

Instituto Federal do Espírito Santo
Campus Vila Velha
Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI

Série - Ensino de química
Volume 17

GUIA DIDÁTICO

**METAIS PESADOS NO LIXO URBANO:
UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NOS MOLDES DA
ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA (AEP)**



Angelo Fernando Melo Barbosa

Orientador:

Prof. Dr. Joselito Nardy Ribeiro

Coorientadores:

Prof^a. Dr^a Araceli Verónica Nardy Ribeiro

Pr. Dr. Paulo Rogerio Garcez de Moura

GUIA DIDÁTICO

METAIS PESADOS NO LIXO URBANO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NOS MOLDES DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA (AEP)

Angelo Fernando Melo Barbosa

Grupo de Bioquímica Ambiental

Orientador:

Prof. Dr. Joselito Nardy Ribeiro

Coorientadores:

Prof^a. Dr^a Araceli Verónica Nardy Ribeiro

Pr. Dr. Paulo Rogerio Garcez de Moura



Edifes
ACADÊMICO

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Espírito Santo

Vila Velha

2022

Reitor: Jadir José Pela

Pró-Reitor de Administração e Orçamento: Lezi José Ferreira

Pró-Reitor de Desenvolvimento Institucional: Luciano de Oliveira Toledo

Pró-Reitora de Ensino: Adriana Piontkovsky Barcellos

Pró-Reitor de Extensão: Renato Tannure Rotta de Almeida

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação: André Romero da Silva

Coordenador da Edifes: Adonai José Lacruz

Conselho Editorial

Aldo Rezende * Ediu Carlos Lopes Lemos * Felipe Zamborlini Saiter * Francisco de Assis Boldt * Glória Maria de F. Viegas Aquije * Karine Silveira * Maria das Graças Ferreira Lobino * Marize Lyra Silva Passos * Nelson Martinelli Filho * Pedro Vitor Morbach Dixini * Rossanna dos Santos Santana Rubim * Viviane Bessa Lopes Alvarenga

Revisão de texto: Angelo Fernando Melo Barbosa; Joselito Nardy Ribeiro e Araceli verónica Flores Nardy Ribeiro

Projeto gráfico: Angelo Fernando Melo Barbosa

Diagramação: Stella Kristina Lopes da Rocha

Capa: Stella Kristina Lopes da Rocha

Imagem de capa: Imagem Livre do Site CANVA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) **(Biblioteca do Campus Vila Velha)**

B238g Barbosa, Angelo Fernando Melo

Guia didático: metais pesados no lixo urbano: uma sequência didática nos moldes da atividade experimental problematizada (AEP). Angelo Fernando Melo Barbosa. / Vila Velha: Edifes Acadêmico, 2022.

78 p. : il. col., 30 cm.

Inclui bibliografia.

ISBN: 978-85-8263-618-3

DOI: 10.36524

Série Ensino de química; volume 17.

1. Metais pesados. 2. Educação ambiental. 3. Impacto ambiental. 4. Meio ambiente. I. Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional. II. Ribeiro, Joselito Nardy. III. Ribeiro, Araceli Veronica Flores Nardy. IV. Moura, Paulo Rogerio Garcez de. V. Título. VI. Instituto Federal do Espírito Santo.

CDD 23 – 304.28

Valéria Rodrigues de Oliveira CRB6/ES-477

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo

Pró-Reitoria de Extensão e Produção

Av. Rio Branco, nº 50, Santa Lúcia Vitória – Espírito Santo CEP 29056-255 - Tel.+55 (27)3227-5564

E-mail: editoraifes@ifes.edu.br

Mestrado Profissional em Química

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo

Campus Vila Velha

Avenida Ministro Salgado Filho, 1000, Soteco, Vila Velha, Espírito Santo – CEP: 29106-010

Comissão Científica

Sandra Aparecida Duarte Ferreira

Juliano Souza Ribeiro

Coordenação Editorial

Giovani Zanetti

Revisão do Texto

Os autores

Capa e Editoração Eletrônica

Stella Kristina Lopes da Rocha

Produção e Divulgação

Mestrado Profissional em Química

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo

MINI CURRÍCULO DOS AUTORES



Angelo Fernando Melo Barbosa (angelobarbosaraf@gmail.com), Licenciado em Química, pós graduado lato sensu, mestrando do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - PROFQUI/IFES e Professor da Secretaria de Estado da Educação do Espírito Santo - SEDU. Vila Velha, Espírito Santo, Brasil

Joselito Nardy Ribeiro (joselito.ribeiro@ufes.br) Bacharel em Química pelo UFV, Mestrado em Agroquímica pela UFV, e Doutorado em Ciências pela UNICAMP, atualmente é professor da UFES, Vitória, ES-BR



Araceli Verónica Flores Nardy Ribeiro (araceli@ifes.edu.br) Bacharel em Química pelo UFV, Mestrado em Agroquímica pela UFV, e Doutorado em Ciências pela UNICAMP, atualmente é professora do IFES, Vila Velha, ES-BR.

Paulo Rogerio Garcez de Moura (paulomoura.ufes@gmail.com) graduado em Química e especializado em educação pela UNICRUZ, mestre em filosofia pela UFSM e doutor em educação em Ciências pela UFRGS, atualmente Professor na UFES, Vitória, ES – BR.



