

**Francisco Odécio Sales**  
(Organizador)



# **FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR DAS CIÊNCIAS EXATAS:** Conhecimentos e pesquisas

 **Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Francisco Odécio Sales**  
(Organizador)



# **FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR DAS CIÊNCIAS EXATAS:** Conhecimentos e pesquisas

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**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 Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**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  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – 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. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale 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  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª 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  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl 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  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
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. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
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  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
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 Miraniide 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. 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  
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andrezza 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. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
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  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
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 Albornoz – 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/UFGA  
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 Fenomenología & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lúvia 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos



Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
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. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
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  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
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

## Formação interdisciplinar das ciências exatas: conhecimentos e pesquisas

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Vanessa Mottin de Oliveira Batista  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Francisco Odécio Sales

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F723 Formação interdisciplinar das ciências exatas: conhecimentos e pesquisas / Organizador Francisco Odécio Sales. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-119-7

<https://doi.org/10.22533/at.ed.197212806>

1. Ciências exatas. I. Sales, Francisco Odécio (Organizador). II. Título.

CDD 507

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.



## APRESENTAÇÃO

A obra “Formação Interdisciplinar das Ciências Exatas: Conhecimentos e Pesquisas” aborda um considerável acervo técnico-científico de publicação da Atena Editora. Este primeiro volume, apresenta 10 capítulos dedicados às Ciências Exatas. De leitura compreensível, com resultados relevantes envolvendo aplicações teóricas, práticas e atualizadas nas áreas de Matemática, Química e Física, a presente obra configura-se como um conglomerado de estudos que utilizam (não apenas) o raciocínio lógico, cálculos, modelagem e teste de hipóteses fortemente atrelados à área de Ciências Exatas; mas uma proposta contextual mais ampla através da resolução e direcionamento de inovação para manipulação de problemas atuais. O reconhecimento das Ciências Exatas como de grande utilidade e importância para a humanidade reside no fato dos avanços e inovações tecnológicas terem sido apresentadas desde muito tempo e em escala de descobertas bastante amplas, como no caso da eletricidade, computadores e smartphones, por exemplo; a até as temáticas abordadas na presente obra, sob caráter contemporâneo, como simulação computacional, modelagem, ensino de matemática, biocombustíveis, vulcanização, manipulação de resíduos industriais, ensaios eletroquímicos, química da nutrição, nanofibras, componentes poliméricos, fibras vegetais e suas propriedades mecânicas, educação de jovens e adultos, manipulação química de etanol de segunda geração, empregabilidade de novos componentes químicos sob contextos multidisciplinares e etc.

No meio profissional, os cursos ligados às Ciências Exatas ilustram um futuro promissor no mercado de trabalho devido ao seu amplo espectro funcional. Por isso, desperta o interesse de jovens estudantes, técnicos, profissionais e na sociedade como um todo, pois o ritmo de desenvolvimento atual observado em escala global gera uma robusta, consolidada e pungente demanda por mão-de-obra qualificada na área. Não obstante, as Ciências Exatas estão ganhando cada vez mais projeção, através da sua própria reinvenção frente às suas intrínsecas evoluções e mudanças de paradigmas impulsionadas pelo cenário tecnológico e econômico. Para acompanhar esse ritmo, a humanidade precisa de recursos humanos atentos e que acompanhem esse ritmo através da incorporação imediata de conhecimento com qualidade. Esperamos que o presente e-book, de publicação da Atena Editora, possa representar como legado a oferta de conhecimento para capacitação de mão-de-obra através da aquisição de conhecimentos técnico científicos de vanguarda praticados por diversas instituições em âmbito nacional; instigando professores, pesquisadores, estudantes, profissionais (envolvidos direta e indiretamente) com as Ciências Exatas e a sociedade (como um todo) frente a construção de pontes de conhecimento de caráter lógico, aplicado e com potencial de transpor o limiar fronteiro do conhecimento, o que – inclusive – sempre caracterizou as Ciências Exatas ao longo dos tempos.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **O USO DA LINGUAGEM MATEMÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

José Rafael dos Santos

Fernanda dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128061>

### **CAPÍTULO 2..... 9**

#### **UFSC 100% ACESSÍVEL: MAPEAMENTOS PARA A CIDADANIA**

Vivian da Silva Celestino Reginato

Cláudio Cesar Zimmermann

João Victor Hernandez Vianna Lemos Nappi

Ana Paula Albrecht de Sousa

Bruno Eduardo Bestetti

Anthony Aliardi

Camila Matos de Aquino

André Felipe Bózio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128062>

### **CAPÍTULO 3..... 24**

#### **CONTEÚDOS DE FÍSICA: UMA ANÁLISE DA REALIDADE DAS ESCOLAS ESTADUAIS DESEMBARGADOR VIDAL DE FREITAS E MARCOS PARENTE DE PICOS (PI) FRENTE AOS DOCUMENTOS OFICIAIS**

Wenderson Lucas Cavalcante

Raul Oliveira Guimarães

Haroldo Reis Alves de Macêdo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128063>

### **CAPÍTULO 4..... 35**

#### **SENSORES DE GAS PREPARADOS A PARTIR DE ÓXIDOS SEMICONDUCTORES DOPADOS EMPLEADOS EN LA DETECCIÓN DE GASES ORGÁNICOS PRESENTES EN EL AROMA EN VINOS**

