

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
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
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

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
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Engenharias: metodologias e práticas de caráter multidisciplinar

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Emely Guarez
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia: metodologias e práticas de caráter multidisciplinar / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5706-560-0
DOI 10.22533/at.ed.600200511

1. Engenharia. 2. Metodologias e Práticas. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos engenheiros nos mais diversos ramos do conhecimento, é de saber ser multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber.

Para isso o mesmo foi dividido em dois volumes, sendo que o volume 1 apresenta temas relacionados a área de engenharia mecânica, química e materiais, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril.

Já o volume 2 traz, temas correlacionados a engenharia civil e de minas, apresentando estudos sobre os solos e obtenção de minérios brutos, bem como o estudo de construções civis e suas patologias, estando diretamente ligadas ao impacto ambiental causado e ao reaproveitamento dos resíduos da construção.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA DE DOBRA DE UM VERGALHÃO PARA A MELHORIA DE UM PROCESSO DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Efraim Ribas Linhares Bruno
Thiago Monteiro Maquiné
Perla Alves de Oliveira
Marcia Cristina Gomes de Araújo Lima
Suelem de Jesus Pessoa

DOI 10.22533/at.ed.6002005111

CAPÍTULO 2..... 13

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO SUPERFICIAL NA MANUFATURA CNC DE MATERIAL LAMINADO EM PLACAS DE RENSHAPE 440

Walkiria Kohmoto Nishimurota
Marco Stipkovic Filho

DOI 10.22533/at.ed.6002005112

CAPÍTULO 3..... 23

A INFLUÊNCIA DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL NA ANÁLISE DE DUREZA E MICRODUREZA EM AÇO AO CARBONO FUNDIDO

Ronan Geraldo Moreira

DOI 10.22533/at.ed.6002005113

CAPÍTULO 4..... 29

CONCEITOS BÁSICOS DE MICROUSINAGEM: UMA REVISÃO

Ainá Winnie Carlos Riomar
Esther Samila Santana Barbosa
Lucas Winterfeld Benini

DOI 10.22533/at.ed.6002005114

CAPÍTULO 5..... 46

ANÁLISE DE FALHA POR CORROSÃO EM REVESTIMENTO DE PRODUÇÃO DE UM CAMPO MADURO DO ESTADO DE SERGIPE

André Vieira da Silva
Wilson Linhares dos Santos
Cochiran Pereira dos Santos
Soraia Simões Sandes

DOI 10.22533/at.ed.6002005115

CAPÍTULO 6..... 59

MICRODUREZA NO PROCESSO DE SOLDAGEM POR FRICÇÃO LINEAR DA LIGA DE LATÃO BINÁRIO C260

Lucas Freitas de Medeiros Pimentel
Monique Valentim da Silva Frees
Ariane Rebelato Silva dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.6002005116

CAPÍTULO 7..... 67

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ALÍVIO DE TENSÃO EM COMPONENTES DE AÇO AAR M201 GRAU E RECUPERADOS POR SOLDAGEM

Natanael Pinho da Silva Alves

Ronan Geraldo Moreira

DOI 10.22533/at.ed.6002005117

CAPÍTULO 8..... 79

ESTUDO DA GERAÇÃO DE NOVOS MATERIAIS COMPÓSITOS A PARTIR DO GESSO E DO RESÍDUO DE GESSO COM ADITIVOS DESINCORPORADORES DE AR E SUPERPLASTIFICANTES

Tássila Saionara Gomes Galdino

Pâmela Bento Cipriano

Andréa de Vasconcelos Ferraz

DOI 10.22533/at.ed.6002005118

CAPÍTULO 9..... 93

DESENVOLVIMENTO DE PLACAS DE CELERON

Karla Hikari Akutagawa

Caroline da Silva Neves

Celia Kimie Matsuda

Nabi Assad Filho

DOI 10.22533/at.ed.6002005119

CAPÍTULO 10..... 99

PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CATALISADORES METÁLICOS SUPORTADOS EM ALUMINA PARA OBTENÇÃO DE BODIESEL

Normanda Lino de Freitas

Talita Kênya Oliveira Costa

Joelda Dantas

Elvia Leal

Julyanne Rodrigues de Medeiros Pontes

Pollyana Caetano Ribeiro Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.60020051110

CAPÍTULO 11 113

SIMULAÇÃO DE ESPECTROMETRIA DE MASSA DE ÍONS SECUNDÁRIOS

Gabriel dos Santos Onzi

Igor Alencar Vellame

DOI 10.22533/at.ed.60020051111

CAPÍTULO 12..... 117

ANÁLISE DE UM MOTOR 3 CILINDROS SOBREALIMENTADO

Bruno Barreto Irmão

Alexsander Velasco Cardoso

Gustavo Simão Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.60020051112

CAPÍTULO 13..... 131

PROTÓTIPO DE UMA ESTEIRA AUTOMATIZADA PARA ÂMBITO INDUSTRIAL

Mateus dos Santos Correia
Déborah da Costa Sousa Carvalho
Luiz Eduardo Borges de Lima
Elton Santos Dias Sales

