2002).

Amplamente utilizada desde 1911, a usinagem eletroquímica é um processo

não convencional de usinagem para materiais condutores elétricos, que independe das propriedades mecânicas do material e que pode reduzir o custo de fabricação quando comparado aos processos convencionais (Kumar, 2016). Esse processo de usinagem consiste na utilização de peças e ferramentas condutoras que realizam a usinagem através da dissolução anódica da peça pela ação de uma corrente elétrica que se forma através do eletrólito entre a ferramenta ou eletrodo (cátodo) e a peça (ânodo), em função da diferença de potencial elétrico aplicada entre as duas (Muller; Araújo, 1972 *apud* Neto; Buzzatto; Rebello, 2011).

Uma das aplicações deste processo é na rebarbação de peças, utilizado após a usinagem convencional de desbaste ou acabamento, com o objetivo de remover as rebarbas e melhorar o acabamento superficial (Branco, 2010). Ressalta-se ainda que, diferentemente dos processos convencionais de rebarbação, a usinagem eletroquímica não gera novas rebarbas durante o processo por não fazer uso de energia mecânica para remoção de material (Kennametal, 2004).

A usinagem eletroquímica também é muito eficaz para a usinagem de materiais de elevada resistência mecânica, uma vez que essas propriedades não interferem nos fenômenos de dissolução anódica (SARKAR; MITRA; Bhattacharyya, 2004 *apud* LEE *et al.*, 2013). Além disso, o processo se destaca por não gerar danos térmicos e mecânicos nas peças usinadas (Sarkar; Mitra; Bhattacharyya, 2004 *apud* LEE *et al.*, 2013; Groover, 2014). Todas estas vantagens devem ser consideradas uma vez que através da usinagem eletroquímica é possível promover o barateamento do processo de usinagem e a economia com ferramentas (Jeykrishnan *et al.*, 2017).

Contudo, a usinagem eletroquímica é um processo lento, quando comparado com a usinagem convencional, devido a menor taxa de remoção de material (TRM) (Kumar *et al.*, 2017). Uma solução para esse problema é aliar as altas taxas de remoção de material do processo mecânico de usinagem convencional às vantagens de acabamento, redução da introdução de defeitos críticos e a rebarbação da usinagem eletroquímica. À essa associação se dá o nome de processo híbrido de usinagem.

Com o intuito de ampliar os estudos na área de usinagem eletroquímica de precisão e processos híbridos de usinagem, que necessitam de elevada precisão, exatidão e manutenção da distância (*gap*) entre a ferramenta-eletrodo e a peça durante o movimento de avanço, se tornou necessário o projeto e fabricação de novas máquinas-ferramenta. Alguns dos requisitos de projeto identificados são baixo investimento e fácil operação, reduzindo a dependência de máquinas de grande porte e de elevado custo (Polastrini, 2016). A demanda se justifica pelo fato de laboratórios e empresas necessitarem de equipamentos flexíveis, para aumentar a capacidade de pesquisa e produção. Sendo que no contexto atual o mercado é mais competitivo e exigente quanto a qualidade e diversidade dos produtos (Costa, 2014).

Assim, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um projeto conceitual de uma minimáquina-ferramenta multifuncional CNC para usinagem convencional e não convencional que seja capaz de operar em diferentes contextos que necessitem de um sistema de movimentação cartesiano preciso, adequada rigidez de laço estrutural, resistente à corrosão, modular, baixo custo e de montagem e manutenção fácil.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para o projeto de uma máquina que atenda todas as exigências propostas, como resistência a corrosão e com modularidade para realizar os diferentes processos de usinagem com precisão, vários aspectos foram levados em consideração, como o material das peças, suportes para o posicionamento de cubas eletrolíticas e morsas de dimensões variadas, além de um sistema de movimentação robusto que permita adicionar novos componentes, como mancais e roscas de diferentes marcas e modelos. Desse modo, estendendo as possibilidades de uso e futuras atualização do equipamento.

