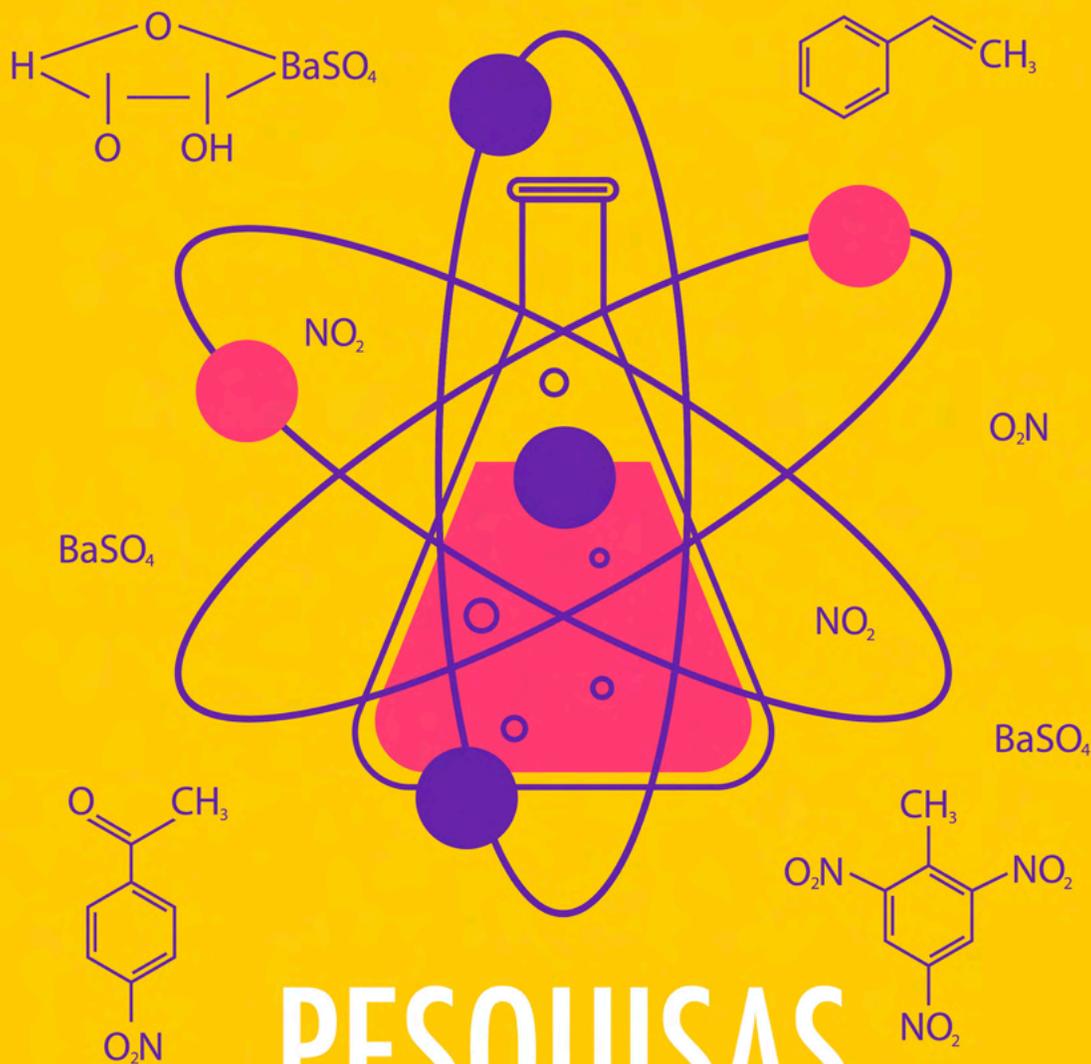


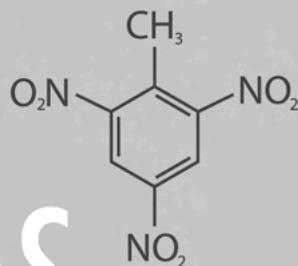
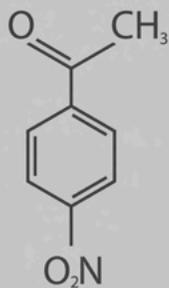
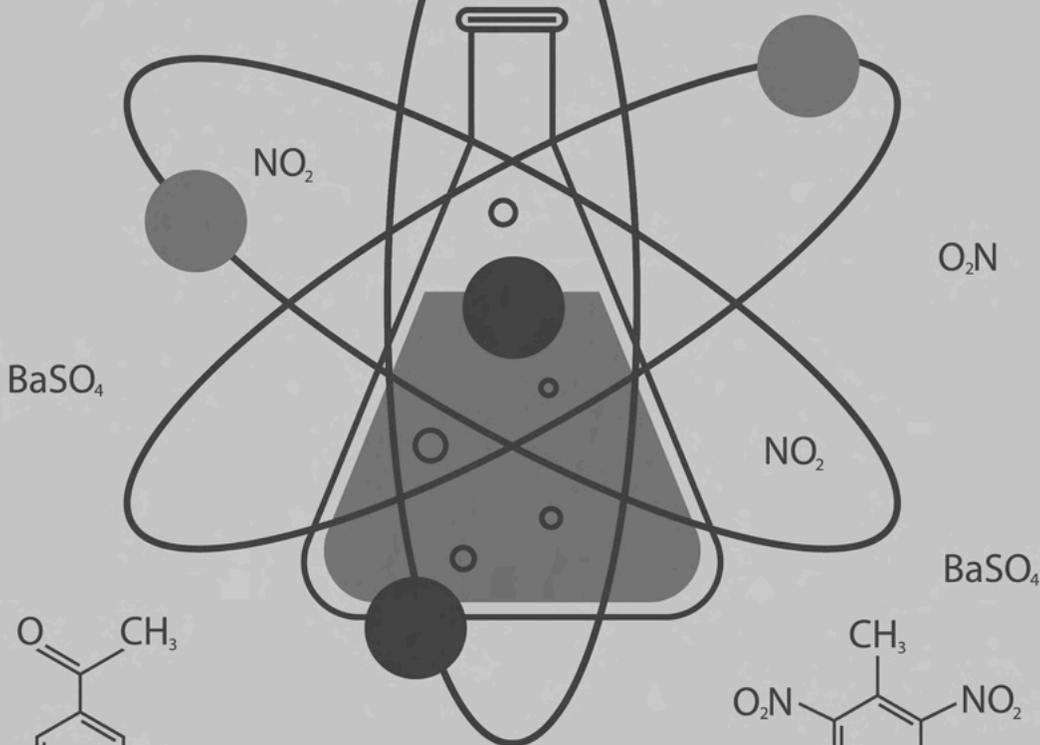
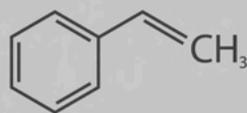
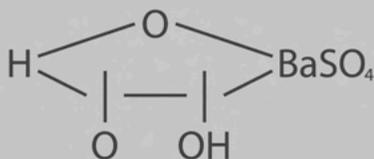
CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)



PESQUISAS CIENTÍFICAS

E O ENSINO DE QUÍMICA 2

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)



PESQUISAS CIENTÍFICAS 2

E O ENSINO DE QUÍMICA

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 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 Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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 Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
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
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
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 Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Pesquisas científicas e o ensino de química 2

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P474 Pesquisas científicas e o ensino de química 2 / Organizador
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa -
PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0272-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.725222705>

1. Química - Estudo e ensino. I. Paniagua, Cleiseano
Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 540.7

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



Atena
Editora
Ano 2022

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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O e-book: “Pesquisas científicas e o ensino de química” volume 2 é constituído por dezesseis capítulos de livros que propuseram avaliar: *i)* o processo de ensino-aprendizagem em química com o uso de metodologias de ensino ativas; *ii)* os desafios e processos de formação do futuro docente de química; *iii)* a importância da iniciação científica e projetos de extensão na formação dos discentes do curso de licenciatura em química; *iv)* monitoramento e qualidade de águas para fins potáveis ou não potáveis; *v)* química da atmosfera no centro da Amazônia e; *vi)* e a utilização de resíduos industriais como matéria-prima nos processos de produção.