DOI 10.22533/at.ed.60020051113

CAPÍTULO 14..... 134

DETERMINAÇÃO DE RITMO CARDÍACO A PARTIR DE SINAIS DE FOTOPLETISMOGRAFIA

Lucas Fernandes Alves dos Anjos
Sergio Okida

DOI 10.22533/at.ed.60020051114

CAPÍTULO 15..... 140

MODELAGEM E SIMULAÇÃO ELETROMAGNÉTICA DE LTNLG (COAXIAL E DE FITA) PARA GERAÇÃO DE RF UTILIZANDO O CST STUDIO

André Ferreira Teixeira
Ana Flávia Guedes Greco
José Osvaldo Rossi
Joaquim José Barroso
Fernanda Sayuri Yamasaki
Elizete Gonçalves Lopes Rangel

DOI 10.22533/at.ed.60020051115

CAPÍTULO 16..... 150

SIMULAÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO NÃO LINEARES GIROMAGNÉTICAS UTILIZANDO MODELAGEM NUMÉRICA UNIDIMENSIONAL

Ana Flávia Guedes Greco
André Ferreira Teixeira
José Osvaldo Rossi
Joaquim José Barroso

DOI 10.22533/at.ed.60020051116

CAPÍTULO 17..... 160

DESENVOLVIMENTO DE OBJETOS EDUCACIONAIS: ATIVIDADE PRÁTICA DE VAZÕES EM ORIFÍCIOS

Thais Esmério Pimentel
Henrique da Silva Pizzo

DOI 10.22533/at.ed.60020051117

CAPÍTULO 18..... 172

APLICAÇÃO TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO, GESTÃO E CONTROLE, BASEADOS NO CONCEITO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

Elaine Garrido Vazquez

Renata Gonçalves Faisca

Joyce Dias da Costa

DOI 10.22533/at.ed.60020051118

CAPÍTULO 19..... 183

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E VOLUME DE ÁCIDOS NA LIXIVIAÇÃO DE CU E PB PRESENTES EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

Alexandre Candido Soares

Yara Daniel Ribeiro

Sara Daniel Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.60020051119

CAPÍTULO 20..... 189

ANÁLISE DA SINTERIZAÇÃO E DENSIFICAÇÃO DE LIGA Nb-Ni-Fe-Si VIA SINTERIZAÇÃO POR PLASMA PULSADO (SPS)

Yara Daniel Ribeiro

Alexandre Candido Soares

Sara Daniel Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.60020051120

CAPÍTULO 21..... 198

ESTUDO CINÉTICO DA LIXIVIAÇÃO DE COBRE UTILIZANDO ÁCIDO NITRÍCO

Alexandre Candido Soares

Yara Daniel Ribeiro

Sara Daniel Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.60020051121

SOBRE OS ORGANIZADORES 209

ÍNDICE REMISSIVO..... 210

ESTUDO CINÉTICO DA LIXIVIAÇÃO DE COBRE UTILIZANDO ÁCIDO NITRÍCO

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 26/10/2020

Alexandre Candido Soares

Universidade Federal do Espírito Santo
Alegre – Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/5768088781427355>

Yara Daniel Ribeiro

Universidade Federal do Espírito Santo
Alegre – Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/6619922564101297>

Sara Daniel Ribeiro

Universidade Federal do Espírito Santo
Alegre – Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/9069893392409430>

RESUMO: Para reduzir o impacto ambiental causado pelo descarte inadequado de resíduos eletrônicos, uma das alternativas é realizar a reciclagem e a recuperação desses materiais. Nesses resíduos, têm-se as placas de circuito impresso (PCI), que são constituídas de até 30% de Cobre, um metal com alto valor de mercado e demanda comercial. O presente trabalho tem por objetivo o estudo cinético da extração de Cobre de PCI's utilizando a técnica da lixiviação ácida em diferentes temperaturas. Para isso, as placas foram inicialmente trituradas visando obter uma granulometria adequada para o tratamento químico nos ensaios experimentais. Em seguida, a quantidade total de Cobre das amostras foi conhecida por meio de solubilização em água régia e quantificada por espectrofotometria

de absorção atômica com chama (FAAS). A lixiviação foi realizada com ácido nítrico a 1 e 2 mol.L⁻¹ empregando diferentes temperaturas que variaram entre 40 e 80°C. Com a água régia foi possível constatar que as PCI's estudadas possuem teor de 22,67% de Cobre. Observou-se também um efeito positivo no aumento da temperatura em ambas as concentrações utilizadas nos experimentos de lixiviação, possibilitando extração acima de 75% para a temperatura de 60 °C e concentração de 2 mol.L⁻¹, apresentando recuperações superiores a 90% do Cobre lixiviado. Por fim, foi realizado um estudo cinético para verificar qual o passo controlador do processo, além de confirmar seu comportamento com o aumento da temperatura. No estudo concluiu-se que o passo controlador do processo é o de reação química, pois a difusividade não exerceu grande influencia na reação.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrometalurgia, Cobre, PCI, Cinética.