Ana Lucía Paredes-Doig

María R. Sun-Kou

Elizabeth Doig-Camino

Gino Picasso

Adolfo La Rosa-Toro Gómez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128064>

### **CAPÍTULO 5..... 47**

#### **REALIDADE AUMENTADA APLICADA EM INFORMAÇÕES DE TEMPO E CLIMA**

Kleber Renato da Paixão Ataíde

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128065>

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>54</b>
<b>JASM: FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS</b>	
Júlia Naelly Machado Silva	
Aléxya Maria Leonardo de Oliveira	
Marcos Pinho Nascimento	
Sandyyelle Souza do Nascimento	
Abraão Leal Alves	
Thiciana Silva Sousa Cole	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128066">https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128066</a>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>67</b>
<b>ETNOASTRONOMIA NA COMUNIDADE INDÍGENA TREMEMBÉ NO ESTADO DO CEARÁ: ONTOLOGIAS, SABERES E RESISTÊNCIA</b>	
Ana Clara Souza Araújo	
Catarina Angélica Antunes da Silva	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128067">https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128067</a>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>78</b>
<b>ESTUDO NUMÉRICO DO EFEITO MAGNUS EM UMA GEOMETRIA ELÍPTICA</b>	
Matheus Henrique Cavalheiro Garros	
Mayara Francisca de Souza	
Fernando Augusto Alves Mendes	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128068">https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128068</a>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>90</b>
<b>CAMADA LIMITE NOTURNA NA INTERFACE RIO-FLORESTA NA AMAZÔNIA</b>	
Raphael Tapajós	
Rodrigo da Silva	
Wilderclay Machado	
Diego Ribeiro de Aguiar	
Bruno Bota	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128069">https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128069</a>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>106</b>
<b>APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS MOVÉIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS</b>	
Kleiane Negalho Gatinho	
Suelen Rocha Botão Ferreira	
Welberth Santos Ferreira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.19721280610">https://doi.org/10.22533/at.ed.19721280610</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>116</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>117</b>



## SENSORES DE GAS PREPARADOS A PARTIR DE ÓXIDOS SEMICONDUCTORES DOPADOS EMPLEADOS EN LA DETECCIÓN DE GASES ORGÁNICOS PRESENTES EN EL AROMA EN VINOS

*Data de aceite: 01/06/2021*

### **Ana Lucía Paredes-Doig**

Faculty of Sciences, National University of Engineering  
Rímac, Lima, Perú

### **María R. Sun-Kou**

Chemistry Section, Department of Sciences,  
Pontifical Catholic University of Peru

### **Elizabeth Doig-Camino**

Mathematics Section, Department of Sciences,  
Pontifical Catholic University of Peru  
San Miguel, Lima 32, Perú

### **Gino Picasso**

Faculty of Sciences, National University of Engineering  
Rímac, Lima, Perú

### **Adolfo La Rosa-Toro Gómez**

Faculty of Sciences, National University of Engineering  
Rímac, Lima, Perú

**RESUMO:** O presente trabalho estuda as mudanças na condutividade ou resistência elétrica em sensores baseados em óxidos semicondutores metálicos (MOS) com ou sem um metal dopante em contato com fluxos de vapor de compostos orgânicos voláteis presentes no aroma de vinhos como: etanol, 1-fenil etanol, ácido propanóico e ácido acético. Observou-se que com a mistura mecânica de dois MOS (SnO<sub>2</sub> e ZnO) resultados semelhantes são obtidos

quando se usa um único MOS dopado com um metal nobre, paládio e / ou platina. No caso dos sensores SnO<sub>2</sub> dopados com misturas de metais nobres (Pd e Pt), estes foram adicionados pelo método de impregnação úmida. Quando essas misturas (M1, M2 e M3) foram expostas ao contato com o vapor dos compostos presentes no aroma, observou-se uma alta sensibilidade associada a um possível efeito sinérgico. Em geral, os sinais obtidos são estáveis, reprodutíveis e com pouco ruído, o que indica que há repetibilidade nos resultados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensores de gás, aroma de vinhos, MOS, metais nobres.

**ABSTRACT:** The present work studies the changes in conductivity or electrical resistance in sensors based on metal semiconductor oxides (MOS) with or without a dopant metal in contact with vapor flows of volatile organic compounds present in the aroma of wines such as: ethanol, 1-phenyl ethanol, propanoic acid, and acetic acid. It was observed that with a mechanical mixture of two MOS (SnO<sub>2</sub> and ZnO) similar results are achieved as when using a single MOS doped with a noble metal, palladium and / or platinum. In the case of SnO<sub>2</sub> sensors doped with noble metal mixtures (Pd and Pt), these were added by the wet impregnation method. When these mixtures (M1, M2 and M3) were exposed to contact with the vapor of the compounds present in the aroma, a high sensitivity associated with a possible synergistic effect was observed. In general, the signals obtained are stable, reproducible and with little noise, which indicates that there is a repeatability in the results.

**KEYWORDS:** Gas sensors, aroma of wines, MOS, noble metals.

## 1 | INTRODUCCIÓN

Un sensor de gas es un dispositivo que otorga información sobre el ambiente que lo rodea; visto de otra manera, trata sobre la interacción química y/o eléctrica que se produce al contacto con la superficie de una especie química generando cambios en la capa sensitiva, que se refleja como una variación en la masa, la temperatura, la conductividad o la resistencia eléctrica. Debido a este cambio se observa una señal eléctrica (corriente, voltaje, etc.) que puede ser cuantificada.