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO p.8

INTRODUÇÃO p.9

EDUCAÇÃO AMBIENTAL (EA): SUA IMPORTÂNCIA E JUSTIFICATIVA EM SALA DE AULA p.10

EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA SALA DE AULA p.11

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PROBLEMATIZADAS - AEP p.12

EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO p.13

AEP p.13

PROPOSTAS DE INTERVENÇÕES p.16

LIXO E SUA DESTINAÇÃO EM ATERROS SANITÁRIOS p.17

A COMPLEXIDADE REACIONAL DENTRO DO ATERRO SANITÁRIO p.18

METAIS PESADOS p.19

METAIS PESADOS NO LIXO ELETRÔNICO p.21

Chumbo p.21

Cobre p.21

Mercúrio p.22

Cádmio p.23

ROTEIROS DE ENSINO COM A TEMÁTICA DO LIXO URBANO E ATERROS SANITÁRIOS p.23

Bioensaio p.23

Minibiodigestor p.25

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA p.28

**VÍDEOS E MATERIAIS COMPLEMENTARES PARA A IMPLANTAÇÃO
DA AEP** p.33

REFERÊNCIAS p.36

APÊNDICES p.40

ANEXOS p.73

APRESENTAÇÃO

Este produto educacional foi desenvolvido pelo discente Angelo Fernando Melo Barbosa sob a orientação do Prof. Dr. Joselito Nardy Ribeiro e coorientação de Prof^a. Dr^a Araceli Verónica Nardy Ribeiro e o Prof. Dr. Paulo Rogerio Garcez de Moura durante a pesquisa de mestrado em Química do Instituto Federal do Espírito Santo - IFES no Programa de mestrado profissional em Química em Rede nacional – PROFQUI.

A ideia para sua produção partiu de uma reunião prévia, para se definir os caminhos a serem tomados durante o mestrado, partindo de experiências anteriores do discente, definiu-se a aproximação da Educação Ambiental com as práticas da Atividades Experimentais (AEP). Destarte, desenvolveu-se uma pesquisa bibliográfica que pavimentasse o caminho escolhido, bem como, dar um vislumbre de como poderiam ser

as experimentações que seriam capazes de articular ambas as vertentes escolhidas. Seguindo, buscamos definir as melhores condições para as experimentação que seriam propostas neste material, em seguida, desenvolveu-se uma sequência didática pautada nos fundamentos da AEP, com o intuito de fazer os alunos refletirem a respeito dos seus hábitos de consumo dentro da lógica capitalista do consumo e suas consequências, para isso, realizando experimentos em que os conceitos químicos de soluções, concentrações, poluentes, metais pesados, toxicidade, danos ao meio ambiente, entre outros, fossem ferramentas para o entendimento de uma questão complexa e urgente na sociedade.

Após sua validação por pares, foi realizado um refinamento do material e seu resultado é apresentado nas páginas a seguir.

Boa leitura e ótimo trabalho!

Os autores

INTRODUÇÃO

O material didático aqui apresentado tem o intuito de demonstrar o trabalho por meio das Atividades Experimentais Problematizadas (AEP) a partir de temáticas ambientais. O tema lixo urbano, e mais especificamente, a destinação em aterros sanitários, vem como contextualizador do ensino, entendendo-o como relevante no contexto da formação do indivíduo eticamente responsável com suas futuras gerações.

Iniciamos discutindo a respeito da educação ambiental, base para os objetivos do trabalho proposto, e seguimos para a explanação a respeito do trabalho com as AEP's. Por fim, descrevemos a problemática do lixo urbano como proposta de intervenção, oferecendo a descrição de uma sequência didática com materiais para organização e ação do professor com viés da educação ambiental.

São oferecidos dois roteiros de ensino, e, uma proposta de sequência didática (SD) pautada nos referenciais defendidos, criada para atender o ensino híbrido (presencial e a distância). A proposta pode ser trabalhada em conjunto com

os alunos em grupos dentro de uma mesma sala de aula ou, turmas diferentes com trabalhos que se completam, apresentando diferentes visões da temática sugerida. Ambos os roteiros de ensino e a SD apresentam relevância no ensino de química por englobarem conceitos pertinentes a disciplina, e, conteúdos ministrados no ensino básico, podendo ser adaptados para os diversos segmentos do ensino fundamental, e, médio, abrindo margem para o trabalho interdisciplinar.

Entende-se que este material não deve ser tratado de maneira rígida, mas conversado com a realidade que o público a que se deseja trabalhar. Sendo aplicável a qualquer série.

Acreditamos, que com este material é uma ferramenta para as práticas em sala de aula, auxiliando professores a desenvolver suas práticas pedagógicas, oferecendo suporte teórico, e, metodológico, por meio das AEP, com uma justificativa robusta vinda da Educação Ambiental e seus objetivos que vão ao encontro dos objetivos ditos da educação básica.

EDUCAÇÃO AMBIENTAL (EA): SUA IMPORTÂNCIA E JUSTIFICATIVA EM SALA DE AULA

Conforme o desenvolvimento econômico vai se consolidando em países como o Brasil, o modelo de consumo imposto pelo sistema capitalista é visto como o estilo de vida almejado. A Educação Ambiental vem como um contraponto destacando a necessidade de um desenvolvimento sustentável, almejando contribuir para que o aluno compreenda as questões socioambientais envolvidas no seu consumo de modo crítico, já que, a escola se mostra um ambiente propício para tal (LOUREIRO, 2003).

