

Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 3

Alexandre Igor Azevedo Pereira
(Organizador)



Alexandre Igor Azevedo Pereira
(Organizador)

**Estudos Interdisciplinares: Ciências
Exatas e da Terra e Engenharias**
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: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
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
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a 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) | |
|---|--|
| E82 | Estudos interdisciplinares: ciências exatas e da terra e engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizador Alexandre Igor Azevedo Pereira. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-602-7 DOI 10.22533/at.ed.027190309 1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. I. Pereira, Alexandre Igor Azevedo. II. Série. CDD 507 |
| Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422 | |

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 3*” oferece uma importante fonte de conhecimento pluridisciplinar, com o selo de qualidade em publicação proveniente da Atena Editora. No seu terceiro volume, 18 capítulos dedicados às Ciências da Terra, Engenharias, Ciências Agrárias, Ciências Sociais, Educação e Tecnologia são explorados.

A utilização de abordagens e metodologias que possibilitem alcançar resultados decorrentes da participação de várias disciplinas, em diferentes níveis e formatos configura-se como premissa fundamental para o desenvolvimento do conhecimento moderno. A gênese do conceito de contemporaneidade nas ciências nada mais é (em grande medida) que o resultado de inúmeras e diversificadas formas de interação entre saberes, que geram um complexo sistema de relações interdisciplinares.

Nesse terceiro volume da obra “*Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 3*” oferecemos uma forma especial de aquisição de conhecimentos que permeiam diversas nuances envolvidas com percepção e estratégias de avaliação da saúde da família, manipulação tecnológica de materiais de origem vegetal, como a celulose, casca de banana, madeira de pinus, extratos de erva-mate e sementes de trigo, além de abordagens sobre resíduos sólidos, aterros sanitários, gêneros alimentícios manufaturados, antioxidantes, propriedades cerâmicas, argilas, ensino de ciências ambientais, responsabilidade social e sustentabilidade, drenagem urbana, recursos minerais, saúde pública, extensão universitária, geologia e mineração, qualidade de vida no trabalho e sua produtividade, aprendizagem sobre Mobile Learning, softwares educacionais e etc.

A perspectiva de aquisição amplificada de um conjunto de conhecimentos e ideias é relevante, pois possui potencial de promover uma relação mais harmônica entre o Ser Humano com a Natureza que o cerca. Essa amplificada tomada de decisão reflete um olhar com caráter de importância para o cotidiano da humanidade, pois abre possibilidades da sociedade tomar decisões e compreender as aplicações dos conhecimentos sobre a dinâmica natural, seja ela geológica, vegetal ou animal, na melhoria da qualidade de vida. Portanto, a formação de cidadãos críticos e responsáveis com relação à ocupação do seu espaço físico-natural e, dessa forma, utilização de seus diversos recursos, oriundos de diferentes fontes, cria mecanismos essenciais para minimizar negativos impactos ambientais das atividades econômicas tão necessárias atualmente e, de forma concomitante, busca providências para problemas já existentes de degradação ambiental e dilemas sociais, acarretando em inevitáveis avanços tecnológicos.

Finalmente, aguarda-se que o presente e-book, de publicação da Atena Editora, em seu segundo volume da obra “*Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 3*”, represente a oferta de conhecimento para capacitação de mão-de-obra através da aquisição de conhecimentos técnico-científicos de

vanguarda praticados por diversas instituições brasileiras; instigando professores, pesquisadores, estudantes, profissionais (envolvidos direta e indiretamente) com um olhar interdisciplinar no tocante à resolução de problemas e dilemas atuais da sociedade.