Os capítulos de 1 a 3 investigaram a influência do período de pandemia associada às questões socioeconômicas que afetam o processo de ensino-aprendizagem em química/bioquímica para alunos de escolas localizadas nos estados de Minas Gerais, Amazônia e Goiás. Já os capítulos de 4 a 6 avaliaram a influência da inserção de um tabuleiro no processo de aprendizagem sobre combustíveis fósseis; o ensino de modelos atômicos e os desafios do ensino remoto e; a utilização de lixo eletrônico como tema gerador do ensino de eletroquímica. Por outro lado, os capítulos de 7 a 11 investigaram o processo formativo de futuros professores de química a partir de oficinas de produção de produtos de limpeza artesanais possibilitando a interação do ensino-extensão no município de Marabá/PA; as propriedades fitoterápicas da planta Mururé foram utilizadas como tema de formação inicial de professores na Amazônia; os aspectos e a importância do estágio supervisionado para o início do exercício da docência em química; a execução do projeto de Química Verde como primeiro contato de alunos ingressantes na UFRJ e; a iniciação científica como alternativa de melhorar o processo de ensino-aprendizagem de química para alunos da educação básica. Por fim, os capítulos de 12 a 15 investigaram uma alternativa para economizar o consumo de água potável no processo de produção de biodiesel; avaliação da qualidade da água presente em áreas de proteção permanente; processo de eutrofização de recursos hídricos no estado do Pará; avaliação da qualidade do ar na região amazônica e; a reutilização de resíduos industriais como matéria-prima nos processos de produção que garantam maior sustentabilidade.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 5

INFLUÊNCIA DOS ASPECTOS SOCIAIS E ECONÔMICOS NO PROCESSO DE ALFABETIZAÇÃO/LETRAMENTO CIENTÍFICO DURANTE O PERÍODO DE PANDEMIA (2020-2021) NO BRASIL

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Anelise dos Santos Mendonça Soares

Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7252227051>

CAPÍTULO 2..... 17

O ENSINO DE QUÍMICA BÁSICA NO CONTEXTO DA PANDEMIA: O ACESSO AO CONHECIMENTO DE QUEM JÁ TINHA LIMITAÇÕES – UM RELATO DE EXPERIÊNCIA DAS AULAS REMOTAS EM UMA ESCOLA DA ZONA RURAL DE NHAMUNDÁ, AMAZONAS

Clailson Lopes dos Santos

Michele Marques de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7252227052>

CAPÍTULO 3..... 22

DIFICULDADES NO ENSINO DE BIOQUÍMICA NO ENSINO MÉDIO EM ESCOLAS DE GOIÁS E POSSÍVEIS MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO

Bianca Gonçalves Rodrigues

Katia Roberta Anacleto Belaz

Jocélia Pereira de Carvalho Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7252227053>

CAPÍTULO 4..... 31

ENVIRONMENTAL AMAZON BANK: UM JOGO DE TABULEIRO SOBRE OS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS PARA O USO NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE QUÍMICA, PARÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL

Maria Aparecida Oliveira de Lima Sousa

Claudio Emidio-Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7252227054>

CAPÍTULO 5..... 40

O ENSINO DE MODELOS ATÔMICOS NO CONTEXTO DO ENSINO REMOTO EMERGENCIAL (ERE): UM RELATO DE EXPERIÊNCIA

Rafael Straus de Sá

Igor Andrade Ribeiro

Adriane Sarmiento Jacaúna

Alex Izuka Zanelato

Michele Marques de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7252227055>

CAPÍTULO 6..... 45

O USO DO TEMA GERADOR “LIXO ELETRÔNICO” NO ENSINO DE ELETROQUÍMICA

Ademar da Costa Amaro Junior
Daniela Raphanhin da Silva
Rejane Souza de Assunção de Campos
Suzana Aparecida da Silva
Rosimeire Montanuci

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7252227056>

CAPÍTULO 7..... 50

O ENSINO DE QUÍMICA E A EXTENSÃO: OFICINAS DE PRODUTOS DE LIMPEZA ARTESANAIS NO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PARÁ-AMAZÔNIA ORIENTAL

Maria Aparecida Oliveira de Lima Sousa
Marconiel Neto da Silva
Claudio Emidio-Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7252227057>

CAPÍTULO 8..... 60

A FITOTERAPIA POPULAR DO MURURÉ (*Brosimum acutifolium*) SOB O OLHAR DO ETNOCONHECIMENTO E DA CIÊNCIA QUÍMICA: ABORDAGEM TEMÁTICA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES NA AMAZÔNIA

Karine Figueira Alfaia
Pedro Campelo de Assis Júnior
Célia Maria Serrão Eleutério

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7252227058>

CAPÍTULO 9..... 70

ASPECTOS DO PROCESSO DE INICIAÇÃO DA CARREIRA DOCENTE NO ESTÁGIO SUPERVISIONADO DE LICENCIANDOS EM QUÍMICA

Grazielle Borges de Oliveira Pena
Valéria Aparecida Lanzoni Zanetoni
Nathália Santos Vêras

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7252227059>

CAPÍTULO 10..... 89

ESTUDO DE CASO DO PRIMEIRO CONTATO DE ALUNOS DO PRIMEIRO PERÍODO DA ESCOLA DE QUÍMICA DA UFRJ COM A EXECUÇÃO DE UM PROJETO EM QUÍMICA VERDE

Marcelo Ferreira de Souza Alves
Wendell Faria de Oliveira
João Pedro Júlio Torres Ferraz
Richard de Araujo França
Marcello Moreno Vieira Trocado
Tatiana Felix Ferreira
Peter Rudolf Seidl

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.72522270510>

CAPÍTULO 11..... 93

A IMPORTÂNCIA DA INICIAÇÃO CIENTÍFICA PARA O ENSINO APRENDIZAGEM DE QUÍMICA: CONTRIBUIÇÕES DO PROJETO PIC-Jr PARA A FORMAÇÃO DOS ALUNOS DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Ana Nery Furlan Mendes

Drielly Goulart

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.72522270511>

CAPÍTULO 12..... 106

AGUA CONDENSADA DE LOS AIRES ACONDICIONADOS UNA ALTERNATIVA PARA EL AHORRO DE CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA PREPARACIÓN Y PROCESO DEL BIODIESEL