KINETIC STUDY OF COPPER LEACHING USING NITRIC ACID

ABSTRACT: To reduce the environmental impact caused by the inappropriate disposal of electronic waste, one of the alternatives is to carry out the recycling and recovery of these materials. In this waste, there are printed circuit boards (PCI), which are made up of 30% copper, a metal with high market value and commercial demand. The present work aims at the kinetic study of the extraction of copper from PCI's using the acid leaching technique at different temperatures. For this, the plates were initially crushed in order to

obtain a suitable particle size for the chemical treatment in the experimental tests. Then, the total amount of copper in the samples was known through solubilization in aqua regia and quantified by flame atomic absorption spectrophotometry (FAAS). The leaching was performed with nitric acid at 1 and 2 mol.L⁻¹ using different temperatures that varied between 40 and 80 ° C. With the regal water it was possible to verify that the studied PCI's have a content of 22.67% of copper. It was also observed a positive effect in the temperature increase in both concentrations used in the leaching experiments, allowing extraction above 75% for the temperature of 60 °C and concentration of 2 mol.L⁻¹, showing recoveries above 90% of the Leached copper. Finally, a kinetic study was carried out to verify the controlling step of the process, in addition to confirming its behavior with increasing temperature. In the study it was concluded that the controlling step of the process is the chemical reaction, because the diffusivity did not exert a great influence on the reaction.

KEYWORDS: Hydrometallurgy, Copper, PCB, Kinetic.

1 | INTRODUÇÃO

Cada vez mais o mundo vem se tornando dependente de dispositivos eletrônicos e da tecnologia. Concomitantemente a esse fato tem-se um rápido desenvolvimento da indústria eletrônica, o que gera um grande desafio em relação ao tratamento dos resíduos gerados por esse setor (SOVACOO, 2019; ZHANG; HE; HAN, 2020). Sabe-se que em 2016 foram descartados em todo mundo 44,7 milhões de tonelada de lixo eletrônico (BALDE *et al.*, 2017), e estima-se que esse valor passe para 52,2 milhões de toneladas em 2021 (AWASTHI; LI, 2019). Com isso, o destino final dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) tornou-se um problema emergente em todo o mundo (ISMAIL; HANAFIAH, 2019).

Como é necessária uma administração responsável dos REEE, a reciclagem desse tipo de resíduo vem crescendo rapidamente em países de alta renda. Além de consequências ambientais positivas, a reciclagem desses resíduos também tem vantagens econômicas. Isso ocorre devido ao fato de o lixo eletrônico conter metais valiosos em concentrações superiores às normalmente encontradas nos minérios equivalentes (DIAS; BERNARDES; HUDA, 2018).

Nesse contexto, as placas de circuito impresso (PCI), principal componente dos produtos eletrônicos, são as maiores fontes de metais valiosos. Estas contêm mais de 60 elementos, entre eles Au, Cu, Pd, Ni e Pb (LI *et al.*, 2020; LIU *et al.*, 2020; QIU *et al.*, 2020). Entre esses se destaca o cobre, pela quantidade contida nas PCI's, que pode conter cerca de 30 a 40 de vezes mais desse elemento do que a encontrada no minério (SODHA; TIPRE; DAVE, 2020).

Dentre as diversas técnicas de recuperação do Cobre das PCI's, destaca-se o processo de hidrometalurgia utilizando ácido nítrico (HNO₃) como agente lixiviante, que segundo trabalhos encontrados na literatura, tem apresentado resultados satisfatórios,

atingindo até 90% de extração desse metal (BARNWAL; DHAWAN, 2020; DUTTA *et al.*, 2018).

Diante desse contexto, verifica-se a importância do reaproveitamento desses resíduos, tanto relacionadas às razões de natureza ambiental quanto pela comercial devido ao elevado valor econômico dos metais contidos nas placas de circuito impresso.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

As PCI's foram inicialmente desmontadas, retirando todos os componentes soldados ou colados na placa. Em seguida foram cortadas em tamanhos menores e enviadas para a fragmentação, utilizando um Moinho de facas Macro, Modelo SL32, até atingir a granulometria menor que 1 mm em todo o material. Após a fragmentação, o material foi homogeneizado e quarteado segundo a norma NBR 10007:2004. Após essa etapa, uma parte do material homogeneizado seguiu para a caracterização com água régia, para quantificar o cobre total nas placas. Já a outra parte foi enviada para as lixiviações utilizando ácido nítrico nas concentrações de 1 e 2 mol.L⁻¹, onde permaneceram por durante duas horas em agitação constante e nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C. Após a lixiviação, a solução foi analisada para determinar a quantidade de cobre extraída. Para a quantificação desse elemento em solução em todas as etapas do estudo, foi utilizada a técnica de espectrometria de absorção atômica com chamas (F AAS), com o equipamento da marca Thermo elétron, series s. Para o estudo dos parâmetros cinéticos foi utilizado o software Excel® para plotar os gráficos e as regressões lineares.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Desmantelamento, moagem, peneiração e homogeneização

Foram pesadas 900 gramas de PCI's já desmontadas e enviadas para fragmentação, onde se obteve cerca de 889,25 g de placa triturada, uma perda de aproximadamente 1,2% em relação ao total. Essa perda de material provavelmente está relacionada com o funcionamento do moinho de facas.