Gonzalez (2011), indica a EA como “um processo que procura esclarecer e fomentar valores éticos, no intuito de desenvolver atitudes racionais, responsáveis, solidárias entre os homens.” Nesse processo, a EA, acontece “estimulando as ações transformadoras partindo da mudança de comportamento e a construção de novos valores éticos menos antropocêntricos” (LOUREIRO, 2009). Ou seja, fazendo o aluno tomar consciência do seu papel no mundo contribuindo para o exercício da cidadania.

Dentro da proposta das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental (DCNEA, 2012) a Educação Ambiental envolve no aprender o conhecimento científico e os saberes do cotidiano, avançando na construção de uma “cidadania responsável voltada para culturas de sustentabilidade socioambiental” (SAHEB, 2016).

Sendo assim, claramente a sala de aula é um ambiente propício para essa discussão pois as consequências do mau uso do ambiente em que vivemos que estarão presentes nas futuras

gerações. Já que, é pensando nelas que se atua em favor de uma mudança de valores associados ao meio ambiente, à economia, ao social e ao tecnológico. Dessa maneira debates atuais como mudanças climáticas, novas formas de produção de energia elétrica, escassez de água, são temas ambientais relevantes para a vida cotidiana dos alunos, e com certeza, influenciarão as decisões que eles tomarão quando adultos (MOSELEY, 2016).

Mesmo com o panorama exposto do papel da EA no ensino, e sua importância para a formação do indivíduo, é observado que a forma como a EA vem sendo trabalhada está longe do proposto dentro dos documentos oficiais, e, até, da academia. Como destacado por Saheb (2016), “ainda hoje, encontram-se práticas nas quais a EA é reduzida a atividades voltadas à separação do lixo e à economia de água, desprovida da reflexão e questionamento sobre o processo como um todo”. Ainda assim, espera-se que a EA seja capaz de promover a reflexão, por parte do aluno, e o possibilite tomar decisões pautadas na sustentabilidade e valores sociais e culturais, pertencentes ao seu viver.

Dessa forma busca-se com o ensino de química pautado na Educação Ambiental, trabalhar nas aulas os conteúdos pertinentes da disciplina de maneira que “possam alicerçar uma visão ampla de meio ambiente, incluindo seus aspectos sociais em direção ao desenvolvimento de atitudes que busque a construção de um modelo de sociedade sustentável” (SANTOS *et al.*, 2010).

EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA SALA DE AULA

Para o ensino, devemos propor aos alunos questões reais que envolvem o desenvolvimento da sociedade, fugindo de extremismos ambientais, mas criando uma via alternativa que atenda os anseios básicos da sociedade e o desenvolvimento (SANTOS *et al.*, 2010).

Ao pensar na Educação Ambiental, Loureiro (2003) defende que ela não deve apenas ficar no campo das discussões, mas transformar o pensamento do educando, atendendo assim, os objetivos da educação, que é justamente atuar na formação do indivíduo imbuindo valores sociais, éticos e morais.

As pesquisas sobre EA no contexto da sala de aula mostram que os professores são uma grande influência sobre como os alunos percebem seu papel no ambiente. Muitos professores acreditam que a EA deve ser integrada aos currículos formais; no entanto, poucos professores se sentem adequadamente preparados para en-

sinar EA. Por sua vez, os professores em formação raramente são expostos à EA como parte de seus programas de formação à docência. Os resultados das pesquisas mostram que a EA pode fornecer resultados positivos aos alunos no desempenho escolar e/ou acadêmico, na formação do pensamento crítico e no fortalecimento da motivação e do engajamento (NILSSON, 2014).

Assim, pretende-se com o ensino de química pautado na Educação Ambiental, trabalhar as aulas de maneira a promover a reflexão a respeito do consumo de tecnologias, e, seus efeitos na economia, no meio ambiente e na saúde humana, discutindo os padrões de consumo provenientes do modelo de vida imposto pelos avanços tecnológicos. No qual, o aspecto social está inserido dentro deste contexto, e não apenas o conservacionismo ou naturalismo, mas o socioambiental (SANTOS *et al.*, 2010).

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PROBLEMATIZADAS - AEP

EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO

AEP

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PROBLEMATIZADAS - AEP

EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO

Apresentaremos aqui a abordagem do ensino de Química segundo os moldes da AEP - Atividades Experimentais Problematizadas, onde temos Silva e Moura (2018) como maiores referências para a definição dos trabalhos teóricos e metodológicos. Não entraremos no mérito da discussão aprofundada das bases filosóficas, epistemológicas e teóricas que fundamentam as AEP, gostaríamos apenas de apresentar o trabalho seguindo tais moldes defendidos pe-

los autores, e deixar que o leitor seja livre para avaliar a aplicabilidade do que está sendo proposto.

A partir disso, a AEP vem como uma proposta para orientar as atividades práticas pautadas em promover um ensino significativo, para que assim, os alunos sejam capazes de pensar criticamente a respeito das consequências das mudanças constantes vistas na sociedade (SILVA et al., 2020).

