



As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 3

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a
Economia e o Meio Ambiente 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.ª Dr.ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 3 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-432-0 DOI 10.22533/at.ed.320192506 1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série. CDD 658.5
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS CERÂMICOS DE ALUMINA-ZIRCÔNIA PARA APLICAÇÃO COMO FERRAMENTAS DE CORTE	
Miguel Adriano Inácio Maria do Carmo de Andrade Nono José Vitor Cândido de Souza Sergio Luiz Mineiro Daniel Alessandro Nono	
DOI 10.22533/at.ed.3201925061	
CAPÍTULO 2	10
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE MODELO ELASTOPLÁSTICO EM ROCHA CARBONÁTICA CARSTIFICADA	
Rayane Conceição Ribeiro da Silveira Mattos Daniel Araújo Farias de Melo Marinésio Pinheiro de Lima Tiago de Freitas Viana Igor Fernandes Gomes Leonardo José do Nascimento Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.3201925062	
CAPÍTULO 3	26
A INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO EM AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS COM APLICAÇÃO EM PRÓTESES ORTOPÉDICAS	
Glauber Rodrigues Cerqueira de Cerqueira Pedro Eliézer de Araújo Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.3201925063	
CAPÍTULO 4	42
MICROPOROUS ACTIVATED CARBON FIBER FELT FROM BRAZILIAN TEXTILE PAN FIBER: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND APPLICATION AS SUPERCAPACITOR ELECTRODE	
Jossano Saldanha Marcuzzo Aline Castilho Rodrigues Andres Cuña Nestor Tancredi Eduardo Mendez Heide Heloise Bernardi Mauricio Ribeiro Baldan	
DOI 10.22533/at.ed.3201925064	
CAPÍTULO 5	55
ANÁLISE COMPARADA DE UM AGREGADO DE ESCÓRIA DE ACIARIA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LASTRO DE VIAS FÉRREAS DO TIPO <i>HEAVY HAUL</i> POR MEIO DE ENSAIOS TRIAXIAIS	
Bruno Guimarães Delgado Antônio Viana da Fonseca Eduardo Fortunato Daniela Raquel Ferreira Coelho	
DOI 10.22533/at.ed.3201925065	

CAPÍTULO 6	71
CARACTERIZAÇÃO EM FADIGA POR FLEXÃO ROTATIVA DE FIOS DE ARAME DE SOLDADA	
Ingrid Ariani Belineli Barbosa	
Heide Heloise Bernardi	
William Marcos Muniz Menezes	
DOI 10.22533/at.ed.3201925066	
CAPÍTULO 7	80
ESTUDO DA MICROESTRUTURA NA ZONA TERMICAMENTE AFETADA COM A VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM	
Luís Henrique Pires da Silva	
Alex Sander Chaves da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.3201925067	
CAPÍTULO 8	92
ESTUDO DA USINAGEM DA SUPERLIGA A BASE DE FERRO-NÍQUEL UTILIZANDO FERRAMENTA CERÂMICA	
Eduardo Pires Bonhin	
Sarah David Müzel	
Marcel Yuzo Kondo	
Lúcia de Almeida Ribeiro	
José Vitor Candido de Souza	
Marcos Valério Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.3201925068	
CAPÍTULO 9	100
CONSTRUÇÃO DE UMA MÁQUINA DE NÉVOA SALINA ATENDENDO AOS REQUISITOS MÍNIMOS CONTIDOS NAS NORMAS ISO 9227 e ASTM B-117	
Leonardo de Souza Coutinho	
Alexandre Alvarenga Palmeira	
DOI 10.22533/at.ed.3201925069	
CAPÍTULO 10	111
MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA: COLHEITADEIRAS AXIAIS X RADIAIS	
Filipi José Arantes Lemos	
João Mario Mendes de Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.32019250610	
CAPÍTULO 11	127
MÉTODO DE OTIMIZAÇÃO TOPOLÓGICA PARA O PROJETO DE MODELOS DE BIELAS E TIRANTES	
Jamile Maria Araujo Tavares	
Rejane Martins Fernandes Canha	
DOI 10.22533/at.ed.32019250611	
CAPÍTULO 12	142
ESTUDO NUMÉRICO DE UM EQUIPAMENTO DE SECAGEM	
Eduardo Dal Piva Schuch	
Magaiver Gabriel Lamp	
Conrado Mendes Morais	
Ângela Beatrice Dewes Moura	
DOI 10.22533/at.ed.32019250612	