Ligia Adelyada Torres Rivero

Beatriz Alcocer Torres

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.72522270512>

CAPÍTULO 13..... 120

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE PELA OBTENÇÃO DO IQA

Julia Comelli da Silva

Elaine Amorim Soares

Sérgio Augusto Moreira Cortez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.72522270513>

CAPÍTULO 14..... 129

PROCESSO DE EUTROFIZAÇÃO: UM ESTUDO DE REVISÃO NOS CORPOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PARÁ, BRASIL

Adriano Joaquim Neves de Souza

Gabriel Monteiro de Jesus

Alexandro Monteiro de Jesus

Fernanda Cristina Lima de Araújo

Ana Caroline de Souza Sales

Iurick Saraiva Costa

Tatiane Priscila Bastos Bandeira

Maria de Lourdes Souza Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.72522270514>

CAPÍTULO 15..... 141

QUÍMICA ATMOSFÉRICA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO CENTRO DA AMAZÔNIA: UM ESTUDO NA FLONA DO TAPAJÓS

Gabriel Brito Costa

Ana Carla dos Santos Gomes

Sarah Suely Alves Batalha

Glauce Vitor da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.72522270515>

CAPÍTULO 16.....	150
SUSTENTABILIDADE: RESSIGNIFICAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS COMO INSUMOS CIRCULARES	
Jorge Menezes da Cunha	
Marcus Vinícius de Araújo Fonseca	
Jo Dweck	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.72522270516	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	160
ÍNDICE REMISSIVO.....	161

SUSTENTABILIDADE: RESSIGNIFICAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS COMO INSUMOS CIRCULARES

Data de aceite: 01/05/2022

Jorge Menezes da Cunha

<http://lattes.cnpq.br/8249072211373382>

Marcus Vinícius de Araújo Fonseca

<http://lattes.cnpq.br/7722873668622044>

Jo Dweck

<http://lattes.cnpq.br/0894293308905127>

RESUMO: O setor de mineração compreende uma atividade econômica cujos impactos ambientais são inerentes a sua cadeia produtiva. Com isso, o desenvolvimento sustentável representa uma pressão de ressignificação estimulada, sobretudo, por regulações que limitam a atuação do setor. Neste sentido, a gestão de resíduos sólidos é um tema relevante e cuja imperícia pode gerar circunstâncias irreparáveis como a perda de vidas, impactos sobre a biodiversidade e dificuldade à retomada de atividades locais. Logo, soluções tecnológicas propostas para reintroduzir resíduos à cadeia de suprimentos são mandatórias. Este trabalho propõe um estudo de ressignificação de um resíduo de processamento de minérios de zinco como insumo para a produção de materiais vítreos para a construção civil.

PALAVRAS-CHAVES: Química Ambiental; Sustentabilidade; Resíduo Sólido.

INTRODUÇÃO

Estima-se que desde o reconhecimento

da economia de escala e do modelo industrial de desenvolvimento socioeconômico de produção em massa, a população mundial consome um planeta e meio por ano (WEETMAN, 2019), levando tensão ao debate sobre os limites de resiliência da Terra – ou seja, a biocapacidade – e a ameaça à estabilidade das condições do sistema terrestre (STEFFEN *et al.*, 2015). Por sua vez, os conceitos e métodos preconizados pela economia circular (STAHEL, 2016; BERGER *et al.*, 2020; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION *et al.*, 2020; SONDEREGGER *et al.*, 2020) indicam alternativas para reduzir a geração de resíduos e os impactos provenientes da depleção de recursos naturais, orientando para uma transição que permita a restauração de fluxos mássicos e energéticos. Por isso, a avaliação dos potenciais científico e tecnológico de resíduos industriais têm motivado ações e propostas de organizações do setor produtivo.

Neste sentido, a avaliação da viabilidade do processamento de resíduos como materiais substituintes às matérias-primas utilizadas na fabricação de vidros e vitro-cerâmicas (FONSECA, 1990; FONSECA e SANTOS, 1993; OLIVEIRA, 2000; FONSECA *et al.*, 2004; RAWLINGS *et al.*, 2006; ZANOTTO, 2010; FONSECA *et al.*, 2019) representa uma alternativa à destinação desses efluentes indesejáveis de processo às barragens, pilhas de resíduos secos e estéreis de mina, tendo em vista que contentamentos em torno destas

alternativas representam, por exemplo, riscos já materializados nas tragédias ocorridas em Brumadinho e Mariana, no estado brasileiro de Minas Gerais. Estes eventos motivaram a revisão da Lei 12334/2010, que implantou a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), e a sua atualização pela Lei 14066/2020 (BRASIL, 2021).

O objetivo deste trabalho é comparar os resultados de viabilidade tecnológica do resíduo de processamento de minérios de zinco da unidade Três Marias da empresa *Nexa Resources* (U3M) com diferentes misturas de resíduos obtidos por OLIVEIRA (2000) para a produção de vidros e vitro-cerâmicas. Dessa forma, propõe-se uma alternativa sustentável para a valorização de resíduos de mineração – i.e. *upcycling* (WEETMAN, 2019) – a montante do processo tecnológico em questão e o conceito de prova de um potencial substituinte de revestimentos cerâmicos tradicionais para a construção civil a jusante.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras do resíduo U3M foram submetidas à análise química (Absorção Atômica, Gravimetria e Plasma Acoplado Indutivamente) e o seu resultado foi parcialmente divulgado, por imposição de sigilo, pela empresa produtora. Com isso, foi possível identificar os elementos químicos majoritários e pertinentes a este estudo, estimando a sua composição em base de óxidos a fim de compará-la com as composições dos demais resíduos (OLIVEIRA, 2000).

Ainda, as amostras do resíduo U3M e do vidro derivado do resíduo (VU3M) foram analisadas por microscopia com aquecimento em equipamento Hesse-Instruments EMI II. O perfil adotado foi o aquecimento definido entre a temperatura ambiente e 800°C sob razão de aquecimento igual a 12°C • min⁻¹ e entre 800°C e 1500°C sob razão de aquecimento igual a 10°C • min⁻¹. O procedimento obedeceu à normatização DIN 51730/ISO 540 (1995-03-15).

Além disso, amostras destes materiais foram analisadas por Difração de Raios-X (DRX), utilizando um espectrômetro de Raios-X da Rigaku, modelo Miniflex II, com tubo de Raios-X de cobre (Cu) e monocromador, para análise de estruturas cristalinas. O ensaio foi realizado pelo método do pó, *Powder Diffraction*, operando nas seguintes condições: Raios-X 40 kV/20 mA; varredura de 5° a 90° 2θ; degrau (step) de 0,02°.

Ademais, realizou-se a análise térmica diferencial (DTA) da amostra vítrea em equipamento da TA Instruments, modelo SDT Q600, sob razão de aquecimento igual a 10°C • min⁻¹, atmosfera de nitrogênio à vazão de 100 mL • min⁻¹ e cadinhos de alumina para a amostra e referência (cadinho vazio). Ao término da análise, a amostra e a referência foram mantidas no equipamento e uma nova análise foi realizada mantendo as condições da análise anterior (branco). Então, procedeu-se à subtração do branco da análise inicial. Com isso, os ruídos e a aleatoriedade do instrumento foram minimizados e eventos térmicos sem relevância para o estudo foram eliminados, permitindo assim que o fenômeno

de cristalização fosse devidamente observado.