Alexandre Igor Azevedo Pereira

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| AQUISIÇÃO DE TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO DA GERMINAÇÃO AO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE TRIGO MEDIANTE OSMOCONDICIONAMENTO DAS SEMENTES | |
| André Luiz Vianna De Paula Bianca Cristina Costa Gêa Bruno Pastori Arantes Henrique Miada Pedro Bento da Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.0271903091 | |
| CAPÍTULO 2 | 11 |
| ADAPTAÇÃO DO MÉTODO DE MERCERIZAÇÃO PARA EXTRAÇÃO DA CELULOSE DA CASCA DA BANANA PRATA (<i>M. SPP</i>) | |
| Suzan Xavier Lima Adriano de Souza Carolino Edgar Aparecido Sanches | |
| DOI 10.22533/at.ed.0271903092 | |
| CAPÍTULO 3 | 20 |
| AVALIAÇÃO DO POTENCIAL CONSERVANTE DO EXTRATO ETANÓLICO DE ERVA-MATE APLICADO EM LINGUIÇA SUÍNA FRESCAL | |
| Elis Jennifer Jaeger Laissmann Cleide Borsoi | |
| DOI 10.22533/at.ed.0271903093 | |
| CAPÍTULO 4 | 34 |
| OS MOVIMENTOS DE RESPONSABILIDADE SOCIAL NO BRASIL E NO MUNDO | |
| Leonardo Petrilli Alessandra Rachid Mário Sacomano Neto Daniela Castro dos Reis Juliana Fernanda Monteiro de Souza Josilene Ferreira Mendes | |
| DOI 10.22533/at.ed.0271903094 | |
| CAPÍTULO 5 | 47 |
| A DETERIORAÇÃO AMBIENTAL E A CONEXÃO COM A SAÚDE | |
| Danyella Rodrigues de Almeida Aumeri Carlos Bampi Antônio Francisco Malheiros | |
| DOI 10.22533/at.ed.0271903095 | |
| CAPÍTULO 6 | 52 |
| AVALIAÇÃO DE DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ | |
| Cezar Augusto Moreira Thiago Orcelli Ueverton Henrique da Silva Pedroso | |
| DOI 10.22533/at.ed.0271903096 | |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 7 | 60 |
| EDUCAÇÃO EM AMBIENTE E SAÚDE: UMA ABORDAGEM SOCIOEDUCATIVA | |
| Danyella Rodrigues de Almeida | |
| Aumeri Carlos Bampi | |
| Antônio Francisco Malheiros | |
| DOI 10.22533/at.ed.0271903097 | |
| CAPÍTULO 8 | 64 |
| ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE DIFERENTES TIPOS DE CONCRETOS FRENTE A PENETRAÇÃO DE CLORETOS LIVRES PELO MÉTODO DE MOHR (ASPERSÃO DE NITRATO DE PRATA) | |
| Carlos Fernando Gomes do Nascimento | |
| Clério Bezerra de França | |
| Thaís Marques da Silva | |
| Anne Caroline Melo da Silva | |
| Maria Angélica Veiga da Silva | |
| Lucas Rodrigues Cavalcanti | |
| Gilmar Ilário da Silva | |
| Cynthia Jordão de Oliveira Santos | |
| Amanda de Moraes Alves Figueira | |
| Ariela Rocha Cavalcanti | |
| Eliana Cristina Barreto Monteiro | |
| Ângelo Just da Costa e Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.0271903098 | |
| CAPÍTULO 9 | 79 |
| CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE UMA ARGILA SINTÉTICA VISANDO APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA CERÂMICA | |
| Rafael Henrique de Oliveira | |
| Diogo Duarte dos Reis | |
| Cícero Rafael Cena da Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.0271903099 | |
| CAPÍTULO 10 | 92 |
| ESTUDO DO EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO REALIZADO COM LASER DE CO₂ EM AÇO 316 PREVIAMENTE REVESTIDO COM NICRALY APLICADO POR HVÓF | |
| Renê Martins Volú | |
| Silvelene Alessandra Silva Dyer | |
| Claudio Luis dos Santos | |
| Getúlio de Vasconcelos | |
| DOI 10.22533/at.ed.02719030910 | |
| CAPÍTULO 11 | 100 |
| QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO INFLUENCIANDO NA PRODUTIVIDADE DE TRABALHADORES DE CONSTRUÇÃO CIVIL- UM ESTUDO DE CASO | |
| Andre Luis Martins de Souza | |
| Renata Evangelista | |
| Alexandre Null Bueno | |
| DOI 10.22533/at.ed.02719030911 | |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 12 | 116 |
| X-RAY DIFFRACTION ON <i>PINUS</i> WOOD SAMPLES | |
| Tiago Hendrigo de Almeida Diego Henrique de Almeida Mauro Sardela Francisco Antonio Rocco Lahr | |
| DOI 10.22533/at.ed.02719030912 | |
| CAPÍTULO 13 | 121 |
| JOGO EDUCATIVO QUE AUXILIA NA COOPERAÇÃO PARA COMBATER O <i>Aedes aegypti</i> | |
| Laressa Fernanda Vilela Silveira Reane Franco Goulart Jullian Henrique Moreira | |
| DOI 10.22533/at.ed.02719030913 | |
| CAPÍTULO 14 | 133 |
| JOGO DA MINERAÇÃO: RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE GEOCIÊNCIAS | |
| Lucas Alves Correa Hayanne Lara de Moura Cananeia Cibele Tunussi Carlos Henrique de Oliveira Severino Peters | |
| DOI 10.22533/at.ed.02719030914 | |
| CAPÍTULO 15 | 140 |
| PEDRA SOBRE PEDRA: CONSTRUINDO O CONHECIMENTO EM GEOCIÊNCIAS | |
| Elvo Fassbinder Amanda Rompava Lourenço Andressa Rizzi Kuzjman Fabrício Alves Mendes Heloísa Morasque Ligeski Jean Manoel Schott Joana Caroline de Freitas Rosin Liv Gabrielle Mengue Salerno Ferreira Luísa Schemes Martins Pinto Maiara Fabri Maneia Marcello Henrike Zanella Rafael Wozniak Lipka | |
| DOI 10.22533/at.ed.02719030915 | |
| CAPÍTULO 16 | 149 |
| UM ESTUDO SOBRE REQUISITOS FUNCIONAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM MÓVEL | |
| João Roberto Ursino da Cruz Ana Maria Monteiro | |
| DOI 10.22533/at.ed.02719030916 | |
| CAPÍTULO 17 | 157 |
| EMPRESAS SUSTENTÁVEIS NO BRASIL: UM OLHAR SOBRE AS CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DESSAS ORGANIZAÇÕES | |
| Leonardo Petrilli | |