CAPÍTULO 13	153
SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA A COMBUSTÃO DE GASOLINA	
Felipe Michael Grein	
Jean Lucas Pereira	
Luiz Felipe Weck	
Olaf Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.32019250613	
CAPÍTULO 14	156
MODELAGEM DE PID PARA SISTEMA DE CONTROLE DE RAMPAS DE TEMPERATURA EM BRASSAGEM	
Gabriel Queiroz	
Marcelo Barros de Almeida	
Márcio Jose da Cunha	
DOI 10.22533/at.ed.32019250614	
CAPÍTULO 15	168
MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS DINÂMICOS: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA	
Lucas Divino Alves	
Neylor Makalister Ribeiro Vieira	
Emerson Paulino dos Reis	
DOI 10.22533/at.ed.32019250615	
CAPÍTULO 16	183
APLICAÇÃO E ANÁLISE VIA MEC EM PROBLEMAS DE TERMOELASTICIDADE 2D	
Luis Vinicius Pereira Silva	
Gilberto Gomes	
João Carlos Barleta Uchôa	
DOI 10.22533/at.ed.32019250616	
CAPÍTULO 17	198
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA INJEÇÃO DE ÁGUA EM RESERVATÓRIO DE PETRÓLEO HETEROGÊNEO	
Raquel Oliveira Lima	
José Arthur Oliveira Santos	
Antônio Jorge Vasconcellos Garcia	
Felipe Barreiros Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.32019250617	
CAPÍTULO 18	207
TANQUES FLASH: DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE CUSTOS NO SOFTWARE DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO EMSO	
Erich Potrich	
Sérgio Correia da Silva	
Larissa Souza Amaral	
DOI 10.22533/at.ed.32019250618	

CAPÍTULO 19	215
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DEPOSIÇÃO ORGÂNICA EM OPERAÇÕES DE MISTURA DE PETRÓLEOS NO TANQUE DE ESTOCAGEM EM REFINARIAS DE PETRÓLEO	
Rosberguer de Almeida Camargo	
Mauren Costa da Silva	
Rafael Beltrame	
Darci Alberto Gatto	
Antônio Carlos da Silva Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.32019250619	
CAPÍTULO 20	223
AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA EMBARCADO PARA MENSURAR A ILUMINÂNCIA EM UM AVIÁRIO EXPERIMENTAL	
Giovanni Polette Dalla Libera	
Victor Moreira Leão	
Vitor Augusto de Sousa	
Matheus Fernando Lima Zuccherelli de Souza	
Renata Lima Zuccherelli de Oliveira	
Marcelo Eduardo de Oliveira	
Adriano Rogério Bruno Tech	
DOI 10.22533/at.ed.32019250620	
CAPÍTULO 21	230
CONTROLADOR FUZZY SINTONIZADO POR ALGORITMO GENÉTICO EM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA	
Lenon Diniz Seixas	
Diego Solak Castanho	
Hugo Valadares Siqueira	
Fernanda Cristina Corrêa	
DOI 10.22533/at.ed.32019250621	
CAPÍTULO 22	243
CONTROLADORES ROBUSTO APLICADO A CONVERSORES CC-CC	
Luiz Otávio Limurci dos Santos	
Luiz Antonio Maccari Junior	
DOI 10.22533/at.ed.32019250622	
CAPÍTULO 23	261
PROPOSTA DE PLATAFORMA PARA ESTUDO DE MOTOR A RELUTÂNCIA VARIÁVEL 8/6	
Marcos José de Moraes Filho	
Luciano Coutinho Gomes	
Darizon Alves de Andrade	
Josemar Alves dos Santos Junior	
Wanberton Gabriel de Souza	
Cássio Alves de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.32019250623	