AEP

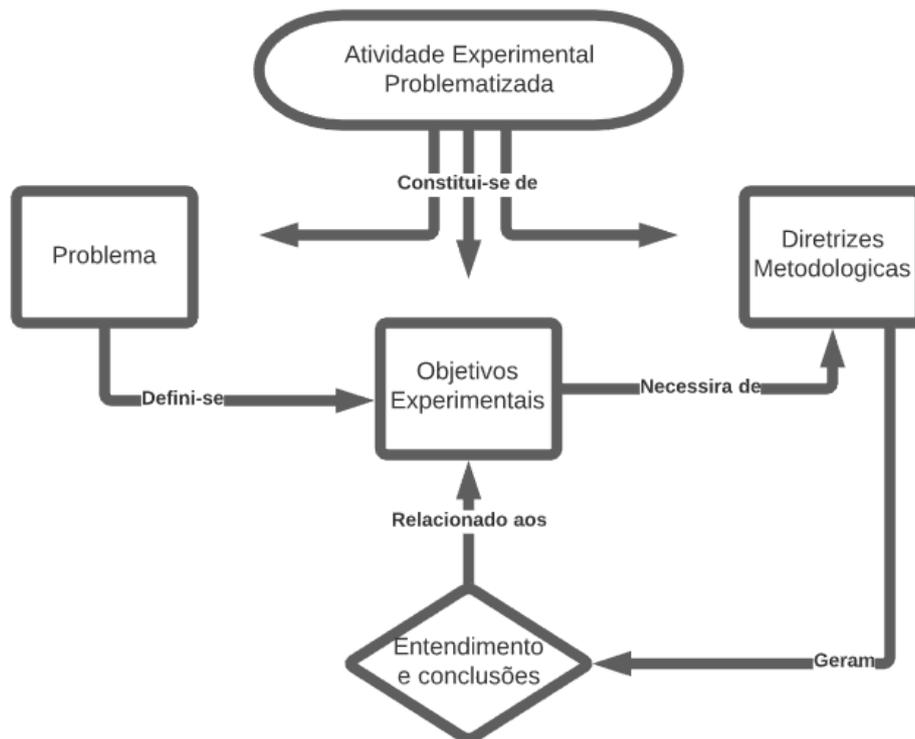
A AEP possui dois eixos, segundo Silva e Moura (2018): um teórico e um metodológico, trabalhados com o intuito de promover meios para que o aluno esteja propenso a aprender. Os conhecimentos abordados, são vistos como ferramentas que o auxiliam a resolver um problema de cunho científico, problema esse que lhe é apresentado por questões relevantes e pertinentes ao seu cotidiano.

O eixo teórico apresenta 3 aspectos: o Problema, os Objetivos Experimentais, e as Diretrizes Metodológicas.

Desta forma, parte-se da proposição de um *Problema* de natureza teórica, potencialmente contextualizado. Esse problema requer um *Objetivo experimental*, do qual derivarão proposições orientadoras às ações experimentais, denominadas de *Diretrizes metodológicas* (SILVA; MOURA, 2018)

De maneira visual, podemos olhar para o Fluxograma a seguir (Figura 1).

Figura 1: Fluxograma dos eixos da AEP



Fonte: Santos et al. (2020) adaptado

Os autores Silva e Moura (2018), entendem que as diretrizes metodológicas não têm a intenção de gerar respostas ao problema proposto, mas sim aos objetivos experimentais. Para resolver o problema, é necessário ainda os passos da metodologia que envolvem o *Retorno ao grupo de trabalho*, a *Socialização* e a *Sistematização*.

O eixo metodológico trata-se de um roteiro de ensino fruto de uma interpretação aberta dos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti, (1992) e da Pedagogia Histórico-Crítica de Saviani (2011), estruturada por Gasparin (2005) (SILVA; MOURA, 2018).

Detalharemos a seguir cada momento do eixo metodológico caracterizando-os de maneira sucinta, de acordo com Moreira e colaboradores (2019) e Silva e Moura (2018):

Discussão prévia(I): Aqui a proposta é apresentada de maneira contextualizada com o tema escolhido, com a utilização de recursos pedagógicos como textos, vídeos entre outros. Este seria um

momento do mapeamento da estrutura cognitiva do aluno.

Organização/desenvolvimento de atividade experimental (II): O objetivo experimental e as diretrizes metodológicas são definidas e postas em prática. “Consiste na apresentação do problema teórico (elaborado, identificado ou selecionado) e de suas derivações em objetivos experimentais e diretrizes metodológicas”.

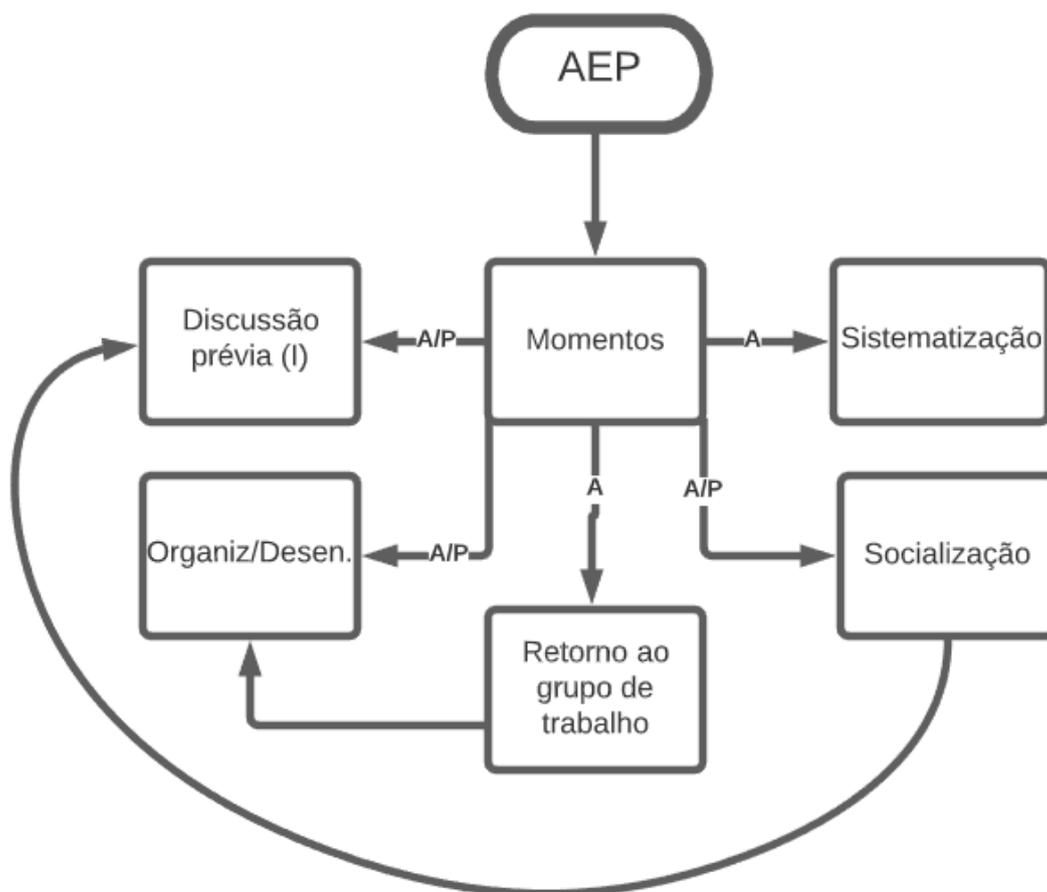
Retorno ao grupo de trabalho (III): Um momento de análise e interpretação dos métodos usados no momento anterior, com intuito de atingir os objetivos experimentais.