Alessandra Rachid
Mário Sacomano Neto
Daniela Castro dos Reis
Juliana Fernanda Monteiro de Souza
Denize Valéria Santos Baia
Joana Cláudia Zandonadi Pinheiro

DOI 10.22533/at.ed.02719030917

CAPÍTULO 18 168

**ESTUDOS DOS CUSTOS E PREJUÍZOS OCASIONADOS PELOS ALAGAMENTOS
NO BAIRRO INTERVENTORIA, SANTARÉM, PARÁ, BRASIL**

Andréa dos Santos Pantoja
Anderson Sales Budelon
Renildo Albuquerque Feijão
Brunna Lucena Cariello dos Reis

DOI 10.22533/at.ed.02719030918

CAPÍTULO 19 176

**MECANISMO DE CRISTALIZAÇÃO DA GAHNITA SINTÉTICA PARTINDO DE UM
PRECURSOR POLIMÉRICO**

Graciele Vieira Barbosa
Margarete Soares da Silva
Armando Cirilo de Souza
Alberto Adriano Cavalheiro

DOI 10.22533/at.ed.02719030919

SOBRE O ORGANIZADOR..... 189

ÍNDICE REMISSIVO 199

ESTUDO DO EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO REALIZADO COM LASER DE CO₂ EM AÇO 316 PREVIAMENTE REVESTIDO COM NICRALY APLICADO POR HVOF

Renê Martins Volú

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, Instituto
de Estudos Avançados – IEAv/DCTA
São José Dos Campos – SP

Sivelene Alessandra Silva Dyer

Instituto de Estudos Avançados – IEAv/DCTA
São José Dos Campos – SP

Claudio Luis dos Santos

IFSP – Instituto Federal de São Paulo
São José Dos Campos – SP

Getúlio de Vasconcelos

Instituto de Estudos Avançados – IEAv/DCTA
São José Dos Campos – SP

RESUMO: Na indústria aeronáutica, os revestimentos de proteção térmica são conhecidos por TBC (Thermal Barrier Coatings) e a utilização do NiCrAlY é uma alternativa como camada de ligação destes revestimentos. Esse trabalho tem como objetivo estudar a ligação metalúrgica entre o substrato de aço 316 e o revestimento de NiCrAlY o qual foi depositado através do método hipersônico de aspersão térmica (HVOF) e posteriormente irradiadas por um feixe de laser de CO₂ com potência de 125 W e velocidade de 50 mm/s. As amostras foram caracterizadas por análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV), a análise quantitativa por EDS mostrou que a composição química dos materiais mantiveram

a estequiometria original e a análise por linescan do EDS que consiste na varredura ao longo do revestimento e do substrato mostrou que na interface ocorreu uma difusão dos elementos químicos que compõem o substrato para o revestimento, o que caracteriza uma ligação metalúrgica.

PALAVRAS-CHAVE: HVOF, NiCrAlY, TBC, Laser CO₂

**STUDY OF THE EFFECT OF THERMAL
TREATMENT PERFORMED WITH CO₂
LASER IN 316 STEEL PREVIOUSLY COATED
WITH NICRALY APPLIED BY HVOF**

ABSTRACT: In the aeronautical industry, thermal protection coatings are known as TBC (Thermal Barrier Coatings) and the use of NiCrAlY is an alternative as a bonding layer of these coatings. This work aims to study the metallurgical connection between the 316 steel substrate and the NiCrAlY coating which was deposited through the hypersonic thermal sprinkler method (HVOF) and subsequently irradiated by a CO₂ laser beam with a power 125 W and 50 mm / s speed. The samples were characterized by scanning electron microscopy (SEM) analysis, the quantitative analysis by EDX showed that the chemical composition of the materials maintained the original stoichiometry and the analysis by Linescan of EDX consisting of the scan along the coating and the substrate

showed that in the interface there was a diffusion of the chemical elements that make up the substrate for the coating, which characterizes a metallurgical bond.