CAPÍTULO 24	275
ESTUDO COMPARATIVO DE MODELAGENS DE ENROLAMENTOS DE UM TRANSFORMADOR UTILIZANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS PARA ANÁLISES DE ESFORÇOS ELETROME CÂNICOS	
Pedro Henrique Aquino Barra Arnaldo José Pereira Rosentino Junior Antônio Carlos Delaiba	
DOI 10.22533/at.ed.32019250624	
CAPÍTULO 25	287
PROCEDIMENTO PARA AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DO LAÇO DE HISTERESE MAGNÉTICA	
Vitor Hörbe Pereira Da Costa Antônio Flavio Licarião Nogueira Leonardo José Amador Salas Maldonado	
DOI 10.22533/at.ed.32019250625	
CAPÍTULO 26	294
SIMULAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE CAMPO E CORRENTE ELÉTRICA EM TECIDOS BIOLÓGICOS	
Guilherme Brasil Pintarelli Afrânio de Castro Antonio Jr. Raul Guedert Sandra Cossul Daniela Ota Hisayasu Suzuki	
DOI 10.22533/at.ed.32019250626	
CAPÍTULO 27	307
SISTEMA DE PRESENÇA UTILIZANDO IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA	
Giovani Formaggio Mateus Ricardo Barroso Leite	
DOI 10.22533/at.ed.32019250627	
CAPÍTULO 28	322
SISTEMAS DEFASADORES EM ALTA FREQUÊNCIA UTILIZANDO MICROFITA EM SUBSTRATO FR4	
Jobson De Araújo Nascimento José Moraes Gurgel Neto Alexsandro Aleixo Pereira da Silva Regina Maria de Lima Neta	
DOI 10.22533/at.ed.32019250628	
CAPÍTULO 29	333
ANÁLISES DA RUPTURA EM TRECHO DA BR-060 NO MUNICÍPIO DE ALEXÂNIA, GOIÁS, E CONDIÇÕES APÓS SEIS ANOS DA RECUPERAÇÃO	
Rideci Farias Tiago Matias Lino Haroldo da Silva Paranhos Itamar de Souza Bezerra Ranieri Araújo Farias Dias Alexsandra Maiberg Hausser	
DOI 10.22533/at.ed.32019250629	
SOBRE O ORGANIZADOR	346

ESTUDO DA USINAGEM DA SUPERLIGA A BASE DE FERRO-NÍQUEL UTILIZANDO FERRAMENTA CERÂMICA

Eduardo Pires Bonhin

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Departamento de Materiais e Tecnologias, Guaratinguetá – São Paulo

Sarah David Müzel

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Departamento de Materiais e Tecnologias, Guaratinguetá – São Paulo

Marcel Yuzo Kondo

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Departamento de Materiais e Tecnologias, Guaratinguetá – São Paulo

Lúcia de Almeida Ribeiro

Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC), Pindamonhangaba – São Paulo

José Vitor Candido de Souza

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Departamento de Materiais e Tecnologias, Guaratinguetá – São Paulo

Marcos Valério Ribeiro

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Departamento de Materiais e Tecnologias, Guaratinguetá – São Paulo

RESUMO: O objetivo da pesquisa foi avaliar a eficiência da ferramenta de corte à base de alumina (Al_2O_3), na usinagem da superliga VAT 32®. Foram feitos ensaios de torneamento a cada 30 mm linear, realizando a medição da rugosidade do trecho, bem como os desgastes e avarias na ferramenta. Os testes foram

realizados utilizando velocidades de corte de 270, 280 e 300 m/min, velocidades de avanço de 0,10 e 0,18 mm/rotação e profundidade de corte de 0,50 mm. Para a determinação do acabamento superficial foi utilizado um rugosímetro. Os desgastes e avarias foram analisados com microscópio estereoscópio e um de medição. Os parâmetros que resultaram em melhor acabamento superficial foram à velocidade de corte de 270 m/min e velocidade de avanço 0,10 m/rotação. Nesses parâmetros a rugosidade média (R_a) foi de 1,132 μm com desgaste abrasivo no flanco pequeno e sem grandes avarias. Demonstrando que a ferramenta cerâmica tem grande potencial para usinagem dessa liga.

PALAVRAS-CHAVES: Alumina, Desgastes de ferramenta, Acabamento superficial.