Todas as placas trituradas ficaram com granulometria inferior a 1 mm, como mostrado na Figura 1, possibilitando que a maior parte do Cobre contido ficasse expostos ao ataque químico.

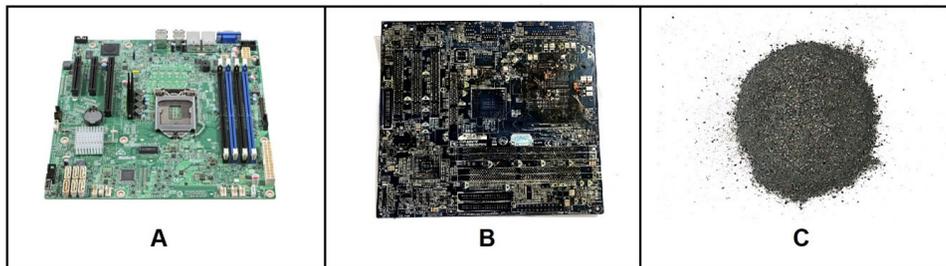


Figura 1: A: Placa mãe inteira, B: Placa mãe desmantelada e C: Placa fragmentada (<1 mm).

Fonte: autor.

3.2 Quantificação do Cobre total contido nas PCI's via digestão com água régia

Após 24 horas de reação as soluções filtradas foram analisadas por FAAS e então o Cobre presente foi quantificado. Com base nos valores das triplicatas analisadas, a quantidade média desse elemento na solução foi $11,33 \text{ g.L}^{-1}$, representando portanto, em média, 22,67% em peso desse metal nas PCI's.

Em caracterizações de PCI's encontrados na literatura (BIRLOAGA *et al.*, 2014), foi demonstrado que as porcentagem de Cobre nas placas variam entre 21 e 24% aproximadamente, mostrando que o valor encontrado na presente pesquisa esta dentro da faixa de concentração dos trabalhos consultados.

3.3 Análise da lixiviação utilizando ácido nítrico (HNO_3)

As porcentagens de lixiviação usando ácido nítrico foram calculadas tomando como base a quantidade máxima de Cobre encontrada com a água régia, sendo de $11,33 \text{ g.L}^{-1}$ desse metal, ou seja, assumiu-se esse valor como 100%.

Os resultados obtidos das lixiviações utilizando o HNO_3 nas concentrações de 1 e 2 mol.L^{-1} , em todas as temperaturas estudadas, estão apresentados na Figura 2, juntamente os erros relacionados as triplicatas realizadas.

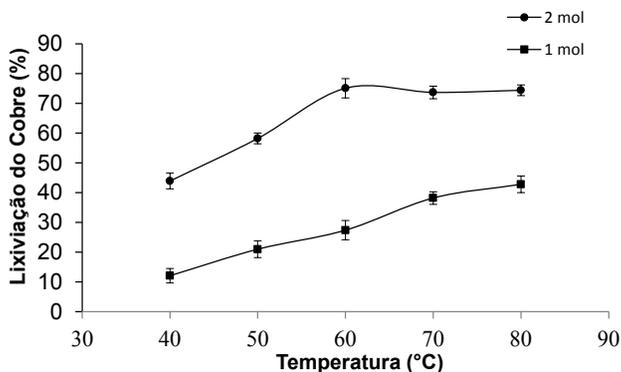


Figura 2: Lixiviação do Cobre em relação à temperatura de reação.

Fonte: o autor.

Nota-se que existem dois comportamentos distintos, um relacionado ao acréscimo de temperatura e o outro com o aumento da concentração do ácido.

Como mostrado na Figura 2, no caso do acréscimo da concentração, ocorre um aumento acentuado da lixiviação do Cobre em todas as temperaturas estudadas, demonstrando que para o tempo estudado (2 horas de reação), maiores concentrações tendem a lixiviar esse metal mais rapidamente.

Em relação à temperatura, com o seu aumento se tem uma maior extração do Cu até atingir um patamar que prossegue praticamente constante em ambas as concentrações.