Em seguida, os resultados foram comparados com aqueles obtidos por OLIVEIRA (2000) para amostras de misturas de resíduos de diferentes naturezas. O autor avaliou a viabilidade tecnológica de resíduos de escória de alto-forno (EAF), catalisador exausto do processo de craqueamento de hidrocarbonetos (CEC) e resultantes da separação gravimétrica da mineração de cromita (JIG) como insumos para a produção de vidros e vitro-cerâmicas. As misturas foram preparadas de modo a reunir 70%_{p/p} EAF e 30%_{p/p} CEC (MRE73C), 40%_{p/p} EAF, 30%_{p/p} JIG e 30%_{p/p} CEC (MRE4J33C) e 70%_{p/p} JIG e 30%_{p/p} CEC (MRJ73C).

A reunião dos resultados das técnicas de caracterização permitiu dimensionar os parâmetros de processo para a produção de corpos de prova de vidro e de vitro-cerâmica. O processo de produção do vidro consistiu na fusão do resíduo U3M, seguida da sua conformação a quente, do seu recozimento e resfriamento natural, enquanto a produção de vitro-cerâmica consistiu na fusão do resíduo U3M, sua conformação a quente e, finalmente, na realização de um tratamento térmico controlado. As operações de fusão e tratamento térmico controlado foram realizadas em fornos elétricos e a conformação a quente foi realizada com o auxílio de um molde acoplado a uma pinça.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise química para a amostra U3M a seguir foram comparados com aqueles obtidos para amostras de misturas de resíduos constituídos de escória de alto-forno (EAF), catalisador exausto do processo de craqueamento de hidrocarbonetos (CEC) e da mineração de cromita (JIG) obtidos por OLIVEIRA (2000), segundo o teor em base calcinada de óxidos indicado na Tabela 1.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MnO	Cr ₂ O ₃	ZnO	PbO	CdO	CuO	AgO	BaO
MRE73C	44,1%	22,6%	27,5%	4,9%	< 0,1%	< 0,1%	0,8%	< 0,1%	< 0,1%	-	-	-	-	-	-
MRE4J33C	50,6%	18,8%	15,7%	9,8%	< 0,1%	0,1%	3,2%	0,3%	1,4%	-	-	-	-	-	-
MRJ73C	53,2%	16,3%	1,4%	18,8%	0,5%	0,7%	4,8%	0,2%	4,0%	-	-	-	-	-	-
U3M	34,70%	0,22%	10,63%	0,83%	< 0,1%	< 0,1%	5,62%	< 0,1%	< 0,1%	3,12%	1,96%	< 0,1%	< 0,1%	< 0,1%	0,10%

Tabela 1. Composição das misturas de resíduos realizadas por OLIVEIRA (2000) e do resíduo U3M.

A soma dos teores de SiO₂ e Al₂O₃ nas misturas são inferiores a 85%_{p/p}, limite a partir do qual STRNAD (1986) prediz temperaturas de escoamento iguais ou superiores a 1650°C. Portanto, esta avaliação orienta favoravelmente o estudo de viabilidade técnica e econômica no sentido de utilização potencial do resíduo como matéria-prima para a produção de vidros e vitro-cerâmicas.

Em comparação com as misturas anteriores, a amostra U3M apresentou baixos teores de SiO₂ e Al₂O₃, o que sugere um valor de temperatura de escoamento inferior ao

esperado para os demais resíduos. De forma complementar, considerou-se posteriormente o DRX da amostra VU3M, proveniente do resíduo, para atestar a formação de vidro. Além disso, o baixo valor do teor de SiO_2 , um importante indutor da formação de redes vítreas em sistemas constituídos de óxidos, indicou a eventual necessidade de introduzir adições à composição do resíduo.

Por sua vez, os resultados da análise de microscopia com aquecimento da amostra U3M (Tabela 2) permitiram identificar a temperatura de escoamento da massa fundida do resíduo e de seu vidro correspondente. Estes valores de temperatura apresentaram-se comparáveis aos valores da temperatura de escoamento das misturas de resíduos e de seus respectivos vidros, os quais foram cristalizados para obtenção de vitro-cerâmicas. Estes resultados são coerentes com a predição de STRNAD (1986), citada anteriormente.

Além disso, determinaram-se os pontos de deformação e semiesfera da amostra VU3M a fim de atestar a viabilidade do processo de fabricação de vitro-cerâmica. O valor correspondente ao ponto de deformação é importante para avaliar o método convencional de fabricação de materiais vitro-cerâmicos, pois a cristalização do vidro ocorre mediante o aquecimento controlado e o produto vitro-cerâmico futuro pode exibir defeitos se submetido a valores superiores ao ponto de deformação.

Por sua vez, a temperatura de semiesfera orienta a definição das temperaturas de processo visto que exhibe o máximo da deformação e o início do escoamento. Desta forma, indica o valor de temperatura a partir do qual o material não sustenta o seu próprio peso e os efeitos da redução da viscosidade passam a ser sentidos, culminando, portanto, na diminuição de atrito interno e, assim, no início do escoamento. Vale ressaltar que a viscosidade ainda é elevada neste ponto e alcança o mínimo apenas no ponto de escoamento.

Material analisado	Ponto de deformação (°C)	Ponto de semiesfera (°C)	Ponto de escoamento (°C)
Resíduo U3M	1140	1160	1239
VU3M*	1160	1174	1270
EAF	1335	1356	1361
CEC*	¾	¾	¾
JIG	1400	1437	1520
MRE73C*	1200	1213	1224
Vidro E73C	1202	1218	1239
MRE4J33C*	1255	1257	1290
Vidro E4J33C	1222	1227	1237
MRJ73C*	1278	1305	1385
Vidro J73C	1298	1311	1350

Tabela 2. Resultados da análise de microscopia com aquecimento dos resíduos, de suas misturas e seus vidros correspondentes.

*MRE73C = Mistura de Resíduo 70%_{p/p} Escória e 30%_{p/p} Catalisador Exausto; MRE4J33C = Mistura de Resíduo 40%_{p/p} Escória, 30%_{p/p} Catalisador Exausto e 30%_{p/p} Cromita; MRJ73C = Mistura de Resíduo 70%_{p/p} Cromita e 30%_{p/p} Catalisador Exausto. VU3M = Vidro proveniente do resíduo U3M. O resíduo CEC permaneceu inalterado ao longo da análise.

O registro das imagens da amostra VU3M ao longo do aquecimento controlado por microscopia com aquecimento permitiu ainda avaliar a variação da forma da amostra. Utilizou-se a retração linear como critério para definir o intervalo da temperatura de sinterização e verificou-se que este intervalo está compreendido entre 1080°C e 1160°C (Figura 1), admitindo como temperatura inicial do intervalo aquela indicada pelo método da temperatura de início extrapolado.