STUDY THE MACHINABILITY OF THE BASE SUPERALLOY IRON / NICKEL VAT-32 WITH CERAMIC TOOL

ABSTRACT: The objective of the research was to evaluate the efficiency of alumina-based cutting tool (Al_2O_3), machining of superalloy VAT 32®. Turning tests were made at 30 mm linear conducting passage measurement of roughness and the wear and damage to the tool. The tests were performed using shear rates of 270, 280

and 300 m/min, feed rates of 0.10 and 0.18 mm / rev and depth of cut 0.50 mm. For determining the surface finish was using a profilometer. The wear and damage were analyzed with microscope stereoscope and measurement. The parameters that resulted in better surface finish were the cutting speed of 270 m/min, feed rate 0.10 m/rev and depth of 0.50 mm. These parameters the average roughness (Ra) was 1.132 μm to abrasive wear on the small side and no major damage. Demonstrating that the ceramic tool has great potential for machining this league.

KEYWORDS: Alumina, tool Burnouts, surface finish.

1 | INTRODUÇÃO

Existem relatos na literatura do uso de materiais cerâmicos como ferramentas de corte desde a década 50, porém nos últimos anos o seu uso vem ganhando grande destaque na usinagem em alta velocidade, visto que elas possibilitam a utilização de velocidades de corte de 4 a 5 vezes maior que as ferramentas de metal duro, reduzindo assim o tempo de usinagem, e conseqüentemente, aumentando a produtividade (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2013). Isso se deve ao fato de que os materiais cerâmicos apresentam algumas propriedades muito interessantes para ferramentas de corte, como dureza a quente e a frio, resistência a desgaste e estabilidade química. Porém também apresentam algumas propriedades que não são favoráveis, tais como baixa condutividade térmica e baixa tenacidade (CALLISTER JUNIOR; RETHWISCH, 2013; DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2013).

Atualmente as ferramentas cerâmicas comercializadas podem ser classificadas em três principais grupos: a base de óxido de alumínio, a base de nitreto de silício e cermets (TRENT; WRIGHT, 2000; SHAW, 2005; DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2013). As ferramentas a base de óxido de alumínio, também chamadas de cerâmicas brancas, podem ser divididas em três classes: mistas, alumina reforçada com “whiskers” e puras. As cerâmicas mistas contêm além de alumina o carboneto de titânio (TiC) ou nitreto de titânio (TiN). A alumina classificada como reforçada com “whiskers” é constituída de uma matriz cerâmica de Al_2O_3 com reforço de monocristais. E as cerâmicas chamadas de pura são constituídas de óxido de alumínio puro em finos grãos de Al_2O_3 , podendo apresentar algum teor de MgO para inibir o crescimento dos grãos, titânio e níquel para aumentar a resistência mecânica e óxido de zircônio (ZrO₂) para aumentar a tenacidade (SANTOS; SALES, 2007; DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2013).

Hoje em dia o emprego de ferramentas cerâmicas na usinagem de superligas vem sendo alvo de muitos estudos, devido à dificuldade que as ferramentas tradicionais encontram para usinar essas ligas. O termo superligas foi dado uma gama de ligas desenvolvidas para suprir a necessidade por materiais que apresentassem maior durabilidade, menor custo com manutenção, maior tenacidade e principalmente melhor resistência à corrosão e oxidação (REED, 2006; THAKUR; RAMAMOORTHY;

VIJAYARAGHAVAN, 2009; DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2013).

As superligas possuem uma composição química com elevado teor de elementos de liga, ou seja, uma grande porcentagem de elementos que proporcionam uma melhora das propriedades do material metálico. Porém além do incremento em suas propriedades, a elevada porcentagem desses elementos acaba gerando grande afinidade com os materiais das ferramentas de corte, ocasionando problemas em sua usinagem, pois suas propriedades acabam sendo superiores as das ferramentas de corte atualmente comercializadas (CHOUDHURY; EL-BARADIE, 1998; HUTTON, 2004; REED, 2006; THAKUR; RAMAMOORTHY; VIJAYARAGHAVAN, 2009; DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2013).

Atualmente são utilizadas ferramentas de metal duro, da classe ISSOS- Materiais resistentes ao calor (superligas e ligas de titânio). Entretanto, além da baixa velocidade de trabalho, há um grande número desgastes e avarias dessas ferramentas, o que causa um grande número de paradas para a troca da ferramenta e acerto da máquina, aumentando consideravelmente os chamados tempos improdutivos de operação (DORNELAS, 2012). Dessa maneira, uma solução para otimizar o processo de usinagem das superligas seria estudar a utilização de ferramentas cerâmicas.