Los sensores de gas basados en óxidos semiconductores presentan un cambio en la resistencia eléctrica cuando son expuestos a ciertos gases, principalmente los denominados compuestos orgánicos volátiles (VOCs).

Pueden ser de diferentes tipos: sensor eléctrico, sensor catalítico, sensor electroquímico y sensor infrarrojo.

Un sensor a base de óxidos metálicos semiconductores (MOS) puede clasificarse por la forma como reacciona frente al cambio de conductancia. Por ejemplo, si se expone a gases reductores como sensor del tipo  $n$ , reaccionaría con un incremento en la conductancia; o si fuese del tipo  $p$ , su conductancia disminuiría. Este tipo de clasificación de los MOS (tipo  $n$  o tipo  $p$ ) se determina en base a la naturaleza de los portadores de carga predominantes en la superficie (electrones o huecos).

Entre los MOS más empleados como sensores de gas encontramos al  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuO}$ , entre otros.

## 2 | CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES

A continuación, se presentan las principales características para evaluar un sensor [1-2].

- Señal del sensor: se usa para crear una relación entre la respuesta del sensor y la respuesta base o cero en ausencia del estímulo. La respuesta del sensor está usualmente relacionada a la resistencia del entorno del gas analizado.
- Sensibilidad parcial: describe el cambio en la respuesta del sensor debido a un cambio específico en el estímulo (concentración del gas).
- Sensibilidad analítica: es una característica importante para medir la precisión con el cual un estímulo (concentración de gas) puede ser detectado.
- Selectividad: es una medida de la evaluación de la especificidad de un sensor, se obtiene por comparación de los efectos en el sensor que se obtienen en contacto con diferentes gases.

- **Repetibilidade:** es la capacidad de un sensor para producir la misma respuesta cuando se le aplica un mismo estímulo.
- **Estabilidade:** la estabilidad de un sensor describe cuantitativamente la variación de la respuesta del sensor con el tiempo
- **Drift:** está referido a un cambio monótono en la respuesta del sensor con el tiempo, aún en la ausencia de cambios en la atmósfera de trabajo. Se puede distinguir entre un drift a corto plazo, que se observa normalmente después de la conexión, y un drift a largo plazo, que se observa debido a la inestabilidad del sensor. Aparte de los cambios monótonos, la respuesta del sensor podría mostrar cambios en el tiempo que no pueden ser descritos por un drift.

### 3 I PRINCIPIOS DE OPERACIÓN (SENSADO)

La manera más simple en la cual se puede describir la operación de los sensores de gas (a base de óxidos semiconductores) es la siguiente: la conductividad de los materiales semiconductores de óxido metálico cambia de acuerdo a los cambios de concentración. Esto es causado por efecto de la adsorción/desorción de oxígeno y la reacción entre el oxígeno superficial y los gases. En el caso del óxido de estaño, estas reacciones cambian el potencial eléctrico de los cristales del óxido y da como resultado una disminución en la resistencia del sensor debido a la presencia de gases reductores como, por ejemplo, el CO. Esto es a consecuencia de la interacción superficial, que produce una transferencia de carga entre las especies adsorbidas y el material semiconductor. Esta transferencia de carga se produce en la banda de conducción o de manera localizada.

### 4 I EFECTO DE LA ADICIÓN DE UN METAL COMO DOPANTE EN EL $\text{SnO}_2$

Los metales nobles como el paladio o el platino se suelen usar como catalizadores en la reacción de deshidrogenación, mayormente tanto a nivel de laboratorio como industrial [3]. Pero también se les puede emplear como material dopante en un MOS con el objetivo de mejorar sus propiedades sensoras. Esto se ha evidenciado por estudios anteriores que han mostrado que los metales nobles pueden modificar la microestructura, el control del mecanismo de crecimiento del cristal e introducir niveles aceptores y donadores, cambiando así la resistencia del sensor [4].

## 5 I MATERIALES BASADOS EN ÓXIDOS DE ESTAÑO ( $\text{SnO}_2$ ) DOPADOS CON METALES NOBLES

### 5.1 $\text{SnO}_2$ dopado con Pd ( $\text{Pd}/\text{SnO}_2$ )

El paladio (Pd) ha sido el metal noble más aplicado como dopante en el óxido de estaño [5-11]. Este metal noble aumenta la sensibilidad del óxido de estaño y disminuye la

temperatura a la cual se presenta su máxima sensibilidad. Cuando el paladio es añadido al  $\text{SnO}_2$  como un dopante puede estar formando clústeres en la superficie de  $\text{SnO}_2$ . La forma en la que esté presente, forma metálica u oxidada, dependerá de su concentración y el gas interaccionante [12].

El paladio actúa como un catalizador de la reacción de deshidrogenación que se produce en la superficie de los sensores a base de  $\text{SnO}_2$  favoreciendo la reducción de los gases en contacto. Se ha usado Pd /  $\text{SnO}_2$  para detectar gases como CO,  $\text{H}_2$  y metano. El Pd o los clústeres de PdO generalmente se encuentran presentes en la superficie para controlar el nivel de Fermi de  $\text{SnO}_2$ . Se conoce que el paladio exhibe la más elevada actividad entre diversos materiales dopantes incluyendo Pt, Ag, Ni, Pd, Au, NiO  $\text{Au}_2\text{O}_3$  soportados en  $\text{SnO}_2$  para detectar metano, a un nivel de operación relativamente bajo (temperatura de 220 °C). Otros investigadores han utilizado sensores a base de MOS dopados con Pd para la detección de hidrógeno y para otros gases [13-18].