Ainda em relação à Figura 2, para a temperatura de 40 °C se observa que o valor médio obtido na lixiviação foi de 18,09 ± 1,45% para a concentração de 1 mol.L⁻¹ e 43,90 ± 2,64% para 2 mol.L⁻¹, apresentando uma baixa extração do Cobre total presente nas placas. O mesmo ocorreu no ensaio de 50 °C, o qual obteve o valor de 21,01 ± 1,81% e 58,20 ± 0,78% de lixiviação para as respectivas concentrações.

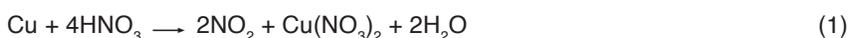
Para os ensaios a 60, 70 e 80 °C utilizando a solução de 1 mol.L⁻¹ de HNO₃ a lixiviação aumentou, porém ficando a baixo de 43%, ainda sendo consideradas baixas. O contrário se observa na lixiviação para a concentração de 2 mol.L⁻¹, na qual ocorreu um aumento acentuado, ficando em, respectivamente, 75,07 ± 3,27%, 73,68 ± 2,11% e 74,38 ± 1,78% de extração de Cobre das placas, considerado uma boa extração.

Acredita-se que esse aumento na lixiviação nas temperaturas mais altas, se deve ao fato de que nessas condições se tem energia suficiente para o processo ocorrer com uma maior velocidade de reação. Além do fato que o aumento dessa variável também influencia positivamente no coeficiente de transferência de massa e a difusividade (DUTTA *et al.*, 2018).

Com base nessas informações, o rendimento da lixiviação utilizando o ácido nítrico, de forma geral, aumenta com maiores concentrações e com o acréscimo da temperatura.

Porém, no caso da temperatura, esse aumento se tem até 60 °C, não ocorrendo variação nas porcentagens de lixiviação a partir dessa temperatura, se for considerado o erro experimental.

A pouca variação de lixiviação após 60 °C a 2 mol.L⁻¹ pode ser explicado pelo consumo do reagente na reação com outros metais que compõe as PCI's. Analisando a reação estequiométrica, apresentada na Equação 1, a quantidade necessária de ácido para a solubilização completa do Cobre contido em 10 g de PCI's (2,26 g de Cu) é de 0,14 mol de HNO₃. Então os 200 mL de ácido nítrico a 1 e 2 mol.L⁻¹ utilizados, contendo 0,2 e 0,4 mol desse reagente, respectivamente, eram mais que o suficiente para a reação. Porém, pela grande variedade de metais nas placas podem ter ocorrido lixiviações secundárias de outros elementos levando ao consumo do ácido antes de lixiviar todo o Cobre.



3.4 Estudo cinético do processo de lixiviação das PCI's

Como demonstrado nos tópicos anteriores, a melhor condição para a recuperação do Cobre contido nas PCI's foi de 2 mol.L⁻¹, sendo essa então, o alvo do estudo cinético. Na Figura 5 foi plotado os gráficos das porcentagens de lixiviação em relação ao tempo.

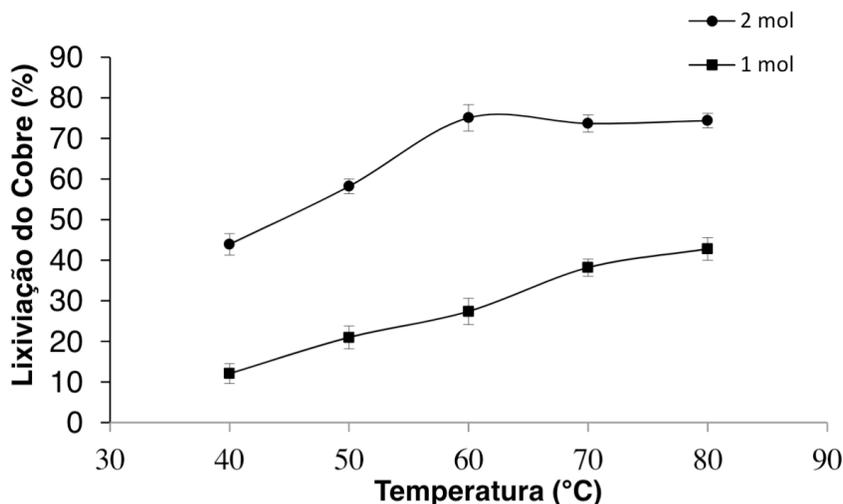


Figura 3: Lixiviação do Cobre em relação ao tempo para as duas concentrações e em diversas temperaturas. Fonte: o autor.

Como pode-se observar na Figura 3, nos experimentos a 70 e 80 °C ocorreu uma exceção nos pontos analisados. Nestes casos as retas foram ajustadas aos pontos nos instantes 0 e 10 minutos, pois devido à temperatura e a concentração de HNO_3 a reação é muito rápida, consumindo mais da metade do reagente a partir dos primeiros 10 minutos e o método não iria ser eficaz para analisar tal comportamento. Anomalia essa também observada por Nogueira (2002) e Oliveira (2012), que relataram o mesmo problema nas temperaturas mais elevadas. Sendo que a alternativa para contornar esse problema, em ambos os autores, também foi analisar somente até os 10 primeiros minutos, não ocasionando nenhum erro no estudo cinético.