Este trabalho foi desenvolvido com objetivo de avaliar o potencial da utilização da ferramenta a base de óxido de alumínio e óxido de magnésio na usinagem da superliga VAT-32[®], aplicável em válvulas automotivas sujeitas a altas temperaturas, corrosão e desgastes (EZUGWU; BONNEY; YAMANE, 2003; EZUGWU, 2005; PERVAIZ et al., 2014; M'SAOUBI et al., 2015; THAKUR; GANGOPADHYAY, 2016)

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foi utilizada a superliga metálica à base de ferro e níquel VAT-32[®], proveniente de doação da empresa Villares Metals S.A., localizada no município de Sumaré - SP.

As ferramentas de corte foram confeccionadas em laboratório pelo Prof. Dr. José Vitor Candido de Souza, sendo elas à base de óxido de alumínio (Al_2O_3) com óxido de magnésio (MgO) e geometria do tipo SNMA. A Tabela 1 apresenta as propriedades físico-mecânicas desta ferramenta.

Propriedade	Valor
Densidade Teórica	99% m/m \pm 0,15
Dureza	17 GPa \pm 0,20
Tenacidade	7,8 MPa/ m ² \pm 0,12

Tabela 1: Propriedades físico-mecânica da ferramenta cerâmica.

Para a usinagem do material foi realizado o processo torneamento externo com parâmetros típicos de acabamento. Esse processo foi realizado em um torno CNC

Romi GL 240M.

Inicialmente foram realizados ensaios preliminares partindo de parâmetros sugeridos pela literatura para ferramenta do tipo cerâmica da classe óxido de alumínio, em seguida foram definidas três velocidades de corte (V_c) de 270, 280 e 300 m/min, duas velocidades de avanço (f) de 0,10 e 0,18 m/rotação e uma profundidade de corte (a_p) fixa de 0,50 mm.

Para cada combinação de parâmetros de corte utilizada foi realizada a usinagem em duplicada de um trecho de 30 mm, sendo que cada aresta das ferramentas foi empregada uma única vez. Na sequência foi efetuada a medição da rugosidade conforme as normas ABNT NBR ISO 4287:2002 e ABNT NBR ISO 4288:2008, em três pontos distintos com auxílio de um rugosímetro da marca Mahr, modelo MarSurf M300, utilizando a rugosidade média (R_a) como parâmetro.

Na sequência foi realizada a análise do desgaste e avarias sofridas pelas ferramentas foi realizada conforme a ISO 3685: 1993 utilizando um microscópio estereoscópio da marca Mahr, modelo MarVision MM200 e um microscópio óptico da Zeiss.

3 | RESULTADOS E DISCUÇÕES

3.1 Integridade superficial

Através da análise do acabamento superficial (Figura 1) verificou-se que a velocidade de corte não é o fator de maior atuação na variável resposta, sendo a velocidade de avanço o fator que apresentou maior influência no processo. O melhor acabamento superficial ocorreu para combinação da velocidade de corte de 270 m/min e velocidade de avanço de 0,10 mm/volta. Para essa combinação a rugosidade R_a foi de 1,132 μm .