Destaca-se que a interpretação do resultado da Difração de Raios-X da amostra do resíduo U3M (Figura 2) elucidou a presença de fases cristalinas e a predição da emissão de gases nocivos ao meio ambiente durante o tratamento térmico da amostra, como óxidos de enxofre provenientes das fases *anglesita*, *esfarelita*, *gipsita* e *jarosita* (FONSECA *et al.*, 2019). Com isso, a necessidade de uma unidade de tratamento de gases para a potencial produção de ácido sulfúrico, um insumo químico, a partir do resíduo evidenciou-se mandatória.

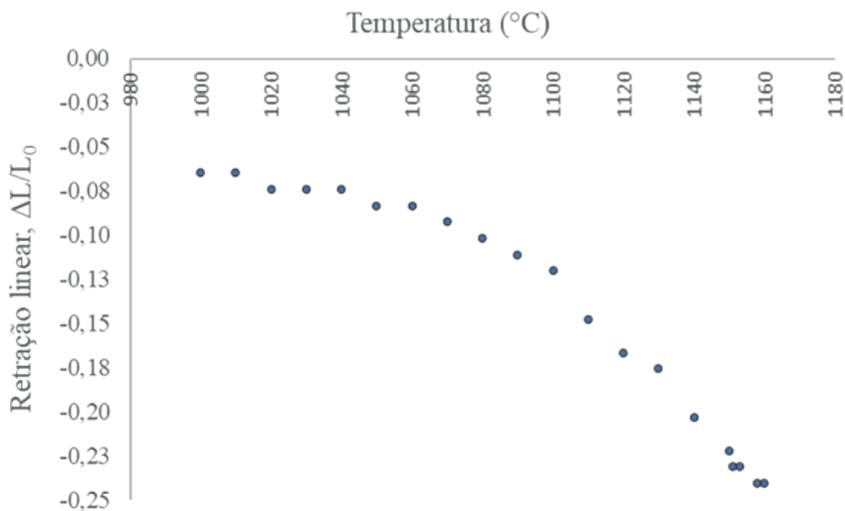


Figura 1. Curva de retração linear utilizada para estimar o intervalo de temperatura de sinterização da amostra VU3M.

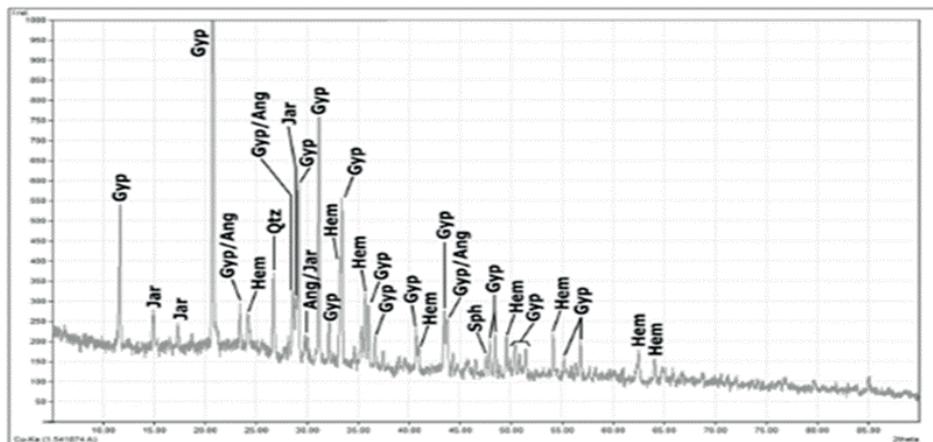


Figura 2. Difratograma resultante da análise de DRX do resíduo U3M.

Vale destacar que a fusão do resíduo elimina as fases cristalinas. Sendo assim, a amostra VU3M foi obtida a partir do resfriamento abrupto da massa fundida do resíduo U3M – i.e. *quenching* –, para a qual observou-se em seguida um difratograma ausente de fases cristalinas, confirmando a produção de material vítreo. Posteriormente, a amostra foi cominuída e classificada por peneiramento a fim de obter um material para análise térmica diferencial (DTA) cujo tamanho de grãos estivesse compreendido entre aquele do passante de peneira de abertura igual a 425 μm e o do retido daquela de abertura igual a 300 μm . O resultado do DTA é exibido na Figura 3.

Observaram-se dois fenômenos térmicos característicos. O primeiro corresponde à deflexão da curva na faixa de temperatura entre 575°C e 700°C, típico de uma mudança na linha base. Esta mudança refere-se à variação no calor específico da amostra, o que indica uma faixa de relaxação e, portanto, a temperatura de transição-vítrea com início extrapolado em 575°C. O segundo corresponde a um pico exotérmico à temperatura igual a 850°C, revelando o fenômeno de cristalização.

Os vidros obtidos por OLIVEIRA (2000) apresentaram temperatura de transição-vítrea em torno de 750°C e temperatura de cristalização entre 950°C e 1050°C. Estes valores são superiores àqueles correspondentes à amostra VU3M. Observou-se, portanto, que as condições de processo para promover a cristalização de amostras vítreas VU3M são moderadas se comparadas às condições das demais amostras. Todas as condições, por outro lado, são viáveis técnica e economicamente para a produção de materiais vitro-cerâmicos, representando-se como alternativa às barragens, pilhas de resíduos e estêreis de mina.

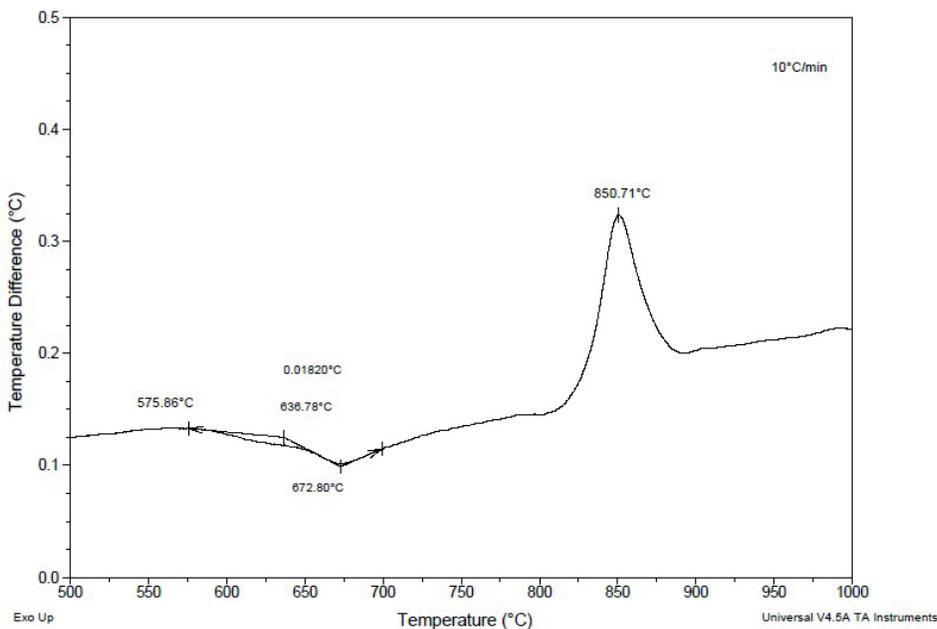


Figura 3. Curva DTA da amostra VU3M obtida mediante razão de aquecimento igual a 10°C/min e atmosfera inerte.