Para as outras condições, afirma-se que a velocidade inicial da reação é lenta, pelo baixo coeficiente angular das retas, provavelmente devido ao processo de ativação da reação. No caso de 70 e 80 °C, a rápida reação se justifica pela alta temperatura, mostrando ser suficiente para a energia de ativação.

Um dos motivos descritos na literatura (NOGUEIRA, 2002) para ativação da reação necessitar de tanta energia, são as camadas passivadora na superfície dos metais, pois há necessidade de destruir primeiramente essas camadas para iniciar o processo de lixiviação, levando a velocidade de reação ser lenta, inicialmente.

Outro motivo para isso é a falta de íons na solução para o transporte de elétrons nos processos de lixiviação, que inicialmente é muito baixa, contendo só os íons do próprio ácido, com isso a velocidade de reação é lenta. Porém ao longo do tempo a quantidade de íons dos metais na solução vai aumentando, como o Cu^{2+} , auxiliando no transporte de elétrons e acelerando a reação (NOGUEIRA, 2002).

Outra informação importante relacionado à Figura 3, é que a velocidade da reação é favorecida pela temperatura, pois as inclinações das retas aumentam em função da temperatura.

3.5 Determinação da ordem de reação e da energia de ativação

A Figura 4 apresenta o gráfico obtido a partir da aplicação dos dados encontrados de velocidade inicial descrita na equação 3 para cada temperatura e concentração do ácido.

$$\log \left(\frac{dX}{dt} \right)_0 = \log k_0 + n \log C_{(\text{HNO}_3)_0} \quad (3)$$

As velocidades iniciais $(dX/dt)_0$ dadas em min^{-1} e concentração inicial do ácido nítrico $(C_{(\text{HNO}_3)_0})$ em mol.

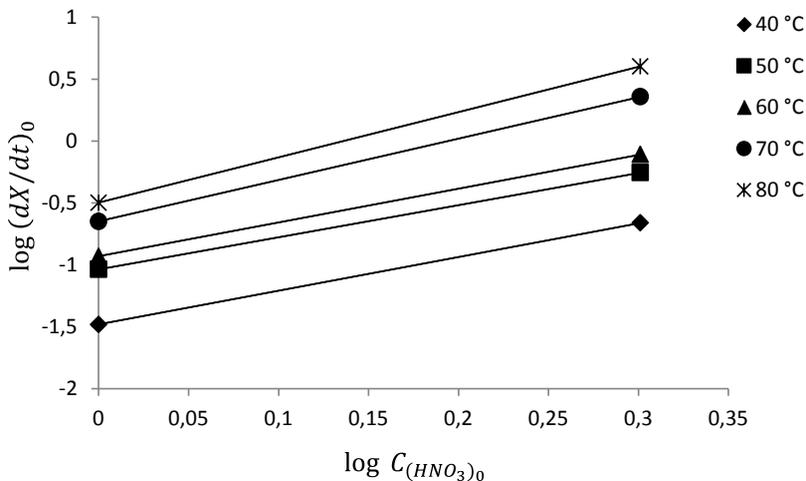


Figura 4: Gráfico da aplicação da equação logarítmica da velocidade inicial de reação.

Fonte: o autor.

Com base nas equações das retas para cada temperatura empregada nos experimentos, foi montada a Tabela 1 com as ordens de reação (n), obtida pelos coeficientes lineares das retas, e as constantes aparentes (k_0) dos coeficientes angulares.

Temperatura (°C)	Constante aparente k_0 (L ³ⁿ mol ⁻ⁿ min ⁻¹)	Ordem de reação (n)
40	0,03	1,48
50	0,09	2,60
60	0,12	2,74
70	0,22	3,35
80	0,32	3,66

Tabela 1: Constantes aparentes de velocidade e ordens de reação do Cu, pelo método das velocidades iniciais.

Fonte: o autor.

Nitidamente ao observar a Tabela 1, percebe-se que a ordem de reação e a constante aparente de velocidade tendem a aumentar em função da temperatura, ou seja, como já citado anteriormente, essa reação química é termicamente favorecida, estando de acordo com a literatura estudada (NOGUEIRA, 2002; OLIVEIRA, 2012).

Com as velocidades aparentes determinadas, plotou-se o gráfico da aplicação da forma linearizada da equação de Arrhenius, mostrado na Figura 5.