O projeto mecânico contempla diversas condições de montagem e uso de elementos de máquina. Considera os espaços necessários para diferentes mancais, diâmetros e perfis dos fusos. Um aspecto que tange essa ideia é a possibilidade de empregar tanto fusos com roscas no padrão métrico, quanto fusos de esferas recirculantes, bastando apenas a substituição dos elementos e ajuste dos calços dos mancais e porcas. Essa competência de usar diferentes componentes sem a necessidade de se modificar o projeto é vista por toda a máquina, sempre com a intenção de criar um produto que se ajuste a necessidade do usuário.

Para garantir que máquina seja capaz de operar com diferentes ferramentas, o suporte do cabeçote será desenvolvido de forma que possa receber diferentes tipos; desde cabeçotes de alta rotação, até ferramentas/eletrodos para usinagem eletroquímica. O suporte do cabeçote no eixo de translação vertical deverá ser isolado eletricamente do restante da máquina, aja vista que nos processos de usinagem não convencional que fazem uso de energia elétrica a ferramenta ou eletrodo farão parte de circuito elétrico próprio. Essa medida visa garantir a segurança do operador e proteger o sistema elétrico do equipamento. Para isso, a fixação do suporte deve ser feita com o auxílio de buchas de material não condutor, dessa forma garantindo o isolamento elétrico.

Há no mercado uma grande disponibilidade de peças, componentes e elementos de máquina. Empregá-los implica na redução do custo de projeto, fabricação e montagem, sendo uma solução atual adotada pela indústria (Coelho *et al.*, 2015). Nesse sentido, o presente projeto pretende utilizar componentes comerciais, sendo

fabricadas apenas algumas peças para unir a estrutura principal aos sistemas lineares de movimentação. Para tanto, os componentes que serão projetados e construídos possuem geometrias simples e de fácil fabricação, sempre optando pelo uso de chapas, blocos e tarugos comerciais como matéria prima, empregando, por exemplo, processos de torneamento, fresamento, furação, rosqueamento, retificação, corte por jato d'água abrasivo e conformação mecânica transformar a matéria prima nos produtos pretendidos.

2.1 Etapas do projeto

No cenário de mercado atual, a competição e a necessidade de desenvolvimento de novos produtos são crescentes, o que estabelece um dever com a organização do projeto, visando desenvolvê-lo sob uma visão crítica que visa solucionar carências e potencializar o processo de produção (Baxter, 1998). Desse modo, com o objetivo de ter melhor controle no desenvolvimento de uma minimáquina foi proposto uma estratégia de projeto. Dentro dessa estratégia foi criado métodos que visam separar etapas críticas para que facilite o estudo e aplicação de técnicas para a tomada de decisões.

As etapas foram divididas em:

2.1.1 Identificação da demanda

Nessa etapa, o objetivo foi identificar a necessidade de uma minimáquina para usinagem eletroquímica e mecânica, com capacidade modular. Nesse mesmo momento também foram levantados os requisitos de projeto, com o intuito de criar um equipamento versátil com capacidade de atender o máximo de áreas possíveis. Como exemplo, no campo da pesquisa, soluções como a compra e a adaptação de máquinas CNC's de alta precisão são vistas como complicadas, por apresentar alto valor e não garantir um bom funcionamento, principalmente para projetos de usinagens eletroquímicas de precisão, que necessitam de equipamentos que resistam à corrosão e que tenham estrutura rígida e isolada eletricamente da região de usinagem. Desse modo, as exigências de projeto foram levantadas, sempre usando exemplos práticos de problemas encontrados em laboratórios que poderiam ser solucionados com o projeto.

2.1.2 Estudo de viabilidade técnica e economia

A viabilidade do projeto foi conferida nessa etapa. Para isso, foi analisado o que deveria ser feito para atender as exigências do projeto, sendo considerado opções como adaptação de sistemas de movimentação já existentes, necessidade de microscópio ou máquina com sistema de movimentação XY. Foi concluído que o

projeto e desenvolvimento de uma minimáquina é viável, pois possibilita a criação de sistemas mais eficientes para atender os requisitos do projeto, principalmente no que se refere a modularidade.