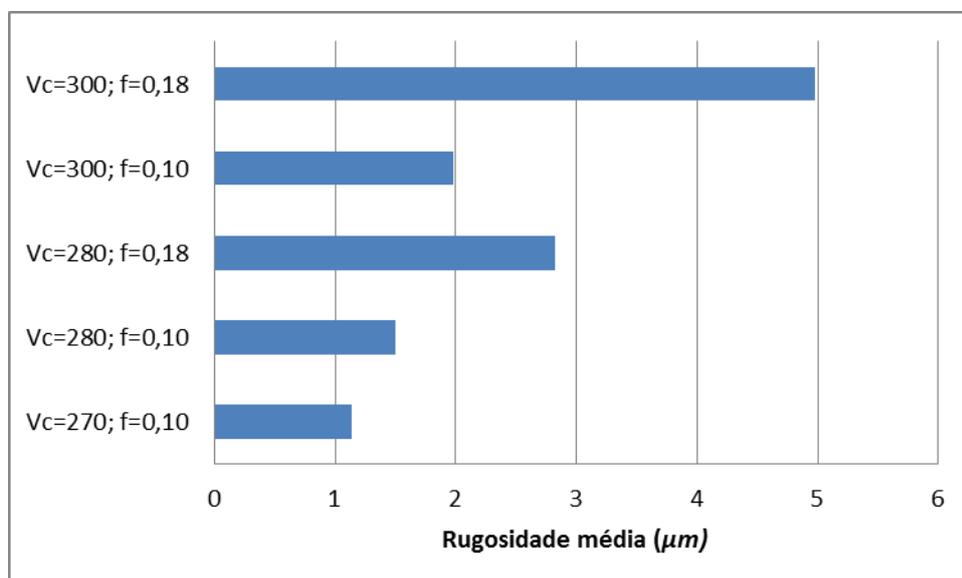


Figura 1: Gráfico de rugosidade média

Comparando os resultados obtidos com a literatura, verificou-se que o comportamento da rugosidade em relação à velocidade corte é coerente, pois inicialmente ela tende a aumentar com o acréscimo da velocidade e diminui após determinada velocidade, isso ocorre devido a velocidade de corte ser a responsável pela velocidade de remoção de material, favorecendo a saída de cavaco e conseqüentemente melhorando o acabamento (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2013). Entretanto não foi possível identificar a velocidade de corte na qual a rugosidade começa a diminuir por se tratar de um experimento com limitação no número de ensaio. Com relação à velocidade de avanço, o comportamento da rugosidade segue exatamente o descrito na literatura, a qual cita que a diminuição da velocidade de avanço proporciona um melhor acabamento na peça (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2013).

3.2 Desgaste e avarias da ferramenta

A partir dos resultados obtidos para os desgastes das ferramentas (Figura 2) verificou-se que o menor desgaste ocorreu para os parâmetros de $V_c = 270$ m/min e $f = 0,10$ mm/rotação, sendo ele de 0,16mm.

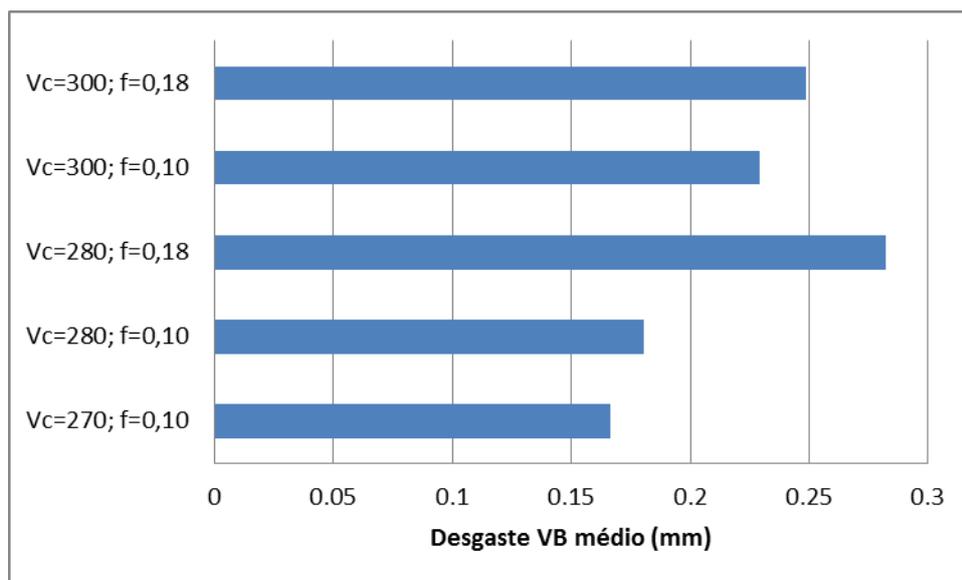


Figura 2: Gráfico de desgaste médio

Com relação aos parâmetros de usinagem, a combinação de uma menor velocidade de corte com uma menor velocidade de avanço proporcionou em um menor desgaste da ferramenta, resultado coerente com a literatura.