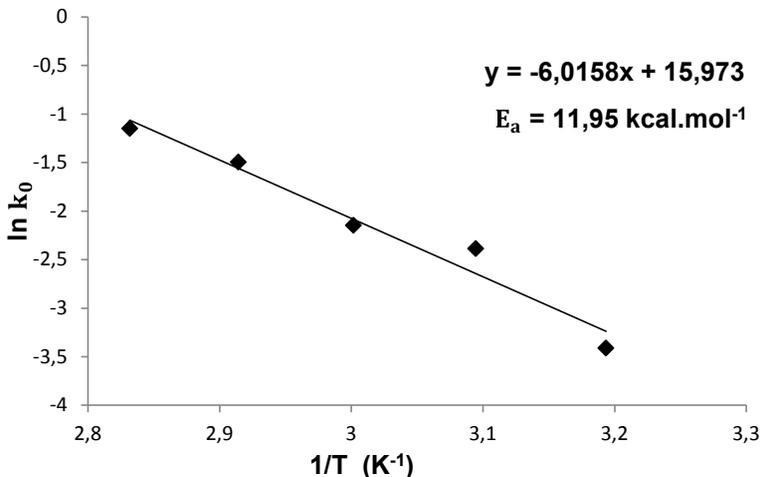


Figura 5: Determinação da energia de ativação da lixiviação do Cobre pela equação de Arrhenius.

Fonte: o autor.

Pela Figura 5 foi determinada a energia de ativação, sendo que o valor foi de 11,95 kcal.mol⁻¹, considerado relativamente alto. Com isso, pode-se deduzir que a lixiviação do Cobre das placas de circuito impresso tem como passo controlador do processo a velocidade de reação química, mostrando que o processo difusional não exerce influência significativa na velocidade de reação.

4 | CONCLUSÃO

O processamento mecânico das placas de circuito impresso se mostrou eficiente na diminuição da granulometria, para partículas menores que 1 mm. Em relação à perda de material pelo moinho de facas, ficou menor que 1,2%.

Os ensaios preliminares com água régia mostraram que existe uma quantidade significativa de Cobre contido nas amostras, superiores a 22% em peso.

Em relação à lixiviação do Cu, utilizando ácido nítrico diluído, a melhor condição encontrada nesse trabalho foi de 60 °C, com lixiviação média de 75% desse metal. Observou-se também que o aumento da temperatura influencia na lixiviação até o valor de 60 °C, não tendo muitas influências para as maiores temperaturas empregadas nos ensaios experimentais.

No estudo cinético da lixiviação do metal em estudo nas PCI's, verificou-se que o passo controlador do processo é a reação química, sendo a difusão pouco relevante. Além disso, também se calculou o valor da energia de ativação do processo, 11,95 kcal.mol⁻¹ e confirmou-se que o processo é termicamente favorecido por meio dos parâmetros cinéticos encontrados.

Em suma pode-se afirmar que dentro das condições operacionais propostas nesse trabalho, a recuperação de Cobre contido nas PCI's utilizando a lixiviação com ácido nítrico (HNO₃) demonstrou-se eficiente, principalmente a 60°C.

REFERÊNCIAS

AWASTHI, Abhishek Kumar; LI, Jinhui. **Sustainable Bioprospecting of Electronic Waste**. Trends in Biotechnology, v. 37, n. 7, p. 677–680, 2019.

BALDE, C.P. *et al.* **The global e-waste monitor 2017**. [S.l.: s.n.], 2017.

BARNWAL, Amit; DHAWAN, Nikhil. **Recycling of discarded mobile printed circuit boards for extraction of gold and copper**. Sustainable Materials and Technologies, v. 25, 2020.

BIRLOAGA, Ionela *et al.* **An advanced study on the hydrometallurgical processing of waste computer printed circuit boards to extract their valuable content of metals**. Waste Management, v. 34, n. 12, p. 2581–2586, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2014.08.028>>.

DIAS, Pablo; BERNARDES, Andréa Moura; HUDA, Nazmul. **Waste electrical and electronic equipment (WEEE) management: An analysis on the australian e-waste recycling scheme**. Journal of Cleaner Production, v. 197, p. 750–764, 2018.

DUTTA, Deblina *et al.* **Sustainable recycling process for metals recovery from used printed circuit boards (PCBs)**. Sustainable Materials and Technologies, v. 17, p. e00066, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.susmat.2018.e00066>>.

ISMAIL, Haikal; HANAFIAH, Marlia M. **Discovering opportunities to meet the challenges of an effective waste electrical and electronic equipment recycling system in Malaysia**. Journal of Cleaner Production, v. 238, 2019.

LI, Jingying *et al.* **Bioleaching of gold from waste printed circuit boards by alkali-tolerant Pseudomonas fluorescens**. Hydrometallurgy, v. 194, n. December 2019, p. 105260, 2020.

LIU, Gongqi *et al.* **A new facile process to remove Br⁻ from waste printed circuit boards smelting ash: Thermodynamic analysis and process parameter optimization**. Journal of Cleaner Production, v. 254, p. 120176, 2020.

NOGUEIRA, C. **Reciclagem de Baterias de Níquel-Cádmio por Processamento Hidrometalúrgico**. Tese (Doutorado), Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2002.