2.1.3 Projeto conceitual

Definido as exigências do projeto, foi iniciado uma etapa de pesquisa e esboços iniciais, como objetivo de buscar por melhores sistemas e métodos para atender os requisitos. O uso de uma estrutura em “C” se apresentou como a mais simples e fácil de ser adaptado e construído.

Nessa mesma etapa, foi realizada a análise morfológica da minimáquina, explicitado na Tabela (1), com a finalidade de ajudar na tomada de decisão e seleção de peças e sistemas para a composição da minimáquina.

Análise Morfológica- Minimáquina para Usinagem Eletroquímica e Mecânica						
Movimentação	Z		XZ		XYZ ★	
Material da estrutura	Aço carbono	Ferro fundido	Aço ★ inoxidável	Granito natural	Granito sintético	Alumínio
Forma da estrutura	'L" parafuso ★		"C" simétrico		Ponte	
Material das mesas X, Y e Z	Aço carbono		Alumínio		Aço inoxidável ★	
Material mancais	Aço carbono		Alumínio		Aço inoxidável ★	
Rolamentos dos eixos lineares	Rígido de uma carreira de esferas		Contato angular ★		Autocompensador	
Guias lineares	Cilíndricas ★		Esferas recirculantes		Rolos recirculantes	
Fusos dos eixos lineares	Esferas recirculantes		Barra roscada ★		Perfil trapezoidal	
Porcas dos eixos lineares	Esferas recirculantes		Porca simples		Porca com ajuste de folga axial ★	
Parafusos	Sextavado		Allen ★		Fenda	
Cabeçote	Aerostático acionado por turbina	Aerostático acionado por motor elétrico	De rolamento acionado por turbina	De rolamento acionado por motor elétrico	Montagem modular ★	

Tabela 1 - Quadro morfológico da minimáquina-ferramenta multifuncional CNC

2.1.4 Projeto preliminar

Essa etapa consiste em estudar mais a fundo os sistemas ou peças

selecionadas no quadro morfológico, para garantir que a escolha seja a mais adequada. Nessa mesma etapa também será realizado o desenho em CAD 3D, obedecendo as especificações e decisões tomadas no projeto conceitual.

O estágio atual do projeto se encontra nesta fase e os trabalhos estão sendo finalizados. Desenhos do conjunto montando em CAD e uso de ferramentas CAE e FEA estão sendo utilizados. Serão preparados os desenhos técnicos de todos os componentes que serão fabricados e, em seguida, serão confeccionadas as folhas dos processos de fabricação contendo os parâmetros de usinagem e montagem para que se possa prosseguir para a etapa de fabricação do protótipo.

A Figura (2), apresenta o estágio atual do projeto conceitual da minimáquina, em que os sistemas de movimentação XYZ, estrutura, suportes e mancais já estão definidos.