KEYWORDS: HVOF, NiCrAlY, TBC, CO₂ Laser.

1 | INTRODUÇÃO

Revestimentos metálicos são recursos efetivos e relativamente de baixo custo, que consiste em modificar as propriedades e características da superfície da liga contribuindo para o enriquecimento de suas propriedades, criando assim, novos materiais que combinam as propriedades do material de base com as características desejáveis da superfície (Paredes, 2009).

Na indústria aeroespacial e de geração de energia, muitos dos equipamentos exigem excelente resistência mecânica em altas temperaturas e em ambientes corrosivos (Araújo, 2009). Nos últimos anos, uma das aplicações que vem recebendo grande importância e interesse no desenvolvimento, são os revestimentos cerâmicos e metálicos para utilização como barreira térmica e química, respectivamente.

Palhetas são partes imprescindíveis das turbinas conhecida também por motores a combustão. As turbinas são constituídas por três partes, composta por compressor, câmara de combustão e a turbina que consiste de um rotor com palhetas encaixadas e fixadas que tem por finalidade captar e converter energia mecânica e térmica contida em um fluido em trabalho de eixo. As palhetas estão localizadas depois da câmara de combustão, região que envolve uma atmosfera oxidante, pressão e altas temperaturas que podem atingir 1200 °C (Almeida, 2005).

O revestimento utilizado nas palhetas de turbina é conhecido como revestimento de barreira térmica (Thermal Barrier Coating – TBC), devido as suas características de alto ponto de fusão, redução à corrosão e oxidação em temperaturas elevadas. O revestimento de barreira térmica tem duas principais funções fundamentais a proteção térmica e química durante os ciclos de operação da turbina. O revestimento TBC consiste de uma camada de ligação (BC- Bond Coat) e uma camada de óxido crescido termicamente (TGO – Thermally Grown Oxide) que objetiva a proteção química ao substrato, uma camada cerâmica (CC – Ceramic Coat) que protege termicamente o sistema (Almeida, 2005).

Os TBC's consistem em revestimentos que contém Cromo (Cr), Alumínio (Al), um elemento de terra rara, como Ítrio (Y), de sua composição básica provém seu nome genérico MCrAlY, onde o elemento M pode ser níquel (Ni), cobalto (Co) e ferro (Fe) ou a mistura entre esses elementos. O revestimento de ligação que tem sido mais aplicado em componentes que trabalham em ambientes corrosivos de elevadas temperaturas é o NiCrAlY. A quantidade de alumínio deve ser apreciável, servindo como um reservatório para a formação da camada de óxido (alumina) na superfície do revestimento durante a operação em serviço. A fim de se manter a resistência

à fadiga, as concentrações de alumínio e cromo devem ser mantidas baixas, pois elevados teores ocasionará a redução da ductilidade do revestimento. (Teleginski, 2015)

Atualmente, uma das técnicas mais utilizadas de deposição de revestimento de ligação é por Aspersão Térmica a Chama de Alta Velocidade – HVOF (High Velocity Oxi-Fuel), é um processo que consiste na aspersão de materiais metálicos ou não, que são depositados em uma condição fundida ou semifundida sobre um substrato formando um revestimento com características especiais, neste processo, o gás combustível é queimado com oxigênio em uma câmara de combustão a alta pressão gerando um jato de exaustão de alta velocidade, o material é introduzido no bocal e é aquecido e acelerado para o alvo, as partículas aspergidas aderem ao substrato por mecanismos de natureza mecânica, químico-metalúrgica e física, dependendo da temperatura da fonte de calor e velocidade imposta às partículas, que pela sobreposição formam camadas de estrutura lamelar com óxidos e poros. A literatura técnica indica velocidades de partículas de 550 a 1200 m/s. A temperatura da chama é da ordem de 2900 °C (Herman, 2004).

Uma alternativa viável para a ancoragem densa dos revestimentos é a utilização de processos a laser que baseia no aquecimento local da superfície, promovido pela absorção da radiação do feixe, e em seguida, pelo seu rápido resfriamento. As elevadas energias disponíveis no processo a laser, pode favorecer a formação de ligação metalúrgica entre o revestimento e substrato e contribuir para melhor ancorá-lo ao substrato evitando o destacamento do revestimento. Este método possibilita também, o desenvolvimento de revestimentos com controle de porosidades, sendo possível realizar o fechamento dos poros ou densificar o revestimento na superfície para evitar a difusão do oxigênio evitando que ocorra a oxidação do substrato. (Maillet, 1987; Reis, 2009).