Em seguida, a amostra cristalizada foi caracterizada por DRX a fim de identificar as fases cristalinas resultantes do processamento térmico e comparada com aquelas estudadas por OLIVEIRA (2000). Observou-se que a fase cristalina majoritária na vitro-cerâmica obtida a partir da amostra VU3M foi a *hedenbergita*, um ciclopiroxênio, enquanto as vitro-cerâmicas obtidas pelas misturas de resíduos por OLIVEIRA (2000) apresentam as fases *diopsídio* e *wolastonita* na amostra VCE73C, *anortita* e *diopsídio* na amostra VCE4J33C e *enstatita*, *magnesocromita* e *quartzo* na amostra VCJ73C.

O corpo de prova vítreo, indicado à esquerda na Figura 4, foi produzido pela fusão do resíduo U3M a 1400°C, conformação a quente e recozimento a 675°C, enquanto a vitro-cerâmica, indicado à direita na Figura 4, foi produzida pela fusão do resíduo U3M a 1400°C, conformação a quente e tratamento térmico controlado em dois estágios: recozimento a 675°C e cristalização a 850°C. Os tempos de permanência no interior da câmara do forno foram duas horas e seis horas, respectivamente, para o recozimento e a cristalização.



Figura 4. Monolitos de vidro e vitro-cerâmica obtidos a partir do resíduo U3M.

Ressalta-se que a temperatura *liquidus* do resíduo U3M foi superior à indicada na microscopia com aquecimento. Isto se justifica em função da presença de gradientes de temperatura desfavoráveis nas condições operacionais disponíveis. Por outro lado, o recozimento foi selecionado a partir do intervalo considerado para o relaxamento com início na temperatura de transição-vítrea, entre 575°C a 700°C.

Estes materiais apresentam-se como conceitos de prova para atender à demanda do setor da construção civil como alternativas a pisos e revestimentos cerâmicos tradicionais. Os materiais convencionais contribuem com a depleção de recursos minerais, uma consequência intrínseca ao extrativismo. Dessa forma, a introdução de resíduos à cadeia de suprimentos permite a restauração dos fluxos mássico e energético que contribuem para a economia do processo e a consolidação do desenvolvimento sustentável de acordo com os conceitos preconizados pela economia circular, ressignificando o conceito de resíduo.

CONCLUSÕES

Os resíduos considerados neste trabalho foram convertidos a vidros e, posteriormente, vitro-cerâmicas com o objetivo de fornecer ao setor de construção civil provas de conceito para a introdução de produtos alternativos aos pisos e revestimentos cerâmicos convencionais, que utilizam matérias-primas oriundas da exploração de recursos naturais. Por sua vez, apresentou-se uma alternativa sustentável à destinação destes resíduos em barragens e pilhas de resíduos secos, as quais representam riscos já materializados à adequada gestão, imobilização e aproveitamento de resíduos sólidos.

A viabilidade técnica da produção de vidros e vitro-cerâmicas a partir do resíduo de processamento de minérios de zinco foi atestada pela verificação da presença de óxidos formadores de rede vítrea em sua composição, pelos valores de temperatura de escoamento comuns àqueles convencionais, pela ausência de fases cristalinas e presença da temperatura de transição-vítrea no vidro, pelo pico exotérmico de cristalização bem definido no aquecimento do vidro, e observado posteriormente à temperatura de transição-

vítrea, e pela dispensa às adições, apesar do baixo teor de sílica na amostra de resíduo.

Além disso, a análise mineralógica por Difração de Raios-X permitiu identificar fases cristalinas no resíduo cuja decomposição térmica deve integrar o tratamento/aproveitamento de gases gerados. No caso, a geração de gases decorrentes das fases identificadas, como o trióxido de enxofre, potencializa a obtenção de produtos cuja comercialização é possível mediante sua inclusão no modelo de negócios da empresa geradora do resíduo. Desta forma, verificou-se a possibilidade de aumentar a circularidade nos processos industriais a partir do aproveitamento deste resíduo sólido.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES). Agradece-se ao NUMATS I COPPE UFRJ, ao LabAT I EQ UFRJ e LABH2 I EQ UFRJ.

REFERÊNCIAS

BERGER, M.; SONDEREGGER, T.; ALVARENGA, R.; BACH, V.; CIMPRICH, A.; DEWULF, J.; FRISCHKNECHT, R.; GUINEÉ, J.; HELBIG, C.; HUPPERTZ, T.; JOLLIET, O.; MOTOSHITA, M.; NORTHEY, S.; PEÑA, C.A.; RUGANI, B.; SAHNOUNE, A.; SCHRIJVERS, D.; SCHULZE, R.; SONNEMANN, G.; VALERO, A.; WEIDEMA, B. P.; YOUNG, S. B. *Mineral resources in life cycle impact assessment – part II: recommendations on application-dependent use of existing methods and on future method development needs*. The International Journal of Life Cycle Assessment v. 25 p. 798-813. 2020.

Brasil. *II Relatório Anual de Segurança de Barragens de Mineração 2020*. Brasília. Ano Base 2020. ANM, 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION; GRANTA DESIGN; LIFE. *Circularity Indicators: An Approach to Measuring Circularity. Methodology*. Disponível em: <<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circularity-indicators/>>. Acesso em: 13 fev. 2020.

FONSECA, M. V. A.; MOTTA, C. F. C.; RODRIGUES, L. M.; SIQUEIRA, M. F.; MONTEIRO, J. K. L. S.; GOMES, R. A. M. *Uso de Rejeitos de Mineração como Matéria-Prima para Produção de Materiais Vitro-cerâmicos*. In: XXVIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Belo Horizonte, 2019.

FONSECA, M. V. A.; OLIVEIRA, C. H.; NEUMANN, R.; ALCOVER NETO, A. *Sintering and Crystallization Studies of Industrial Waste Glasses*. Proceedings of the 8th International Congress on Applied Mineralogy, International Congress on Applied Mineralogy; 2004b; Águas de Lindóia, Brasil, p. 285-288.

FONSECA, M. V. A.; SANTOS, P.S. *Caracterização e desempenho de vidro e vitro-cerâmica obtidos a partir da reciclagem de rejeitos sólidos da industrialização do xisto*. Cerâmica 1993, 39 (259); 1-6.

FONSECA, M. V. A.; SOUZA, J. J. F.; TORRES-TAPIA, E. C.; VUGMAN, N. V. *On the nature of the reflecting coat in glass ceramic produced from industrial waste: Mössbauer and ESR spectroscopy*. Journal of Materials Science Letters 14 p. 799-801, 1995.

FONSECA, M.V.A. Reciclagem de Rejeitos Sólidos: Desenvolvimento, em escala de laboratório, de Materiais Vítreatos a partir do Xisto Retortado de São Mateus do Sul, PR. Orientador: Pérsio de Souza Santos. São Paulo: USP/Escola Politécnica, 1990, 224p. Tese. (Doutorado em Engenharia – Engenharia Química).

OLIVEIRA, C.H. *Reaproveitamento de Rejeitos Industriais Inorgânicos Sólidos: avaliação do potencial de desenvolvimento de materiais vítreos e vitro-cerâmicos*. Tese (Doutorado) – UFRJ, IQ. 2000.