Cuando un sensor dopado con Pd está expuesto al hidrógeno, la superficie del Pd actúa como un catalizador en el proceso de disociación del hidrógeno molecular a hidrógeno atómico, seguido por su adsorción en la superficie. Estos átomos de hidrógeno se difunden a través de la masa Pd y quedan adsorbido en la interfase metal / aislante, resultando en la formación de una capa de dipolo, que posteriormente cambia la función de trabajo del Pd. Este cambio produce una modificación en la capacitancia-voltaje (C-V) y en la conductancia (G-V) del dispositivo [14]. La magnitud en la variación en el voltaje de banda plana es proporcional a la densidad de dipolos, consecuentemente relacionada con la concentración de hidrógeno.

## 5.2 $\text{SnO}_2$ dopado con Pt (Pt/ $\text{SnO}_2$ )

Otro de los metales nobles más utilizados como dopante, especialmente en sensores comerciales, es el platino. En forma similar al Pd, el platino (Pt) es también un catalizador superior y su papel en la promoción de la sensibilidad de  $\text{SnO}_2$  continúa siendo estudiado hasta ahora [19-25]. El control de las configuraciones de partículas de Pt se ha considerado muy importante para el análisis de la detección de gases.

El Pt parece poder influir en la estructura electrónica de todo el sensor en su conjunto y/o puede crear nuevos sitios de adsorción en el enrejado  $\text{SnO}_2$  que conducen a una mayor selectividad y sensibilidad.

La adición de platino en Mathematica la masa ("bulk") del óxido de estaño conduce a incrementar la densidad del oxígeno quimisorbido sobre la superficie del sensor y de cierta forma se eleva la resistencia del MOS; sin embargo, su efecto como catalizador de deshidrogenación es el que predomina y por el cual es utilizado para aumentar la sensibilidad de un sensor [26]. Los efectos del platino en la actividad catalítica, conductividad eléctrica, sensibilidad, selectividad, tiempos de respuesta y recuperación, se están investigando aún en el mecanismo de detección de sensores [27].

## 6 | EL SENSOR DE ZnO

El óxido de zinc (ZnO) es un material multifuncional, debido a su alta estabilidad química, baja constante dieléctrica, bajo coeficiente de acoplamiento y alta transmisión luminosa. Como un sensor de gases, es sensible a muchos tipos de gases y presenta estabilidad. Su selectividad a los gases de detección puede mejorarse mediante el dopaje de metales. Su temperatura de trabajo es bastante alta, normalmente 400-500 °C, y su selectividad es pobre. En los últimos años, hay muchos estudios sobre la detección de gases de materiales de ZnO, lo que puede mejorar su método de preparación y disminuir su temperatura de trabajo [28-29].

## 7 | PREPARACIÓN DE LOS SENSORES MOS

### 7.1 Sensores de mezclas de SnO<sub>2</sub> y ZnO

De manera mecánica se mezclaron dos óxidos MOS (ZnO – SnO<sub>2</sub>) en bajas proporciones. Primero, incorporando pequeñas porciones ZnO al SnO<sub>2</sub> y luego se procedió en forma inversa manteniendo la proporción final de la mezcla.

A continuación, se muestra la tabla 1 con la composición de los sensores de MOS mixtos.

Sensor	Proporción final de óxidos mixtos (ZnO - SnO <sub>2</sub> )	Relación Zn/Sn	Relación Sn/Zn
S1	0.1	0.0543	0.184
S2	0.2	0.109	0.369
S3	0.25	0.136	0.46
S4	0.3	0.163	0.553
S5	0.35	0.19	0.645
S6	0.5	0.27	0.923

Tabla 1. Composición de los óxidos mixtos

### 7.2 Sensores de SnO<sub>2</sub> dopados con paladio y/o platino

Realizando una impregnación húmeda del óxido de estaño mezclado con una fuente de agente dopante y luego un agente reductor, que en este caso fue el SnCl<sub>2</sub>. Luego, se filtra y lava el producto; para finalmente tratarse térmicamente el óxido resultante.

En la tabla 2, se muestra la nomenclatura de los materiales preparados:

Nomenclatura	Descripción
0.1% Pd	Óxido de estaño dopado con 0.1% de paladio
0.1%Pt	Óxido de estaño dopado con 0.1% de platino
0.2%Pd	Óxido de estaño dopado con 0.2% de paladio
0.2%Pt	Óxido de estaño dopado con 0.2% de platino
M1 0.1%	Óxido de estaño dopado con una mezcla de paladio y platino (0.25 Pd/0.75 Pt) al 0.1% de metales nobles en su totalidad
M2 0.1%	Óxido de estaño dopado con una mezcla de paladio y platino (0.50 Pd/0.50 Pt) al 0.1% de metales nobles en su totalidad
M3 0.1%	Óxido de estaño dopado con una mezcla de paladio y platino (0.75 Pd/0.25 Pt) al 0.1% de metales nobles en su totalidad
M1 0.2%	Óxido de estaño dopado con una mezcla de paladio y platino (0.25 Pd/0.75 Pt) al 0.2% de metales nobles en su totalidad
M2 0.2%	Óxido de estaño dopado con una mezcla de paladio y platino (0.50 Pd/0.50 Pt) al 0.2% de metales nobles en su totalidad
M3 0.2%	Óxido de estaño dopado con una mezcla de paladio y platino (0.75 Pd/0.25 Pt) al 0.2% de metales nobles en su totalidad