2 | METODOLOGIA

O pó de NiCrAlY foi aspergido no substrato de aço inoxidável 316 pelo método de aspersão High Velocity Oxygen Fuel (HVOF), o processo consiste onde o combustível é queimado com oxigênio a alta pressão em uma câmara de combustão gerando um jato de alta velocidade. O material a ser depositado na forma de pó é introduzido na chama, sendo aquecido e projetado contra um substrato, conforme a ilustração da Figura 1.

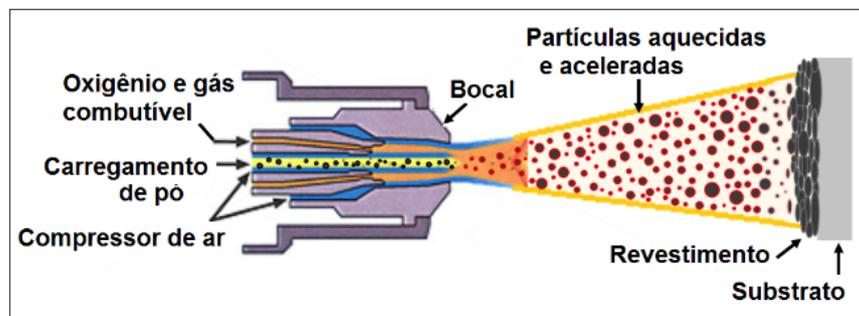


Figura 1. Desenho esquemático do processo de HVOF.

Após a deposição do NiCrAlY as amostras foram irradiadas por um feixe de laser de CO₂ modelo evolution 125, fabricado pela Synrad. Para movimentação em um plano (x,y), o laser possui um dispositivo acoplado à saída do feixe chamado cabeça de marcação (Marking Head) conforme ilustra a Figura 2, a potência do laser é de 125 W e comprimento de onda de 10,6 μm, a velocidade de varredura foi de 50 mm / s. A finalidade do tratamento a laser é gerar uma ligação metalúrgica entre o substrato e o revestimento, evitando a ocorrência de falhas do revestimento e a delaminação.

As amostras irradiadas com o laser de CO₂ foram cortadas na seção transversal, a preparação metalográfica das amostras consistiu no lixamento, polimento e ataque químico com ácido. As amostras foram caracterizadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV), análise quantitativa por espectroscopia de dispersiva de energia (EDS), através da técnica linescan-EDS, foi realizada análise de linha para verificar a difusão dos elementos do substrato e do revestimento e difração de raios-X para identificar o crescimento do óxido de alumínio (Al₂O₃) proveniente da alta temperatura do processo.

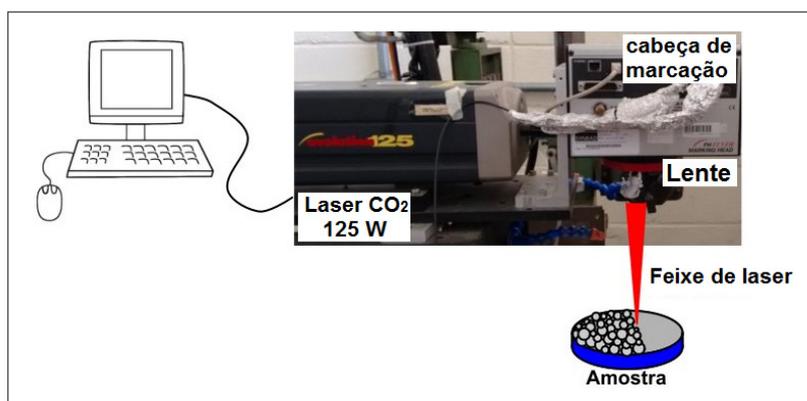


Figura 2. Laser de CO₂ de 125 W e cabeça de marcação (Marking Head).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O material utilizado como substrato foi o aço inoxidável 316, Tabela 1 mostra a composição química.

| Elemento químico | Cr | Ni | Mo | C | Si |
|------------------|------|------|-----|------|------|
| Peso (%) | 17,0 | 12,0 | 2,5 | 0,08 | 0,07 |

Tabela 1 - Composição química do aço inoxidável 316

Na Figura 3a observa-se o pó de NiCrAlY, as partículas têm uma forma arredondada e a sua composição química é de 31% de Cr, 11,3% de Al, 0,7% de Y e o restante Ni. Na Figura 3b visualiza a microestrutura da amostra revestida com NiCrAlY, aplicada pelo processo HVOF, observa-se uma superfície irregular e porosa. A aspersão feita por HVOF envolve uma deposição contínua e rápida do material, onde ocorre uma solidificação de gotas fundidas ou semifundidas. Este processo resulta em microestruturas achatadas e imperfeitas e com porosidade. A espessura do revestimento é da ordem de 100 μm .