RAWLINGS, R. D.; WU, J. P.; BOCCACCINI, A. R. *Glass-ceramics: Their production from wastes – A Review*. J Mater Sci 41 p.733-761. 2006.

SONDEREGGER, T.; BERGER, M.; ALVARENGA, R.; BACH, V.; CIMPRICH, A.; DEWULF, J.; FRISCHKNECHT, R.; GUINEÉ, J.; HELBIG, C.; HUPPERTZ, T.; JOLLIET, O.; MOTOSHITA, M.; NORTHEY, S.; RUGANI, B.; SCHRIJVERS, D.; SCHULZE, R.; SONNEMANN, G.; VALERO, A.; WEIDEMA, B. P.; YOUNG, S. B. *Mineral resources in life cycle impact assessment – part I: a critical review of existing methods*. The International Journal of Life Cycle Assessment v. 25 p. 784-797. 2020.

STAHEL, W.R. *Comment: Circular Economy*. Nature. Vol 531. p.p. 435-438. 2016.

STEFFEN, W.; RICHARDSON, K.; ROCKSTRÖM, J.; CORNELL, S. E.; FETZER, I.; BENNETT, E. M. BIGGS, R.; CARPENTER, S. R.; DE VRIES, W.; DE WIT, C. A.; FOLKE, C.; GERTEN, D.; HEINKE, J.; MACE, G. M.; PERSSON, L. M.; RAMANATHAN, V.; REYES, B.; SÖRLIN, S. *Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet*. Science 347, Edição 6223. 2015.

STRNAD, Z. *Glass-Ceramic Materials. Liquid Phase Separation, Nucleation and Crystallization in Glasses*. Glass and Technology 8, 1986.

WEETMAN, C. *A circular economy handbook for business and supply chains: repair, remake, redesign, rethink*. Autêntica Business©, 2019.

ZANOTTO, E. D. *A bright future for glass-ceramics*. American Ceramic Society Bulletin vol. 89, N°8 p. 18-27. 2010.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA - Técnico em química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Licenciado em Química pela Universidade de Uberaba (2011), Licenciado em Ciências Biológicas pela Faculdade Única (2021). Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Docência do Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012), Especialista em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021). Mestre em Química (2015), Doutor em Química (2018) e estágio pós-doutoral (2020-2022) pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Atualmente, vem atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (i) desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) estudos de monitoramento de CIE; (iii) desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CIE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) aplicação de processos oxidativos avançados ($H_2O_2/UV-C$, $TiO_2/UV-A$ e foto-Fenton entre outros) para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto para fins de reutilização; (v) estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CIE em diferentes matrizes aquáticas; (vi) educação ambiental e (vii) processos de alfabetização e letramento científico no ensino de ciências, química e biologia.

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Águas contaminadas 53
- Alfabetização científica 11, 40, 51
- Análise Térmica Diferencial (DTA) 153, 157
- Aplicativos 20
- Áreas de Proteção Permanente (APPs) 122
- Aulas remotas 15, 18, 19, 43

B

- Biocapacidade 152
- Biocombustível 109
- Biodiesel 100, 108, 109, 110, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 121

C

- Ciências da natureza 18
- Combustíveis fósseis 33, 35, 36, 37, 40, 144
- Compostos orgânicos voláteis (COVS) 144
- Computadores 20, 51
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) 96
- Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 134
- Covid-19 8, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 42, 46, 48, 94
- Currículo 20, 30, 31, 32, 42, 48, 69, 73, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 106

D

- Demanda bioquímica de Oxigênio (DBO) 125
- Didática 34, 42, 43, 91
- Difração de Raios-X (DRX) 153

E

- Ecosistemas 20, 131, 132, 134, 136, 137, 144
- Eletroquímica 47, 49, 50
- Ensino-aprendizagem 7, 9, 15, 33, 35, 36, 37, 69, 98
- Ensino de bioquímica 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32
- Ensino de química 19, 24, 28, 36, 41, 50, 52, 60, 91, 96, 106, 129
- Escória de alto-forno (EAF) 154
- Esgoto sanitário 132

Estágio supervisionado 72, 73, 74, 77, 79, 80, 82, 86, 87, 88

Esterificación 110, 115, 116

Etnoconhecimento 62, 63, 64, 65, 67, 69, 70, 71

Eutrofização 123, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140

F

Ferramentas digitais 42

Fitoterapia 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 70

Formação docente 63, 72, 73, 74, 80

G

Gases estufa 143, 144, 149

Google forms 99

I

Impactos ambientais 36, 48, 54, 152

Iniciação científica 94, 95, 97, 98, 99, 103, 106

Interdisciplinaridade 24, 29, 30, 31, 32, 106

Internet 9, 20, 26, 53, 54, 121

J

Jogos didáticos-pedagógicos 33

L

Letramento científico 11, 12, 162

Lixo eletrônico 47, 48, 49, 50, 51

Lúdico 17, 28, 33, 34, 36, 37, 40, 41

M

Manto freático 108

Meio ambiente 37, 53, 54, 55, 56, 60, 102, 135, 138, 140, 156

Mineração 152, 153, 154, 160

Modelos atômicos 42, 43, 44, 45

Mururé (*Brosimum acutifolium*) 62

O

Óleo de cozinha 54, 56

Organismos autotróficos 132, 134, 136

P

Pandemia 7, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 36, 42, 43, 46, 48, 65