Tabla 2. Nomenclatura de los óxidos de estaño dopado con metales

## 8 I RESULTADOS DE SENSORES MOS EN LA DETECCIÓN DE COMPUESTOS DE AROMA EN VINOS

Como MOS se ha empleado  $\text{SnO}_2$  y al  $\text{ZnO}$ . Se prepararon  $\text{SnO}_2$  dopado con mezclas de Pt y Pd en diferentes proporciones. Adicionalmente se prepararon composites de  $\text{SnO}_2$  y  $\text{ZnO}$  a partir de una mezcla mecánica de dichos óxidos. Todos estos sensores fueron empleados en la detección de los componentes volátiles presentes en el aroma de un vino seleccionados en un trabajo previo [30] (Etanol, Ác. Propanoico, Ác. Acético y 1 Fenil etanol).

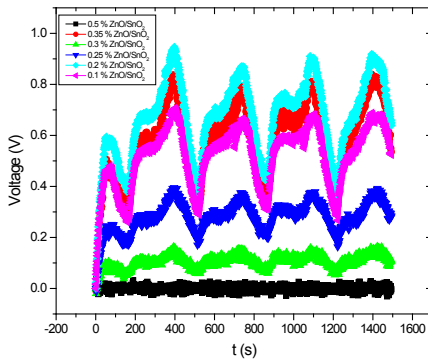
Para la medición de las muestras de compuestos volátiles, primero estos se diluyeron a un porcentaje del 1% en volumen (partiendo de estándares de 99% de pureza).

Se emplearon las condiciones de medición y el procedimiento descrito en un trabajo anterior [31].

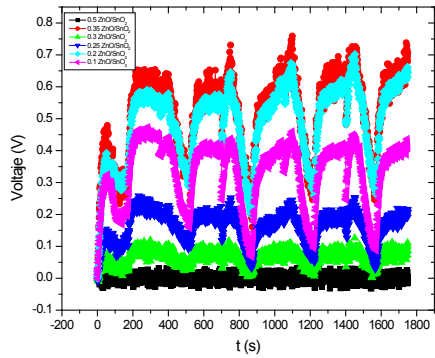
### De los materiales compuestos $\text{ZnO/SnO}_2$

En la Sección 2 (Características de los sensores) se describieron la estabilidad, repetibilidad y sensibilidad que se muestran para los compuestos en aroma de vinos a continuación.

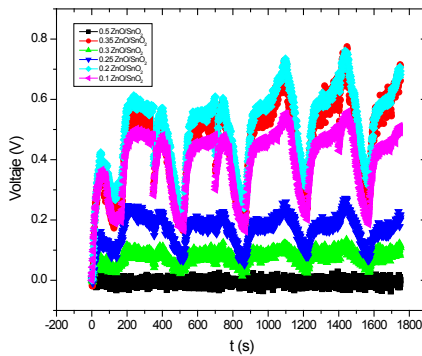




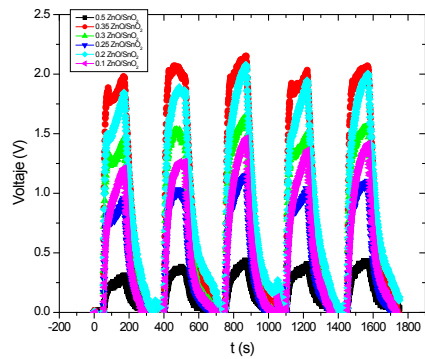
1 Fenil etanol



Ác. Propiónico



Ác. Acético



Etanol 11%

Figura 1. Sensibilidad, estabilidad y repetividad de la señal de los sensores de ZnO/SnO<sub>2</sub> frente a los compuestos volátiles presentes en el vino.

En general, se puede observar que la forma de las gráficas para cada compuesto se repite, que no se aprecia ruido pese a las bajas concentraciones de las muestras y que la sensibilidad, apreciada en la unidad de voltaje, va de acuerdo con la concentración de los compuestos medidos. También es posible ver que cada sensor, denominado en la gráfica con la proporción de los óxidos, tiene una sensibilidad diferente. En las Figuras 2 y 4 se expondrán esto último.