De acordo com a literatura a velocidade de corte é o parâmetro que mais influencia a progressão do desgaste, seguida pelo avanço e pela profundidade de corte. Com relação da a velocidade de corte, o acréscimo dela interfere na temperatura que a aresta de corte atinge, sendo que temperaturas elevadas proporcionam o aumento do desgaste, reduzindo assim drasticamente a vida da ferramenta. Com relação à velocidade de avanço, avanços muito altos geram um grande aumento de temperatura

e conseqüentemente proporcionam desgaste frontal (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2013).

A fim de comparar o desgaste e às avarias ocorridas nas ferramentas foram fotografadas aquelas cujos parâmetros resultaram no melhor e no pior acabamento superficial (Figuras 3 e 4).

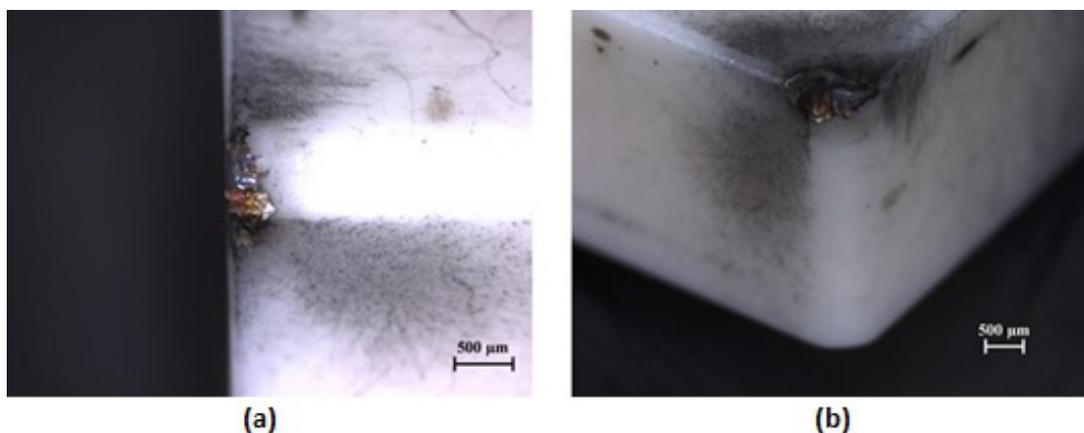


Figura 3: Desgaste e avarias causados pelo parâmetro $V_c= 300$ e $f= 0,18$. (a) Flanco, (b) Faces.

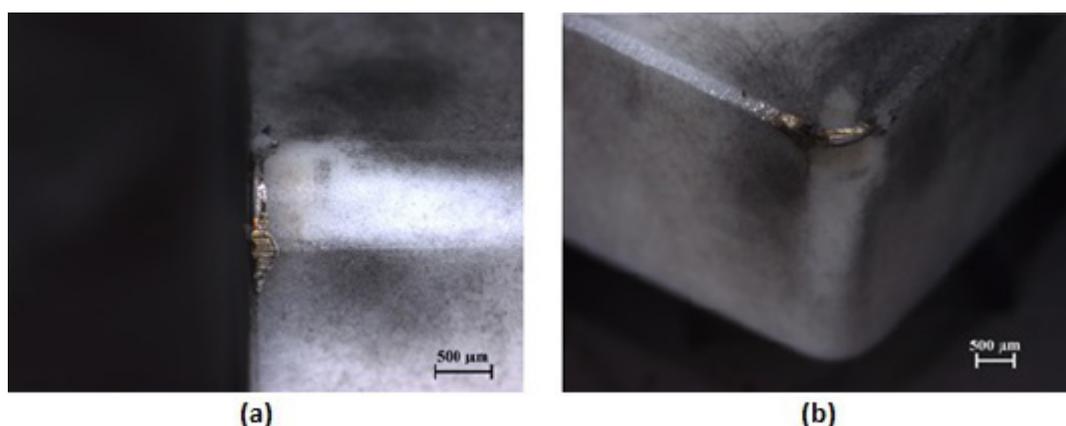


Figura 4: Desgaste e avarias causados pelo parâmetro $V_c= 270$ e $f= 0,10$. (a) Flanco, (b) Faces.