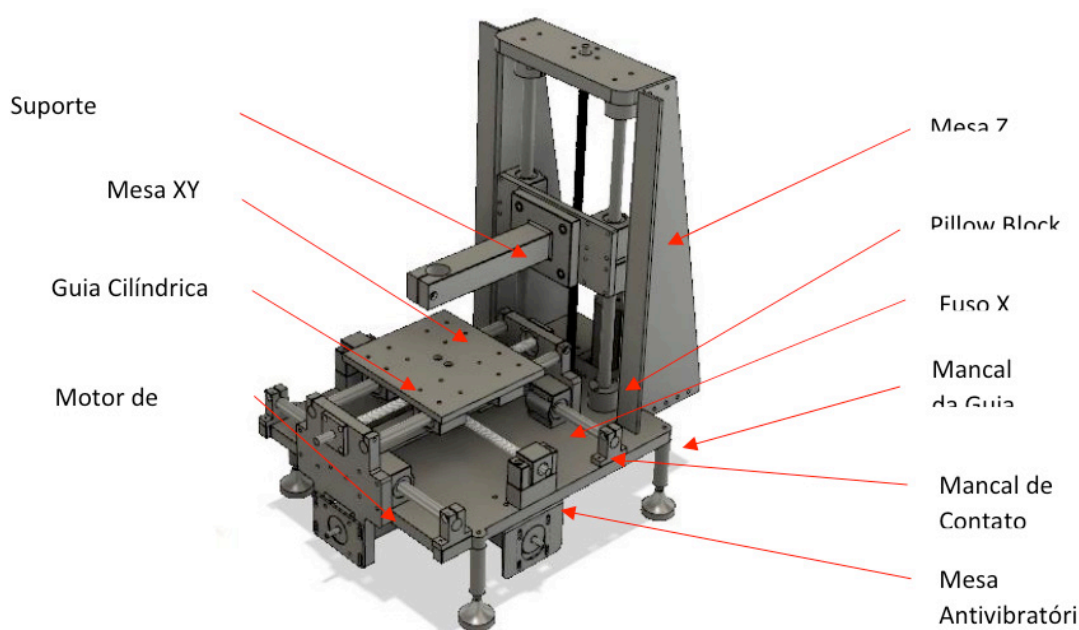


Figura 1. Esboço do projeto preliminar

2.1.5 Fabricação do protótipo

Nessa etapa, serão produzidos os componentes e realizada a montagem do protótipo. As chapas serão cortadas por meio de jato d'água abrasivo, pois se mostra como o método de melhor custo benefício, pois permite um melhor acabamento por um menor valor. Além disso, as superfícies cortadas não serão superfícies funcionais. Suportes feitos com chapas finas, como os suportes dos do eixo Z, serão fabricados por processos de conformação mecânica de chapas e as demais peças que serão produzidas por processos de usinagem convencional. Essas peças serão de geometrias simples e de fácil usinagem, para assim reduzir as etapas de fabricação, reduzindo, também, o tempo e o custo de fabricação.

2.1.6 Validação

Para a validação do protótipo serão usinadas peças por processos eletroquímicos, mecânicos e híbridos que devem atender aos parâmetros esperados, como a capacidade de resistir a corrosão e ter isolamento elétrico eficiente durante processos de usinagem eletroquímica. Caso o protótipo atenda os critérios desejados, a etapa de validação será concluída com êxito. Caso o objetivo não seja alcançado, o projeto conceitual será retomado e as etapas descritas executadas novamente de forma iterativa até que os problemas sejam solucionados.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como apresentado no item 3.1, o projeto foi dividido em 6 etapas, com o objetivo de organizar e melhorar o planejamento do mesmo. Das etapas mostradas as três primeiras já foram concluídas, sendo elas a identificação da demanda, o estudo de viabilidade e o projeto conceitual, respectivamente, com o projeto preliminar em progresso. A identificação da demanda mostrou uma boa perspectiva de mercado, sendo que, a minimáquina conseguirá atender uma faixa de demanda específica, como a usinagem eletroquímica e híbrida, com menor custo se comparado com máquinas CNC's industriais disponíveis no mercado. Uma minimáquina CNC pode ser de grande comodidade para empresas e indústrias, pois tem a eficácia de realizar processos complexos fabricação, como a usinagem eletroquímica. Além disso, o equipamento se mostra bastante viável, dado que, com a utilização de componentes de simples fabricação e fácil modificação é possível criar um produto com capacidade para atender múltiplos propósitos, sendo assim interessante para a indústria e academia.

O projeto está se desenvolvendo como o esperado, respeitando bem as etapas propostas, sendo que as etapas iniciais apresentaram uma boa perspectiva para o desenvolvimento, como a identificação de uma demanda para o projeto. O desenvolvimento da pesquisa de sistemas modulares está apresentando resultados satisfatórios, visto que já foram projetados e desenvolvidos vários conceitos de modularidade de projeto, que contribuem para a criação de uma minimáquina robusta e capaz de atender as exigências propostas.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem à CAPES-PROEX, CNPq e FAPEMIG, à Pró-Reitoria de Pesquisa e a Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia pelo apoio financeiro. Agradecemos também ao Comitê Organizador do XXI Colóquio de Usinagem 2018.

REFERÊNCIAS

BAXTER, M. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1998.