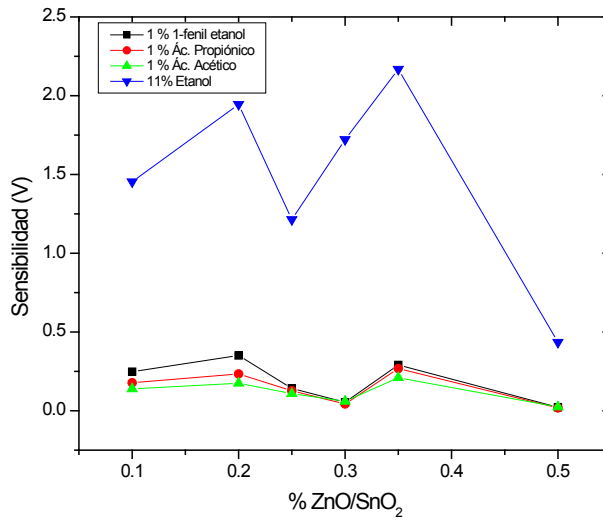
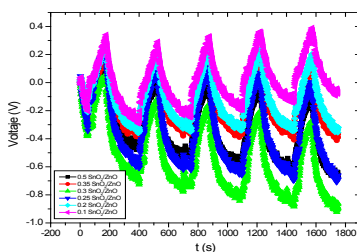


Figura 2. Sensibilidad de los compuestos del aroma versus % ZnO/SnO<sub>2</sub>

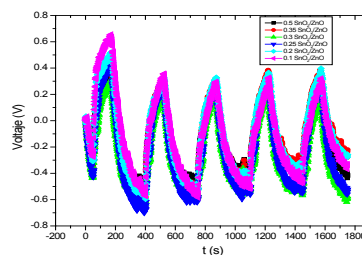
Es visible que el etanol 11% presenta una mayor sensibilidad que los otros compuestos, lo cual es obvio por la baja concentración en la que estos se encuentran (1%).

### De los materiales compuestos SnO<sub>2</sub>/ZnO

Al igual que con los sensores descritos hace unas líneas, se muestran los resultados de sensibilidad, repetibilidad y estabilidad para los sensores de SnO<sub>2</sub>/ZnO. Estos exhiben una señal menos estable pero repetible electrónicamente. Solo para el etanol 11%, esta estabilidad aumenta y se observa una meseta en las señales de los sensores elaborados.



1 fenil etanol



Ac. Propiónico

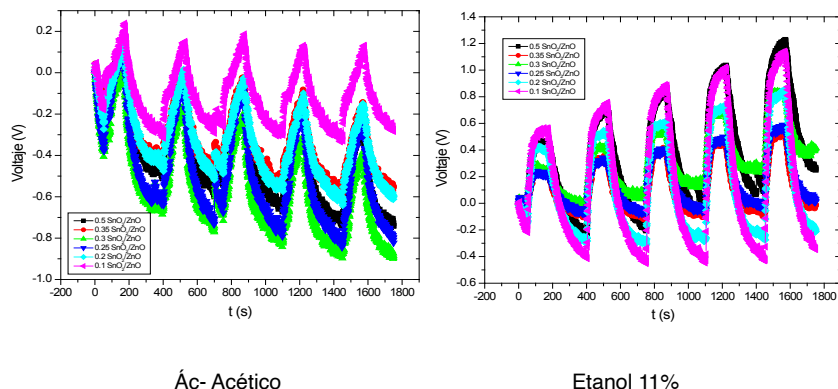


Figura 3. Sensibilidad, estabilidad y repetividad de la señal de los sensores de SnO<sub>2</sub>/ZnO frente a los compuestos volátiles presentes en el vino.

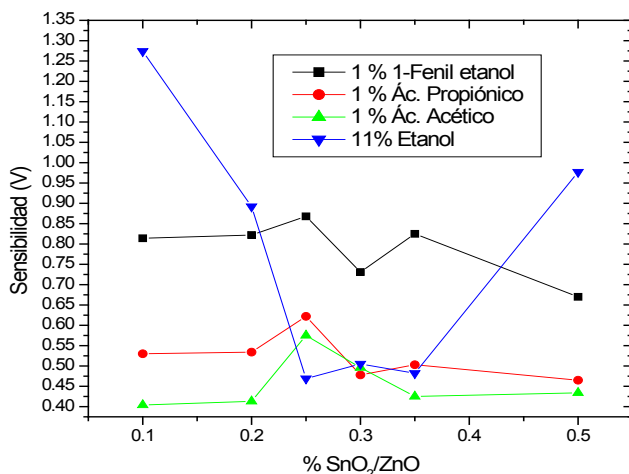


Figura 4. Sensibilidad de los compuestos del aroma versus % SnO<sub>2</sub>/ZnO

El orden de sensibilidad encontrado es de Etanol > 1 Fenil etanol > Ác. Propanoico > Ác. Acético

El porcentaje de ZnO/SnO<sub>2</sub> que muestra la mayor sensibilidad a 260 °C es de 0.35% (Zn/Sn = 0.1899) Hay también otro pico alrededor de 0.2% ZnO/SnO<sub>2</sub> como se muestra en la figura anterior. Estos resultados pueden demostrar que una técnica simple y barata como es una mezcla mecánica podría reemplazar técnicas más costosas y de difícil implementación.

De la figura que muestra los resultados para los sensores de SnO<sub>2</sub>/ZnO, la detección máxima se da cuando la proporción de los MOS es de 0.25%. Solo el etanol muestra picos al 0.1 y 0.5%. El orden de detección se mantiene: Etanol > 1-Fenil etanol > Ác. Propanoico > Ác. Acético. Las diferencias de los valores de voltajes son más altos, excepto para el etanol 12%, para los sensores SnO<sub>2</sub>/ZnO que para el caso de los ZnO/SnO<sub>2</sub>.