Pedagogia de Projetos 96, 97, 107

Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) 153

Poluição do ar 48

Potencial Hidrogeniônico (pH) 125

Preocupação ambiental 53, 61

Produtos biodegradáveis 53

Produtos de limpeza 52, 53, 54, 56, 57, 60

Programa de Iniciação Científica Júnior (PIC-Jr) 96

Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 43

Projetos de extensão 60, 74

Proteínas 27, 134, 135

Q

Química Verde 60, 91, 94

R

Reações de oxirredução 50

Reciclagem 53, 160, 161

Recursos hídricos 124, 126, 137

Recursos não renováveis 55

Recursos naturais 55, 124, 152, 159

Recursos pedagógicos 34

Redes sociais 16, 17, 20, 42, 43, 44

Resíduos sólidos 48, 52, 53, 124, 152, 159

Reuso 60

Reutilização 54, 60, 162

S

Saneamento básico 15, 17, 137, 139

Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) 124

Sustentabilidade 70, 93, 94, 140, 152

T

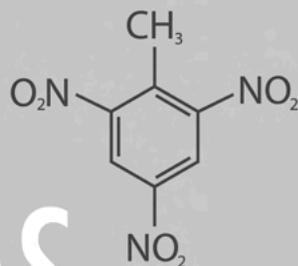
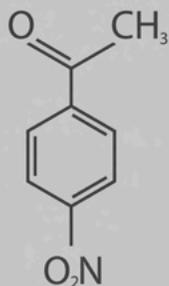
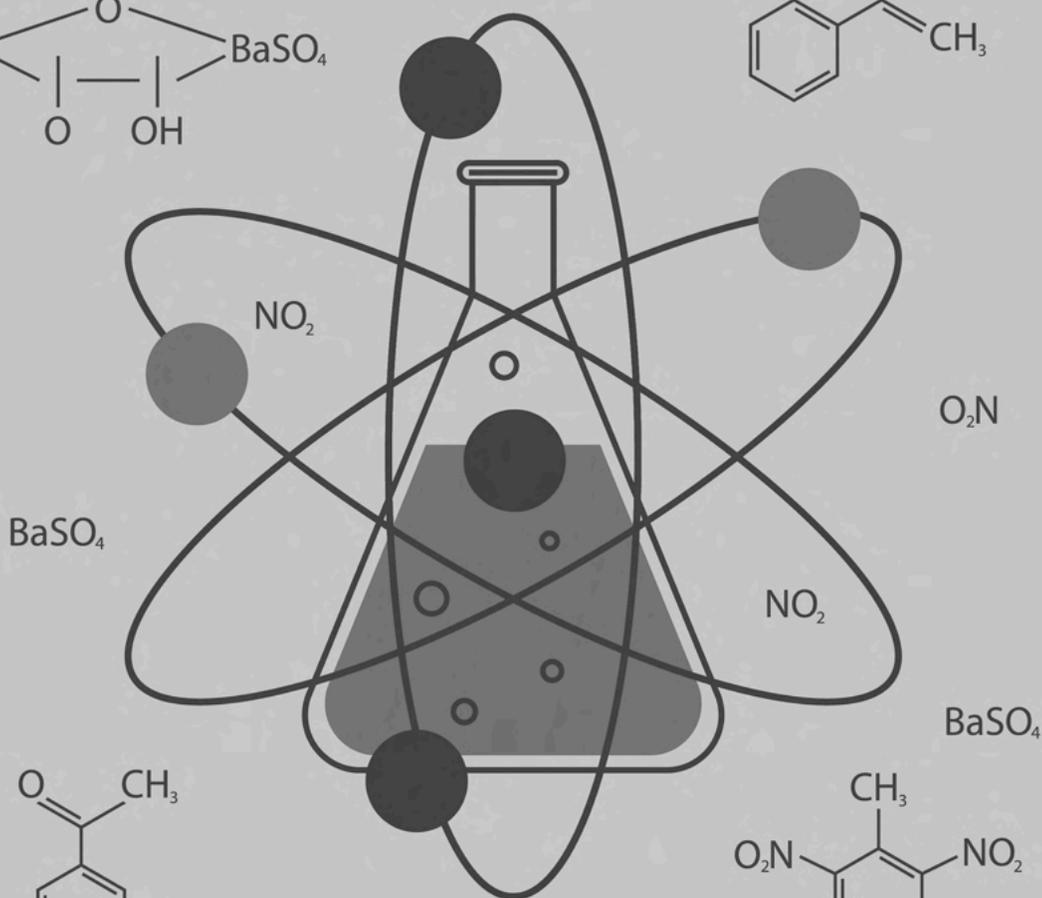
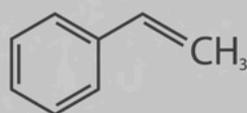
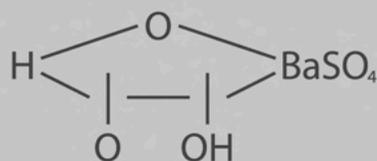
Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) 19, 20

V

Vitro-cerâmica 154, 155, 158, 159, 160

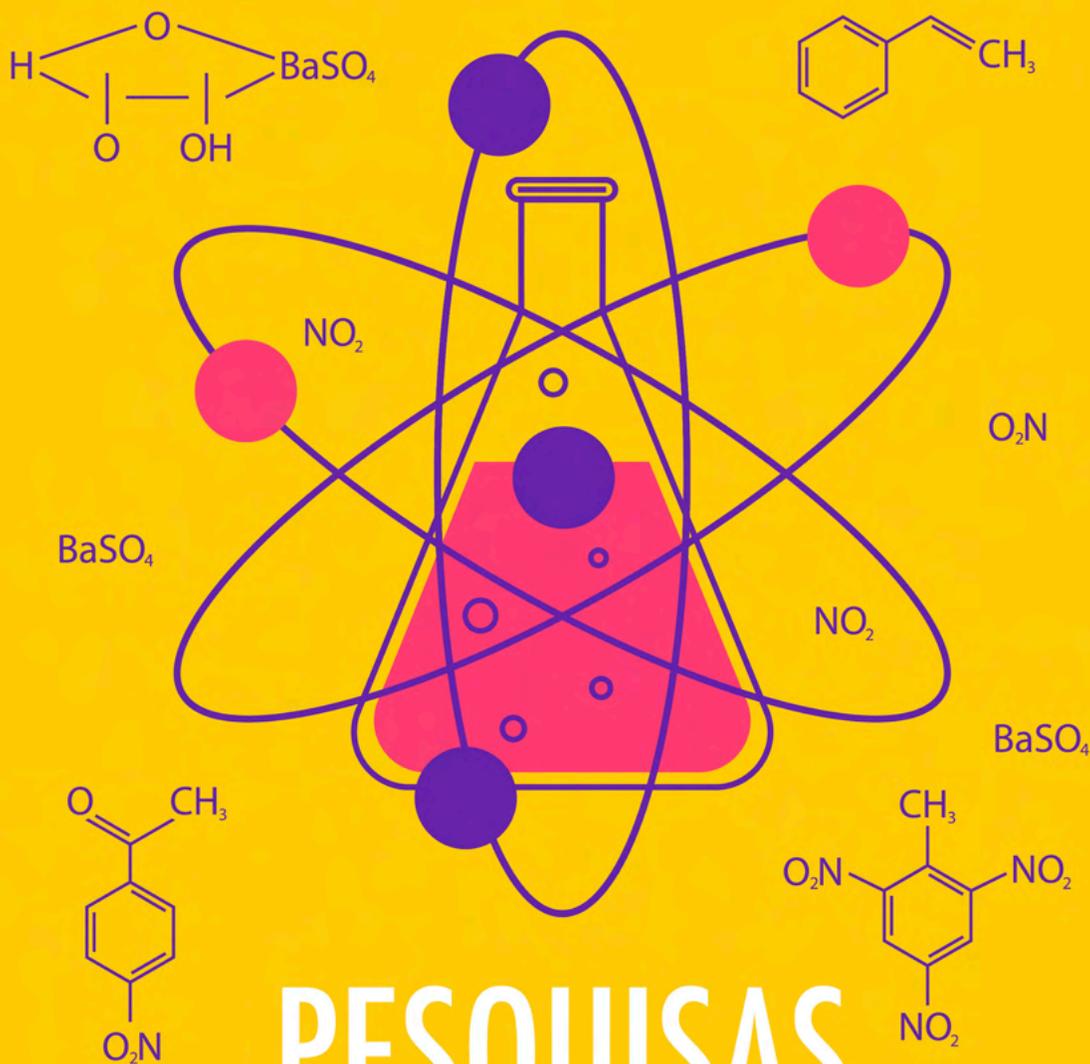
W

WhatsApp 22, 43, 44, 45



PESQUISAS CIENTÍFICAS 2

E O ENSINO DE QUÍMICA



PESQUISAS CIENTÍFICAS

E O ENSINO DE QUÍMICA 2