BRANCO, R., 2010. **Usinagem eletroquímica na indústria metal mecânica**. Fonte: Manutenção e Suprimentos: <http://www.manutencaoessuprimentos.com.br>. Acesso em: out. 2014 KENNAMETAL. ECM Deburring, 2004. Disponível em: <http://www.manutencaoessuprimentos.com.br>. Acesso em: 30 jun. 2014.

COELHO, C.D.P., LIBRELOTTO, L.I., 2015, **A Simplificação Dos Processos De Produção Em Indústria Automobilística**. v.1, 1ed – 2015.

COSTA, F. S., 2014, **ESTUDO DE GANHOS DE PRODUTIVIDADE E DE QUALIDADE EM MÁQUINAS CNC COM O USO DE SISTEMAS TOOLSETTER LASER**, 115 p., Programa de Mestrado em Engenharia da Produção, Universidade Nove de Julho, São Paulo, Brasil.

J. JEYKRISHNAN, B. VIJAYA RAMNATH, X. HERVIN SAVARIRAJ, R. DAVID PRAKASH, V.R. DHINESH RAJANAND D. DINESH KUMAR, “**Investigation on Tensile and Impact Behavior of Aluminum Base Silicon Carbide Metal Matrix Composites**”, Indian journal of science and technology, Vol. 9 (37), 2016, DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i37/101979.

KUMAR, M., MAHTO, P. K., KUSHWAHA, D., SINGH, N. K., 2016, **Electrochemical Machining: Review of Historical and Recent Developments**, International Journal of Advance Research in Science and Engineering, v.5, p. 217 – 227.

KUMAR, P., BAJPAI, V., SINGH, R., **Burr height prediction of Ti6Al4V in high speed micro-milling by mathematical modeling**, Manufacturing Letters, v.11, 2017, p. 12-16.

LEE, S. J., LIU, C. P., FAN, T. J., CHEN, Y. H., 2013, **Deburring Miniature Components by Electrochemical Method**, Int. J. Electrochem. Sci., v. 8, p. 1713 – 1721.

MARTINS, J. C. M., **INTRODUÇÃO AO DESIGN DO PRODUTO MODULAR: CONSIDERAÇÕES FUNCIONAIS, ESTÉTICAS E DE PORTUÇÃO**, 2002, 116 p. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.

NETO, D. M. D., BUZZATTO, P. H. F., REBELLO, R. C., 2011, **Substituição De Um Processo De Rebarbação Manual Por Um Processo De Rebarbação Eletroquímica**, 68 p., Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.

POLASTRINI, F. H., **DESENVOLVIMENTO DE UMA MÁQUINA CNC DE BAIXO CUSTO COM SOFTWARE E HARDWARES ABERTOS**, 2016, 100 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica), Instituto Federal de Minas Gerais, Formiga.

RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

SOBRE O ORGANIZADOR

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves - Mestre em Ensino de Ciência e Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) em 2018. Licenciado em Matemática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), em 2015 e especialista em Metodologia para o Ensino de Matemática pela Faculdade Educacional da Lapa (FAEL) em 2018. Atua como professor no Ensino Básico e Superior. Trabalha com temáticas relacionadas ao Ensino desenvolvendo pesquisas nas áreas da Matemática, Estatística e Interdisciplinaridade.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alcalinidade total 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110

Algoritmos de ordenação 77, 78, 79

ARIAC 53, 54, 55, 56, 57, 58

C

Cálculo diferencial e integral 17, 18, 25, 26

Coagulação 8, 9, 10, 11, 15

E

Enem 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43

Ensino de algoritmos computacionais 77, 78, 84

Ensino e aprendizagem 1, 2

Ensino híbrido 35, 36, 38, 42

Erros de medição 27

J

Jogos de treinamento 1

M

Máquina-ferramenta 124

Métodos de ajuste 31, 34

N

Nanomateriais 60, 62, 63, 76

Nanopartículas 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 74, 75

Não-hiperbólico 86

P

Projeto mecânico 124, 126

R

Robótica ágil 53, 54, 57, 58

S

Sísmica 86, 87, 88

Sistema carbonato 97, 98, 99, 104, 105

T

Teoria dos registros de representação semiótica 17, 18, 19, 25

 **Atena**
Editora

2 0 2 0