Socialização (IV): Aqui, é buscada a discussão entre os grupos formados, a fim de discutir aproximações diferentes ao problema.

Sistematização(V): Fechamento do roteiro de ensino que seria, por exemplo, a divulgação escrita das conclusões e soluções ao problema proposto.

As etapas citadas podem ser vistas no Fluxograma apresentado na Figura 2.

Figura 2: Fluxograma do eixo metodológico da AEP



Fonte: Silva et al. (2020) adaptado

Neste fluxograma A/P e A indicam os momentos em que aluno (A) e professor (P) fazem parte do momento, com o professor assumindo um papel de orientação. Para que o aluno seja capaz de aprender de forma autônoma o professor deve mudar seu papel de transmissor de conhecimento, para um de orientador para o

conhecimento, através da problematização do saber com “a constante supervalorização das perguntas e subvalorização das respostas, em uma ação dinâmica e concomitante (SILVA et al., 2020).

Sintetizando os eixos teóricos e metodológicos, apresentamos a quadro 1:

Quadro 1 - Eixos da AEP

Eixos	
Teórico - Planejamento	Metodológico - Como fazer
A. Problema B. Objetivos experimentais C. Diretrizes metodológicas	1. Discussão prévia 2. Organização/ desenvolvimento de atividade experimental 3. Retorno ao grupo de trabalho 4. Socialização 5. Sistematização

Fonte: Silva e Moura (2018)

PROPOSTAS DE INTERVENÇÕES

LIXO E SUA DESTINAÇÃO EM ATERROS SANITÁRIOS

A COMPLEXIDADE REACIONAL DENTRO DO ATERRO SANITÁRIO

METAIS PESADOS

METAIS PESADOS NO LIXO ELETRÔNICO

ROTEIROS DE ENSINO COM A TEMÁTICA DO LIXO URBANO E ATERROS SANITÁRIOS

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA

PROPOSTAS DE INTERVENÇÕES

LIXO E SUA DESTINAÇÃO EM ATERROS SANITÁRIOS

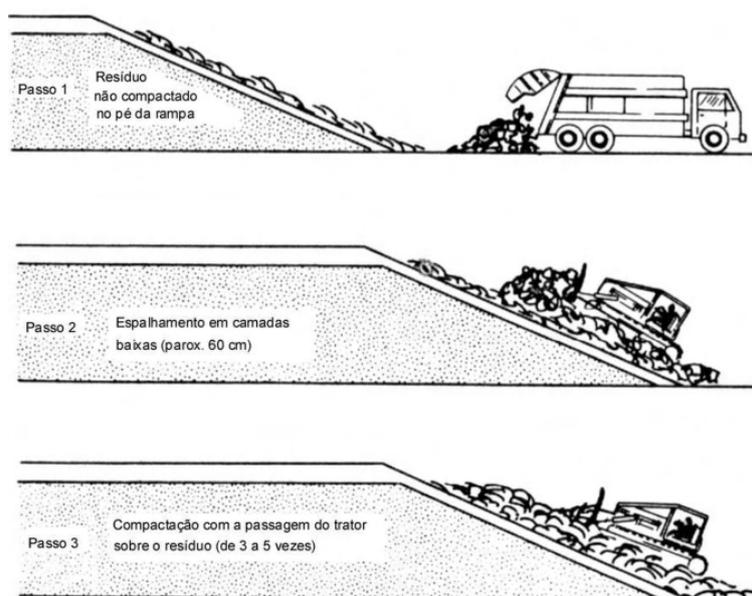
O resíduo sólido no Brasil é ainda intensamente mal destinado, como aponta Gandra (2020). Sendo, em média, mais de 2 milhões de toneladas mensais de lixo urbano sendo jogados em locais inadequados como lixões e aterros controlados.