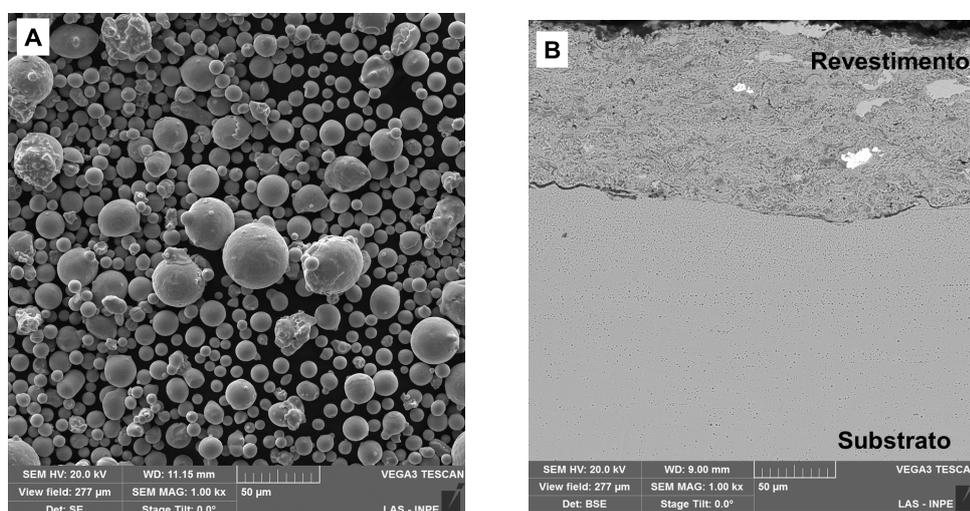


Figura 3. a) Morfologia das partículas do pó de NiCrAlY, b) Micrografia do revestimento de NiCrAlY em aço 316 pela técnica de aspersão HVOF.

Na Figura 4 apresenta uma micrografia por MEV da amostra fraturada com revestimento de NiCrAlY aplicada pelo processo de HVOF e irradiada com o feixe de laser de CO_2 , velocidade de varredura de feixe de 50 mm/s. nota-se uma homogeneidade do substrato com o revestimento, com uma superfície mais regular onde é possível verificar a densificação dos poros antes existentes, outro parâmetro observado foi que não ocorreu o deslocamento do revestimento indicando que o tempo de interação entre o laser e o material foi suficiente para promover aumento da temperatura até que se atingisse o ponto de fusão do revestimento em toda sua extensão.

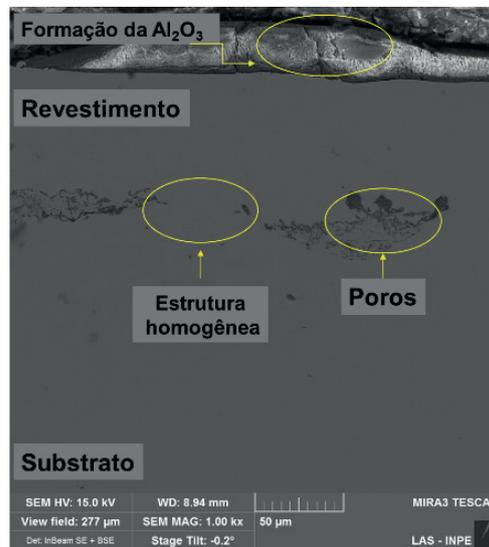


Figura 4. Micrografia do revestimento de NiCrAlY sobre o aço 316 pela técnica de aspersão HVOF após a irradiação do laser de CO₂.

O escaneamento por linescan do EDS foi realizado na região de interface. A Figura 5 mostra o gráfico onde notamos que a difusão ocorreu entre os principais elementos químicos que compõem o substrato e o revestimento de NiCrAlY, onde ocorre uma a difusão dos elementos como Fe e Ni, o que caracteriza o mecanismo de ligação metalúrgica é a difusão, esta difusão é da ordem de 20 µm. Ni e Cr difundiram menos no Fe do que o Fe no revestimento de NiCrAlY, a razão para isso é que a concentração do Fe no substrato é muito maior do que os outros elementos.

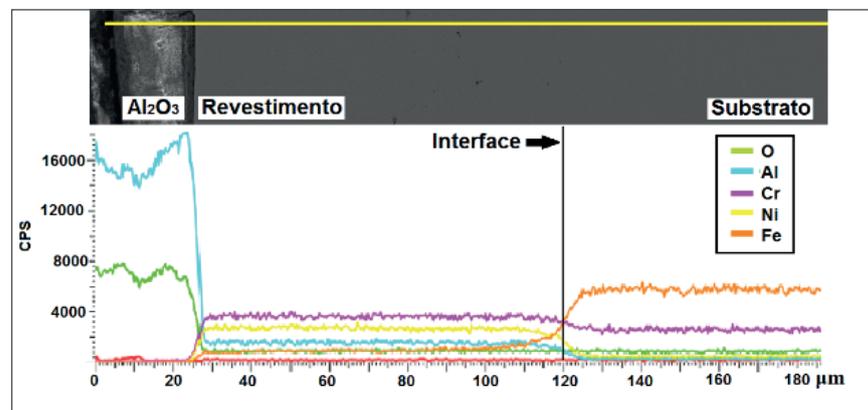


Figura 5. Gráfico de difusão dos elementos do substrato e do revestimento de NiCrAlY.