Em relação às avarias a mais comum foi a de quebra/lascamento, presentes em ambas as condições. Elas ocorreram principalmente pela baixa tenacidade da ferramenta e pela presença de carbonetos na composição da superliga, os quais possuem maior dureza que a ferramenta.

4 | CONCLUSÃO

Conclui-se com esse trabalho que a ferramenta a base de óxido de alumínio e óxido de magnésio apresenta grande potencial para ser utilizada na usinagem da superliga VAT-32®, pois o acabamento superficial gerado na usinagem atende os requisitos mínimos para aplicação em válvulas de motores, além de possibilitar o aumento da velocidade de corte, diminuindo assim o tempo de usinagem desse

material. Entretanto mesmo que a usinagem com a ferramenta resulte em bons acabamentos causa um grande desgaste na aresta corte, sendo necessário o uso de uma grande quantidade de ferramentas para processos longos.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Jose Vitor Candido de Souza por fornecer em parceria com a empresa Villares Metals os materiais necessários para realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 4287**: Especificações geométricas do produto (GPS) - Rugosidade: Método do perfil - Termos, definições e parâmetros da rugosidade. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 4288**: Especificações geométricas de produto (GPS) - Rugosidade: Método do perfil - Regras e procedimentos para avaliação de rugosidade. Rio de Janeiro, 2008.

CALLISTER JUNIOR, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Materials Science and Engineering: An Introduction**. 8. ed. [s.l.] LTC, 2013.

CHOUDHURY, I. .; EL-BARADIE, M. . Machinability of nickel-base super alloys: a general review. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 77, n. 1–3, p. 278–284, maio 1998. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924013697004299>>.

DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. **Tecnologia de Usinagem dos Materiais**. 8. ed. São Paulo: Artliber, 2013.

DORNELAS, D. A. **Caracterização mecânica em temperaturas elevadas da Superliga MAR-M247**. 2012. Universidade de São Paulo, Lorena, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97134/tde-01102013-105701/>>.

EZUGWU, E. .; BONNEY, J.; YAMANE, Y. An overview of the machinability of aeroengine alloys. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 134, n. 2, p. 233–253, mar. 2003. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924013602010427>>.

EZUGWU, E. O. Key improvements in the machining of difficult-to-cut aerospace superalloys. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, v. 45, n. 12–13, p. 1353–1367, out. 2005. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0890695505000544>>.

HUTTON, D. V. **Fundamentals of Finite Element Analysis**. 1. ed. New York: The McGraw-Hill, 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **3685**: Tool-life testing with single-point turning tools, 1993.

M'SAOUBI, R.; AXINTE, D.; SOO, S. L.; NOBEL, C.; ATTIA, H.; KAPMEYER, G.; ENGIN, S.; SIM, W.-M. High performance cutting of advanced aerospace alloys and composite materials. **CIRP Annals**, v. 64, n. 2, p. 557–580, 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007850615001419>>.

PERVAIZ, S.; RASHID, A.; DEIAB, I.; NICOLESCU, M. Influence of Tool Materials on Machinability of Titanium- and Nickel-Based Alloys: A Review. **Materials and Manufacturing Processes**, v. 29, n. 3, p.

219–252, 4 mar. 2014. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10426914.2014.880460>>.

REED, R. C. **The Superalloys: Fundamentals and Applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

SANTOS, S. C.; SALES, W. F. **Aspectos Tribológicos da Usinagem dos Materiais**. 1. ed. São Paulo: Artliber, 2007.

SHAW, M. C. **Metal Cutting Principles**. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, In, 2005.

THAKUR, A.; GANGOPADHYAY, S. State-of-the-art in surface integrity in machining of nickel-based super alloys. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, v. 100, p. 25–54, jan. 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0890695515300730>>.

THAKUR, D. G.; RAMAMOORTHY, B.; VIJAYARAGHAVAN, L. Study on the machinability characteristics of superalloy Inconel 718 during high speed turning. **Materials & Design**, v. 30, n. 5, p. 1718–1725, maio 2009. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0261306908003506>>.

TRENT, E. M.; WRIGHT, P. K. **Metal Cutting**. 4. ed. [s.l.] Butterworth-Heinemann, 2000.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-432-0