O crescimento populacional nas cidades e aumento do consumo, e, conseqüentemente os resíduos sólidos gerados vêm aumentando durante os anos, infelizmente, as tecnologias e esforços para minimizar os impactos do padrão de consumo imposto não tem avançado na mesma medida, ocasionando uma grande quantidade de resíduos sendo lançados sem um tratamento adequado na natureza, formando os lixões (DE SÁ *et al.*, 2012, RIBEIRO *et al.*, 2022).

Já os aterros sanitários são locais onde atendem legislações, e, normas de engenharia, para garantir o descarte seguro do lixo em termos de saúde humana e ambiental. Estes aterros sanitários o solo é preparado e coberto para impermeabilizá-lo, de maneira que o seu lixiviado, seja coletado e tratado em tanques especiais. O lixo jogado, é comprimido por máquinas e coberto com solo da região para evitar cheiro e

proliferação de pragas (DE SÁ *et al.*, 2012). A Figura 3 ilustra o procedimento de deposição do lixo nos aterros.

Figura 3: Ilustração da deposição de lixo urbano em aterros sanitários



Fonte: <https://portalresiduossolidos.com/como-funciona-um-aterro-sanitario/>. Acessado em 20/06/22

No Brasil, desde 2010 temos legislação rígida abordando os resíduos sólidos. A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de

Resíduos Sólidos (PNRS), visou promover o enfrentamento e responsabilização de diversos setores da sociedade pelo tratamento e cuidados com o lixo produzido, desde sua produção ao descarte. “A PNRS baseia-se no conceito

de responsabilidade compartilhada, de modo que cidadãos, governo, setor privado e sociedade civil organizada são responsáveis pela gestão ambientalmente correta dos resíduos sólidos.” (ROSSINI; NASPOLINI, 2017).

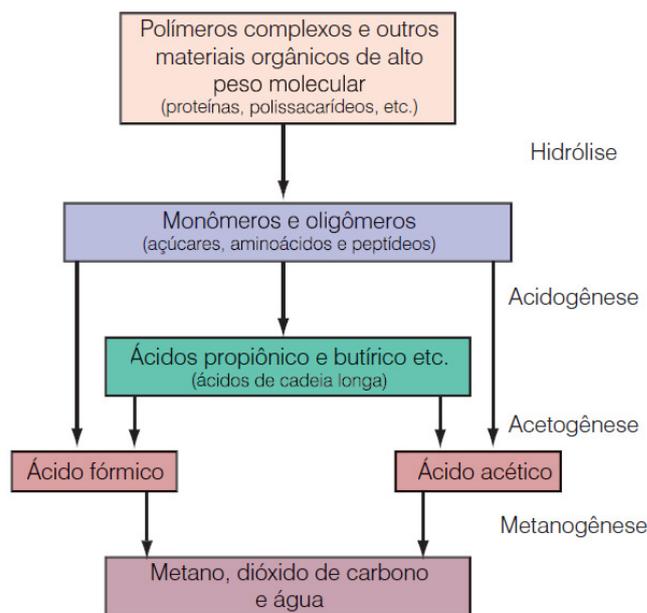
A COMPLEXIDADE REACIONAL DENTRO DO ATERRO SANITÁRIO

O lixo depositado e recoberto dos aterro sanitário pode ser considerado um grande reator químico, inúmeras substâncias são produzidas em processos aeróbicos e anaeróbicos. Os gases produzidos ali são também de preocupação ambiental, sendo metano e dióxido de carbono os principais gases. A presença de metano pode ocasionar um perigo ainda maior por conta de possível explosão. Porém, pela baixa concentração de oxigênio dentro do aterro, as chances são pequenas para tal risco. Gases residuais os chamados COV's (compostos orgânicos voláteis) também estão presentes, e a toxicidade dos seus subprodutos, após incineração não completa, são ainda mais preocupantes. Felizmente, aterros sanitários proíbem determinados descartes que produzem os COV's (RESENDE, 2004).

O aterro apresenta composição variável que depende do tempo em que está em repouso. Celere e colaboradores (2007) indicam a existência de três etapas bem definidas. A Primeira caracterizada por processos aeróbicos, consumindo o oxigênio disponível no meio, e as seguintes anaeróbicas com microorganismos hidrolisando macromoléculas em espécies mais simples, e posterior transformação das moléculas existentes em ácidos de menores cadeias até o ácido acético, e, finalizando na formação de metano. Hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, respectivamente. Ou seja, as substâncias mais complexas vão sendo mineralizadas cada vez mais em cada etapa. Uma visão geral apenas dos processos anaeróbicos é mostrada

na Figura 4. Podemos ainda citar diversas bactérias que atuam nos processos anaeróbicos citados na Figura 4, como: *Clostridium*, *Syntrophomonas*, *Methanoserica sp*, *Methanobacterium sp* (MONTEIRO, 2003).

Figura 4 - Resumo dos processos anaeróbicos dentro do aterro sanitário



Extraído de: Fadini e Fadini (2001)

Fadini e Fadini (2001) também descrevem a complexidade do processo reacional, na etapa aeróbica dentro do aterro sanitário apresentando diversas reações que podem acontecer devido ao alto valor negativo de sua energia livre de Gibbs, tendo como receptores de elétrons diversas espécies (O_2 , NO_3^- , Fe_2O_3 , MnO_2 e SO_4^{2-}). A própria composição da matéria orgânica se mostra variável e dependente da composição dos resíduos presentes (MONTEIRO, 2003). Destar-

te, Fadini e Fadini (2001) Ilustram a diversidade da composição da matéria orgânica a caracterizando com fórmula $[(CH_2O)_{106}(NH_3)_{16}(H_3PO_4)]$, formando diversos produtos dentro do aterro como: N_2 , H_3PO_4 , H^+ , H_2O , NH_3 , CO_2 , S^{2-} , Fe^{2+} , H_3PO_4 , Mn^{2+} , H_2S .