En el caso de los óxidos de estaño dopados con paladio y platino (ver nomenclatura en Tabla 2) puede observarse que los óxidos que tienen solo paladio o solo platino presentan (en el caso de 0.1% de metal noble) una mejor detección del 11% etanol. En cambio, el óxido denominado M2 0.2% (0.5%Pd y 0.5% Pt) presenta un voltaje mayor que el de los óxidos con solo paladio o solo platino al 0.2% total de metal noble. En comparación con los óxidos mixtos de ZnO/SnO<sub>2</sub>, el etanol es en la mayoría de los casos detectado de igual manera. Situación que no sucede con el SnO<sub>2</sub>/ZnO.

En casi todos los casos los óxidos mixtos de MOS superan a los óxidos dopados, concluyendo de esta manera de que un procedimiento de mezcla mecánica puede ser favorable frente a un dopaje con metales nobles.

El orden de detección en este caso es el siguiente: etanol 12% > Ác. Propanoico > Ác acético > 1 Fenil etanol. Este resultado difiere del obtenido con los óxidos mixtos. Posiblemente se deba a los agentes dopantes que catalizan reacciones en la superficie de óxido de estaño de manera diferente.

Compuestos	0.1% Pt	M1 0.1%	M2 0.1%	M3 0.1%	0.1% Pd	0.2% Pt	M1 0.2%	M2 0.2%	M3 0.3%	0.2% Pd
Etanol 11% (Et)	2	0.75	1.5	0.3	2	2	0.5	2.5	0.55	2
1 Fenil etanol (F)	0.2	0.18	0.4	0.25	0.05	0	0.2	1.2	0.2	0
Ác. Propiónico (P)	0.7	0.55	0.95	0.55	0.1	0.05	0.2	1.6	0.2	0
Ác. Acético (A)	0.6	0.25	0.5	0.25	0.1	0.05	0.15	1.1	0.15	0

Tabla 3. Detección en voltaje de los sensores de óxido de estaño dopados

## 9 | CONCLUSIONES

1. Los sensores de semiconductores de óxidos metálicos pueden detectar cantidades bastante bajas de compuestos de aroma en vinos como los empleados en el presente trabajo.
2. Las mezclas mecánicas de MOS a bajas proporciones de composición permitieron evaluar no solo las muestras sino también la confiabilidad de la señal eléctrica.
3. Sensores fabricados de manera simple como puede ser una mezcla mecánica podrían reemplazar a los que se elaboran con técnicas químicas.
4. Los sensores dopados con paladio y/o platino superan en algunos casos a los fabricados por una mezcla mecánica; sin embargo, para el costo y proceso de elaboración requeridos, se prefiere usar una mezcla mecánica.
5. Los sensores de gas dopados con paladio y/o platino mostraron un efecto sinérgico.

## REFERENCIAS

1. Fierro, J.L.G. *Metal Oxides*. (2006). Chemistry and Applications. Taylor and Francis Group. USA.
2. Soloman, S. (2009). *Sensors Handbook*. McGraw Hill.
3. Pandey, P.; Srivastava, J.K.; Mishra, V.N.; Dwivedi, R. (2011) Pd-gate MOS sensor for detection of metanol and propanol. *Journal of Natural Gas Chemistry* 20 123-127.
4. E. Y. Sevastyanova, N. K. Maksimovaa, V. A. Novikovb, F. V. Rudovb, N. V. Sergeychenkob, and E. V. Chernikova. (2012) Effect of Pt, Pd, Au Additives on the Surface and in the Bulk of Tin Dioxide Thin Films on the Electrical and Gas\_Sensitive Properties. *Semiconductors*, Vol. 46, No. 6, pp. 801–809.
5. Barreto, J. "Desarrollo de sensores basados en nanoparticulas de óxidos de hierro dopados con Pd para la detección de Propano". Tesis de Licenciatura. Lima, 2014.
6. M. Choudhary, V.N. Mishra, R. Dwivedi (2013). *J. Electron. Mater.* 42 2793.
7. L.L. Xing, B. He, Z.H. Chen, X.Y. Xue (2013). *Solid State Sci.* 15 42.
8. M. Choudhary, V.N. Mishra, R. Dwivedi, J. (2013) *Mater. Sci.: Mater. Electron.* 24 2824.
9. C. Liewhiran, N. Tamaekong, A. Wisitsoraat, A. Tuantranont, S. Phanichphant (2013). *Sens. Actuators B: Chem.* 176 893.
10. K.C. Lee, Y.J. Chiang, y C. Li, F.M. Pan. (2016) *Sens. Actuators B: Chem.* 226 457.
11. A.A. Zhukova, M.N. Romyantseva, V.B. Zaytsev, A.V. Arbakumov, A.M. Gaskov (2013). *J. Alloys Compd.* 565 6.
12. Díaz Delgado, R (2002). Sensores de gases basados en óxidos de estaño: una aproximación electroquímica. <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/2743/Tol1226.pdf?sequence=6>. Fecha de consulta: Mayo 2016.
13. Lundström I, ShivramanMS, Svensson CM. (1975) *J Appl Phys*, 46(9): 3876
14. Lundström I. (1981) *Sens Actuators*, 1(4): 403
15. Lundström I, Petersson L G. (1996) *J Vac Sci Technol A*, 14(3): 1539
16. Eriksson M, Salomonsson A, Lundström I, Briand D, Abom A E. (2005) *J Appl Phys*, 98(3): 34903
17. Rahman M H, Thakur J S, Rimai L, Perooly S, Naik R, Zhang L F, Auner G W, Newaz G. (2008) *Sens Actuators B*, 129(1): 35
18. Chang C F, Tsai T H, Chen H I, Lin K W, Chen T P, Chen L Y, Liu Y C, LiuW C. (2009) *Electrochem Commun*, 11(1): 65