A Figura 6 mostra a difração de raios X do pó de NiCrAlY e a irradiação efetuada a uma velocidade de 50 mm/s. O difratograma apresenta picos característicos de Alumínio (Al) e Níquel (Ni) como apresentado no pó de NiCrAlY, com a irradiação laser ocorre o aparecimento de pico de Crômio (Cr), devido à ligação metalúrgica entre o revestimento e o substrato. A formação de picos de Alumina (Al₂O₃) é um indicador de uma possível reação de oxidação que ocorreu durante o tratamento térmico com o laser.

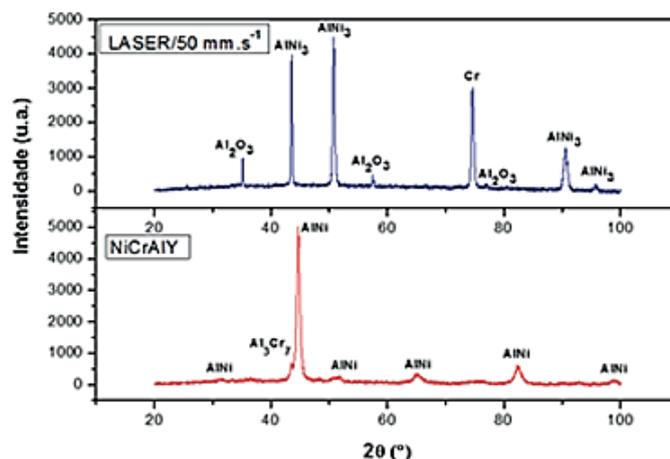


Figura 6. Difração de raios-X do pó de NiCrAlY e irradiação a laser a uma velocidade de 50 mm/s.

4 | CONCLUSÕES

Foi possível observar que a amostra irradiada com uma velocidade de varredura de 50 mm/s mostrou uma densificação, onde foi possível observar que não existe uma interface clara entre o revestimento e o substrato e esta é uma forte indicação da ligação metalúrgica entre os dois materiais, o que reforça é o fato de que quando a velocidade é reduzida, a energia do processo aumenta. O gráfico obtido por linhas que mostram que ocorreu uma difusão entre os elementos presentes no revestimento e no substrato, evidenciando uma formação de uma ligação metálica.

O difratograma de raios-X mostra picos de alumínio (Al) e oxigênio (O) formando alumina (Al_2O_3) que é um indicador da possível reação de oxidação que pode ter ocorrido durante o processo de radiação a laser.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, Instituto de Estudos Avançados - IEAv / DCTA e OGRAMAC LTDA.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. S. **Estudo de revestimentos cerâmicos sobre substrato metálico, obtidos por deposição física de vapores por feixe elétrons para aplicação como barreira térmica**. São José dos Campos, SP. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2005.

ARAÚJO, V. H. L. **Efeito da soldagem por feixe de elétrons e tratamento térmico pós-soldagem em características mecânicas e microestruturais de tiras de Inconel 718 aplicadas em componentes nucleares**. 2009. 135 p. Dissertação de Mestrado – Engenharia de Materiais, Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena/ SP.

HERMAN, H. SAMPATH S. **Thermal Spray Coating**. Department of Mat. Science and Engineering – State University of New York, 2004.

MAILLET, H. **O Laser – Princípios e Técnicas de Aplicações**. São Paulo: Manole, 1987.

PAREDES, R.S.C.; **Apostila de Aspersão Térmica**, Paraná: UFPR, 2009.

REIS, J.L. **Tratamento Térmico Superficial do aço AISI de M2 de Laser de CO2**. Dissertação de Mestrado - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica. ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos/SP, 2009.

TELEGINSKI, V. **Deposição a Lasers de Revestimentos TBC para Proteção de Palhetas de Turbinas Aeronáuticas e Industriais**. Exame de Qualificação (Obtenção do Título de Doutorado em Ciências) – ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São Jose dos Campos/SP, 2015.