Os processos acima citados são promovidos por microrganismo aeróbicos que podemos descrever com a seguinte reação:



Extraído de: Monteiro (2003)

METAIS PESADOS

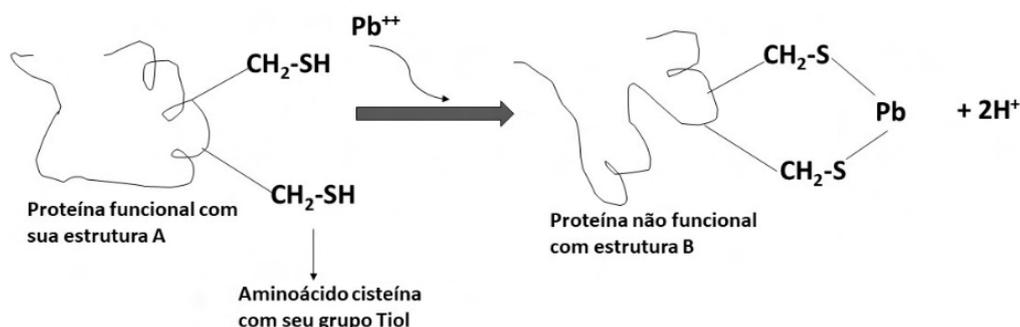
Metais pesados caracterizam-se pelo efeito maléfico à saúde e ao meio ambiente, uma vez que seus efeitos vão se agravando no caso de uma exposição crônica devido a bioacumulação (CORT, 2013). Os metais estão presentes em todos os meios, água, terra e ar, nem sempre sendo considerados poluentes. Como por exemplo, os metais ferro, zinco e cobre que desempenham funções no organismo humano, e suas deficiências estão associadas a sintomas como anemia, fadiga, falta de apetite, danos ao sistema nervoso e entre outros (OLIVEIRA, 2015). Por outro lado, alguns metais mesmo em concentrações muito pequenas podem ser altamente tóxicos, como por exemplo, mercúrio, cádmio e chumbo (FADINI; FADINI, 2001). A própria defi-

Assim como Souza (2017) e Estevão (2017) que destacam a necessidade da criação de propostas que sejam capazes de promover a percepção do lixo como uma problemática real na vida das pessoas, fomentando o debate, a cidadania e mudança de atitudes, seguimos esses preceitos no desenvolver da temática e abordagem neste trabalho.

nição de metal pesado não é um consenso no meio científico, com relatos de classificação por meio de uma faixa de número atômico, massa atômica, massa específica, e até capacidade de formar sabão e uso em armas de fogo (LIMA; MERÇON, 2011).

Os metais podem afetar o funcionamento de diversos órgãos de maneiras diferentes, por consequência do tipo de interação que fazem numa competição com os íons ligantes em proteínas importantes no corpo humano. São capazes também de realizar ligações fortes com grupamentos tióis presentes em enzimas, causando danos a sua estrutura e desativando sua ação (Figura 5) (DURUIBE *et al.*, 2007; RIBEIRO *et al.*, 2022).

Figura 5 - Metal chumbo interagindo com enzima e danificando sua estrutura



Fonte: DURUIBE *et al.* (2007); RIBEIRO *et al.* (2022) adaptado

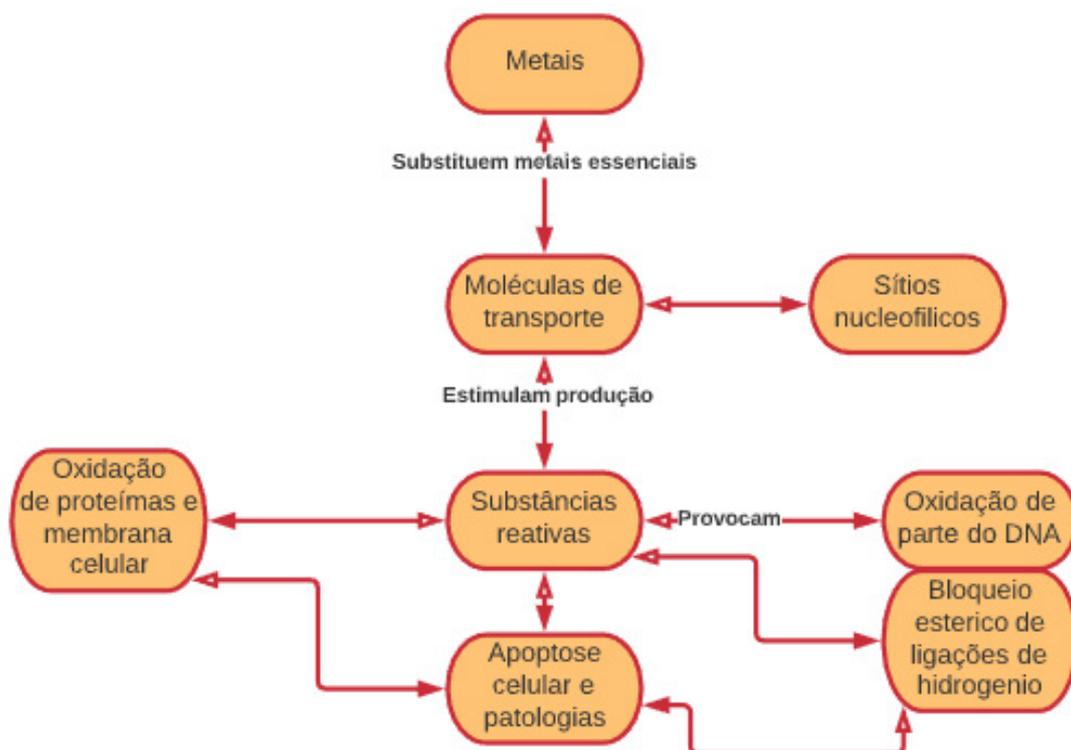
Não obstante, o estudo da toxicidade de metais pesados se mostra um tanto complexa, como discutido por Smith e colaboradores (2015). Os autores indicam que a toxicidade dos metais depende de diversos fatores, como a maneira que o metal se apresenta, a duração e magnitude da exposição, e o metal em questão.