19. M.H.S. Abadi, M.N. Hamidon, A.H. Shaari, N. Abdullah, R. Wagiran (2011). *Sensors* 11 7724.
20. S. Vahdatifar, A.A. Khodadadi, Y. Mortazavi (2014). *Sens. Actuators B: Chem.* 191 421.
21. M.H. Saveri, Y. Mortazavi, A.A. Khodadadi (2015). *Sens. Actuators B: Chem.* 206 617.
22. S. Rane, S. Arbuj, A. Rane, S. Gosavi (2015). *J. Mater. Sci.: Mater. Electron.* 26 3707.
23. K. Wang, T.Y. Zhao, G. Lian, Q.Q. Yu, C.H. Luan, Q.L. Wang, D.L. Cui (2013). *Sens. Actuators B: Chem.* 184 33.
24. T.V.K. Karthik, M. de la L. Olvera, A. Maldonado, V. Velumurugan (2015). *Mat. Sci. Semicond. Process.* 37 143.
25. Y.B. Shen, T. Yamazaki, Z.F. Liu, D. Meng, T. Kikuta, J. (2009). *Alloys Compd.* 488 L21.
26. E. Y. Sevastyanova<sup>^</sup>, N. K. Maksimovaa, V. A. Novikovb, F. V. Rudovb, N. V. Sergeychenkob, and E. V. Chernikova. (2012). Effect of Pt, Pd, Au V Additives on the Surface and in the Bulk of Tin Dioxide Thin Films on the Electrical and Gas\_Sensitive Properties. *Semiconductors*, Vol. 46, No. 6, pp. 801–809.
27. G. Neri, A. Bonavita, G. Micali, N. Donato, F.A. Deorsola, P. Mossino, I. Amatoc, B. De Benedetti (2006). Ethanol sensors based on Pt-doped tin oxide nanopowders synthesised by gel-combustion. *Sensors and Actuators B* 117 196–204.
28. Gardner, J.W; Barlett, P.N. *Electronic Noses: principles and applications*, vol. 233. New York: Oxford University Press; 1999.
29. Turner, A. P.; Magan, N. (2004) Electronic noses and disease diagnostics. *Nat Rev. Microbiol.* 2 (2): 161-6.
30. Paredes, A. L.; Tovar, O.; Cárcamo, H.; Hurtado, M.; Sun, M. D. R.; Doig, M. E.; Picasso, G.; Comina, G. y La Rosa, A. (2017). Análisis de las características del vino según su fabricación. *Virtual Pro*, 191, pp. 1-17.
31. A. L. Paredes-Doig, H. Cárcamo, M. Hurtado Cotillo, R. Sun Kou, E. Doig Camino, G. Picasso, A. La Rosa-Toro Gómez, "Gas Sensors Modified with Zeolite Y for Assessing Wine Aroma Compounds," *Journal of Chemistry*, 2019, 7 pages. <https://doi.org/10.1155/2019/5283208>.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acessibilidade 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 19, 22, 23

Aroma of wines 35, 36

### C

Cilindro 78, 79, 81, 84, 89

Comunicação 5, 11, 13, 15, 106, 107, 109

Currículo de física 24, 26, 28, 29, 33

### E

Efeito magnus 78, 79, 89

Elipse 78, 86

Ensino-aprendizagem 2, 5, 55, 56, 57, 62, 63, 65, 106, 112, 113

Ensino médio 3, 4, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 54, 56, 57, 60, 65, 66, 111

Etnoastronomia 67, 68, 69, 72, 73, 75, 76

### F

Física 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 13, 14, 17, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 48, 67, 105, 106, 111, 113, 116

Flona Tapajós 90, 91

Formação inicial de professores 33, 54, 55

### G

Gas sensors 36, 46

Geoprocessamento 47, 48, 49

### H

Humanidade 67

### I

Informação 29, 32, 47, 106, 108, 109, 114

### J

Jamaraquá 90, 91, 92, 94, 95, 96

Jogo didático 54, 55, 63, 65, 66

### M

Mapeamento 10, 12

Matemática 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 33, 68, 89, 116

Meteorologia 47, 52, 104, 105

MOS 35, 36, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 45

Multidisciplinaridade 10

## **N**

Noble metals 36

## **O**

OpenFOAM 78, 80, 82, 85, 89

## **P**

PCN 24, 25, 28, 29, 30, 32, 33

Pessoas com Deficiência (PcD) 10, 11, 13, 15, 23

PIBID 7, 54, 55, 57, 63, 64, 65

Povos 67, 68, 69, 70, 73, 75, 77

## **Q**

Química orgânica 55, 56, 60, 64

## **R**

Realidade aumentada 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

Rio Tapajós 90, 97, 98, 105

## **S**

Sustentação 78, 79, 81, 85, 86, 87, 88, 89

## **T**


Tecnologias 33, 47, 48, 52, 106, 109, 113, 114


## **U**


Unity3d 47


# FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR DAS CIÊNCIAS EXATAS:

Conhecimentos e pesquisas

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)


 @atenaeditora


 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)





# FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR DAS CIÊNCIAS EXATAS:

Conhecimentos e pesquisas

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

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

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)