OLIVEIRA, P. C. F. **Valorização de Placas de Circuito Impresso por Hidrometalurgia**. 2012. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Universidade Técnica de Lisboa Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2012.

QIU, Ruijun *et al.* **Recovering full metallic resources from waste printed circuit boards: A refined review**. Journal of Cleaner Production, v. 244, p. 118690, 2020.

SODHA, Asha B.; TIPRE, Devayani R.; DAVE, Shailesh R. **Optimisation of biohydrometallurgical batch reactor process for copper extraction and recovery from non-pulverized waste printed circuit boards**. Hydrometallurgy, v. 191, n. September 2019, p. 105170, 2020.

SOVACOOOL, Benjamin K. **Toxic transitions in the lifecycle externalities of a digital society: The complex afterlives of electronic waste in Ghana**. Resources Policy, v. 64, n. July, p. 101459, 2019.

ZHANG, Tao; HE, Gang; HAN, Yinuo. **How to optimize retailers' recovery strategies for electronic waste**. Journal of Cleaner Production, v. 244, p. 118796, 2020.

SOBRE OS ORGANIZADORES

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

JOÃO DALLAMUTA - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre em engenharia elétrica pela UEL. Doutorando em Engenharia Espacial pelo INPE. Trabalha com os temas: Gestão da Inovação, Inteligência de Mercado e Planejamento de Missões Espaciais.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aços 23, 24, 51

Alumina 24, 81, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 108, 109, 110, 111, 112

Aquecimento 40, 62, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 77, 81, 100, 103

B

Biodiesel 99, 100, 101, 102, 105, 109, 110, 111, 112

C

C260 59, 60, 61, 62, 65, 66

CAD 1, 2, 3, 15, 126

Catálise 99, 103

Celeron 93, 94, 95, 96, 97, 98

Chapas 2, 11, 61, 66, 78, 93, 96, 97, 98

CNC 13, 14, 15, 16, 17, 20, 22, 31, 40, 45, 62

Combustão Interna 101, 117, 118, 119, 130

Comportamento Superficial 13, 14, 20, 22

Compósito 13, 196

Controle 4, 5, 9, 40, 41, 48, 49, 58, 66, 118, 131, 133, 135, 136, 137, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 181, 182

Corrosão 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 68, 94, 101, 209

D

Desincorporador 79, 80, 82, 86

Dureza 7, 8, 23, 24, 25, 26, 27, 59, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 82, 85, 90, 91, 190

Duto 46

E

Enxuta 172, 173, 174, 176, 178, 181, 182

Estampagem 1, 2, 12, 62

F

Fluidodinâmica 117, 120, 130

Fotopletismografia 134, 135

Fricção 59, 60, 66

FSW 59, 60, 61, 62, 63, 66

G

Gesso 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92

Gestão 11, 50, 172, 174, 177, 182, 209

I

Impregnação de Metal 99

Ishikawa 1, 2, 3, 6

L

Linha de Transmissão 140, 143

M

Manufatura 13, 20, 35, 41, 45, 174

Medição 19, 22, 23, 24, 43, 47, 70, 72, 116, 135, 137, 164, 193

Microusinagem 29, 30, 31, 34, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Modelagem 22, 130, 140, 143, 147, 150, 151

Motor 101, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 174

O

Orifício 36, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 168, 169

P

Parâmetros de Corte 13, 14, 16, 17, 19, 22, 30, 31, 34

PDCA 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181

Petróleo 46, 47, 48, 49, 51, 52, 55, 57, 58, 95, 100, 101, 110

Planejamento 3, 58, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 181, 182, 183, 185, 186, 187, 188, 209

Prática 50, 66, 160, 161, 164, 165, 170, 172, 179

Processamento de Sinais 134, 135

Propriedades 13, 14, 22, 29, 30, 37, 40, 43, 59, 61, 63, 65, 67, 68, 72, 73, 77, 87, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 103, 104, 111, 119, 190, 191

R

Radiofrequência 140

Renshape 13, 14, 15, 22

Reservatório 160, 162, 164, 165, 166, 168

Resíduo 46, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 184, 199

Resina Fenólica 93, 94, 96

Resistencia 191

Revestimento 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 57

Ritmo Cardíaco 134, 135, 136, 137, 138

Rugosidade 13, 14, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 34, 36, 37, 38

S

Simulações 38, 114, 140, 141, 142, 143, 147, 151

Soldagem 59, 60, 62, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 75, 76, 77, 78, 197, 209

T

Termofixo 93, 94

Transesterificação 99, 101, 102, 103, 105, 109, 111

Tratamento Térmico 67, 68, 71, 74, 75, 77

Turbocompressor 117, 118, 120, 121, 129, 130

V

Vazão 160, 163, 164, 168, 169, 171

Vergalhão 1, 2, 3, 8

Vibração 84, 94, 117, 119, 126, 127, 128

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de Caráter Multidisciplinar

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de Caráter Multidisciplinar

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 