SOBRE O ORGANIZADOR

Alexandre Igor Azevedo Pereira - é Engenheiro Agrônomo, Mestre e Doutor em Entomologia pela Universidade Federal de Viçosa. Professor desde 2010 no Instituto Federal Goiano e desde 2012 Gerente de Pesquisa no Campus Urutaí. Orientador nos Programas de Mestrado em Proteção de Plantas (Campus Urutaí) e Olericultura (Campus Morrinhos) ambos do IF Goiano. Alexandre Igor atuou em 2014 como professor visitante no John Abbott College e na McGill University em Montreal (Canadá) em projetos de Pesquisa Aplicada. Se comunica em Português, Inglês e Francês. Trabalhou no Ministério da Educação (Brasília) como assessor técnico dos Institutos Federais em ações envolvendo políticas públicas para capacitação de servidores federais brasileiros na Finlândia, Inglaterra, Alemanha e Canadá. Atualmente, desenvolve projetos de Pesquisa Básica e Aplicada com agroindústrias e propriedades agrícolas situadas no estado de Goiás nas áreas de Entomologia, Controle Biológico, Manejo Integrado de Pragas, Amostragem, Fitotecnia e Fitossanidade de plantas cultivadas no bioma Cerrado.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Antioxidante 20, 22, 23, 30, 31, 32, 33
Aprendizagem 5, 9, 122, 132, 148, 149, 150, 151, 154, 156
Argila 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89
Atenção primária 60, 63
Aterros sanitários 5, 52, 57, 59

C

Caracterização 11, 25, 32, 67, 79, 80, 81, 89, 106, 109, 110
Casca da banana prata 11, 15, 16, 17, 18
Celulose 5, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 163
Characterization 11, 79, 90, 116
Ciências ambientais 5, 60
Cloretos livres 64, 66, 76, 77
Comportamento térmico 79, 81
Condicionamento fisiológico 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10
Conscientização 52, 54, 58, 59, 133
Construção civil 100, 101, 102, 112, 113
Cooperativismo 121, 123
Corrosão 64, 65, 66, 67, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 93

D

Degradação 5, 15, 16, 30, 32, 47, 48, 50, 51, 61, 62, 63
Dengue 121, 122, 123, 125, 132
Difusão 23, 34, 39, 42, 43, 44, 92, 94, 95, 97, 98, 159, 162
Drenagem urbana 5, 168, 169, 172, 175

E

Educação 5, 49, 50, 60, 62, 63, 115, 121, 132, 134, 139, 140, 141, 142, 147, 148, 150, 151, 168, 170
Ensino 5, 38, 51, 55, 59, 60, 63, 78, 109, 112, 122, 132, 133, 134, 135, 138, 139, 141, 142, 147, 148, 149, 150, 151, 152
Ensino fundamental 134, 135, 141, 142
Eritorbato 20, 24, 25, 27, 29, 30, 31
Extensão universitária 5, 134, 139, 141
Extrato etanólico de erva-mate 20, 23, 26, 27, 30, 31

G

Geociências 133, 134, 135, 137, 138, 139, 141, 142, 146, 147, 148
Geologia 5, 135, 140, 141, 142, 145, 147, 148

H

HVOF 8, 92, 93, 94, 95, 96, 97

I

Infraestrutura 48, 60, 163, 168, 169, 171, 175

Instituições 6, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 43, 44, 45, 105, 151, 152, 153, 163

J

Jogo educativo 121, 123, 124, 132

L

Laser CO2 92

M

Mercerização 11, 15, 16, 17

Mineração 5, 100, 133, 134, 135, 136, 138, 139, 157, 163, 166

Mobile learning 149, 150, 156

N

Nitrato de prata 64, 66, 67, 70, 76, 77

O

OAM 149, 150, 153, 154, 155

P

Percepção 5, 47, 48, 49, 50, 51, 63, 100, 101, 107, 108, 110, 112, 122, 143

Pinus 5, 9, 116, 117, 118, 120

Produtividade 5, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114

Programas socioambientais 159, 165

Propriedades cerâmicas 5, 79

Q

Qualidade de vida no trabalho 5, 100, 102, 104, 105, 111, 112, 114

R

Reciclagem 52, 54, 55, 59

Recursos minerais 5, 133, 135, 136, 137, 138

Resíduos sólidos 5, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 168, 169, 173, 174

Responsabilidade social 5, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 101, 133, 139, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 165, 166

S

Santarém 168, 169, 170, 171, 175

Satisfação 100, 102, 105, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114

Softwares educacionais 5, 149, 150, 155

Sustentabilidade 5, 12, 39, 41, 42, 44, 45, 46, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 175

T

TBC 92, 93, 99

Triticum aestivum 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10

V

Vigor 1, 2, 5, 7, 8, 9, 10

W

Wood 18, 19, 116, 117, 118, 120

X

XRD 116, 117, 118, 120

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-602-7