De acordo com Ni e colaboradores (2014) metais pesados são correlacionados a estresses oxidativos ao DNA de células expostas, ocasionando diversas patologias. Contudo, o corpo possui defesas contra a contaminação por metais, como visto em trabalho de Baiomy e Mansour (2016) que usam da concentração de moléculas sequestrantes de metais presentes no sangue, rins e fígado como correlação da contaminação por metais pesados, sendo biomarcadores de contaminação. No estudo, os autores mostram o aumento da concentração de glutatonas, metalotioneínas e da enzima capase 3, ligando-as as ações do corpo contra contaminantes metálicos.

Por outro lado, alguns metais, ditos como metais pesados, desempenham importantes funções dentro do organismo. A deficiência de cobre por exemplo, está associada a esclerose múltipla. Faizi e colaboradores (2016) analisaram o efeito da desmielinização causada pela deficiência de cobre em roedores. Também, a falta de cobre, no organismo, pode causar uma deficiência de Cu-Zn superóxido dismutase que é uma enzima importante no processo de decodificação do DNA e faz parte do processo de neutralização de espécies reativas de oxigênio gerados na cadeia de transporte de elétrons. Dessa forma, sua deficiência pode gerar um acúmulo que são responsáveis por vários danos celulares (FAIZI *et al.*, 2016).

Nzengue e colaboradores (2011) nos dão um vislumbre da ação de alguns metais pesados no organismo encontrada de forma resumida na Figura 6.

Figura 6 - Diagrama da ação de metais pesados em células



Fonte: Nzengue *et al.* (2011)

De forma indireta, os metais provocam a formação de oxigênio reativo no estado singlete, promovendo a oxidação de enzimas e membranas celulares ocasionando a chamada apoptose celular e danos ao DNA. De forma direta, os metais interagem nos sítios nucleofílicos substi-

tuindo ou causando bloqueio da passagem de substâncias necessárias à célula. Grande parte dos metais pesados presentes no lixo urbano advêm do lixo eletrônico, por causa disso, deve-se ter uma atenção por parte da sociedade a seu respeito (NZENGUE *et al.*, 2011).

METAIS PESADOS NO LIXO ELETRÔNICO

Dados de 2019, indicam que quase 54 milhões de toneladas de lixo eletrônico foi produzido, e, apenas 17.4% deste total foi reciclado no mundo (FORTI *et al.*, 2020). O lixo eletrônico apresenta diversos metais de interesse econômico, estratégico e tecnológico como: Fe, Cu, Al, Co, Ni, Sn, Pb, Cd, Zn e terras raras. Ainda, também estão presentes metais valiosos como Au, Ag, Pt e Pd que representam grande interesse pelo seu valor econômico (ALSHEYAB, 2015). São estimadas cerca de 1000 substâncias tóxicas no lixo eletrônico que podem ameaçar a saúde humana, e, ao meio ambiente, se não forem tratadas de maneira adequada, os metais pesados e compostos orgânicos voláteis são as principais preocupações (ABDELBASIR *et al.*, 2018). A seguir, apresentamos alguns metais pesados que destacamos como os mais frequentes no lixo eletrônico e de preocupação para a sociedade.

Chumbo

O chumbo trata-se de um contaminante mesmo em pequenas quantidades. Sua absorção pelo organismo depende da forma de exposição, sendo as principais: a inalação e por vias gastrointestinais. O metal é absorvido por sua capacidade de formar macromoléculas orgânicas. Assim, capaz até de penetrar pela pele, quando na forma de chumbo tetra-alkila (MO-

REIRA; MOREIRA, 2004a; MOREIRA; MOREIRA, 2004b). Trabalhos como o de Shen e colaboradores (2001) mostram que a preocupação com a contaminação de crianças por chumbo é um fator que vem sendo tratado desde antes da década de 90.

Cobre

O cobre é um micronutriente essencial para a manutenção da vida. Por exemplo, ele é um componente importante no complexo IV da cadeia respiratória mitocondrial, responsável pela geração aeróbia de ATP e conversão de oxigênio em água. Porém em altas concentrações é responsável por doenças como Alzheimer e a doença de Wilson com o aparecimento de uma coloração azul nos olhos (Anel de Kaiser-Fleisher), Figura 7 (SILVA *et al.*, 2010).

Figura 7 - Anel de Kaiser Fleisher devido ao Mal de Wilson



Fonte: Silva *et al.* (2010)

Além disso, danos ocorrem no fígado e cérebro devido ao excesso desse metal (LABANCA *et al.*, 2006).

Mercúrio

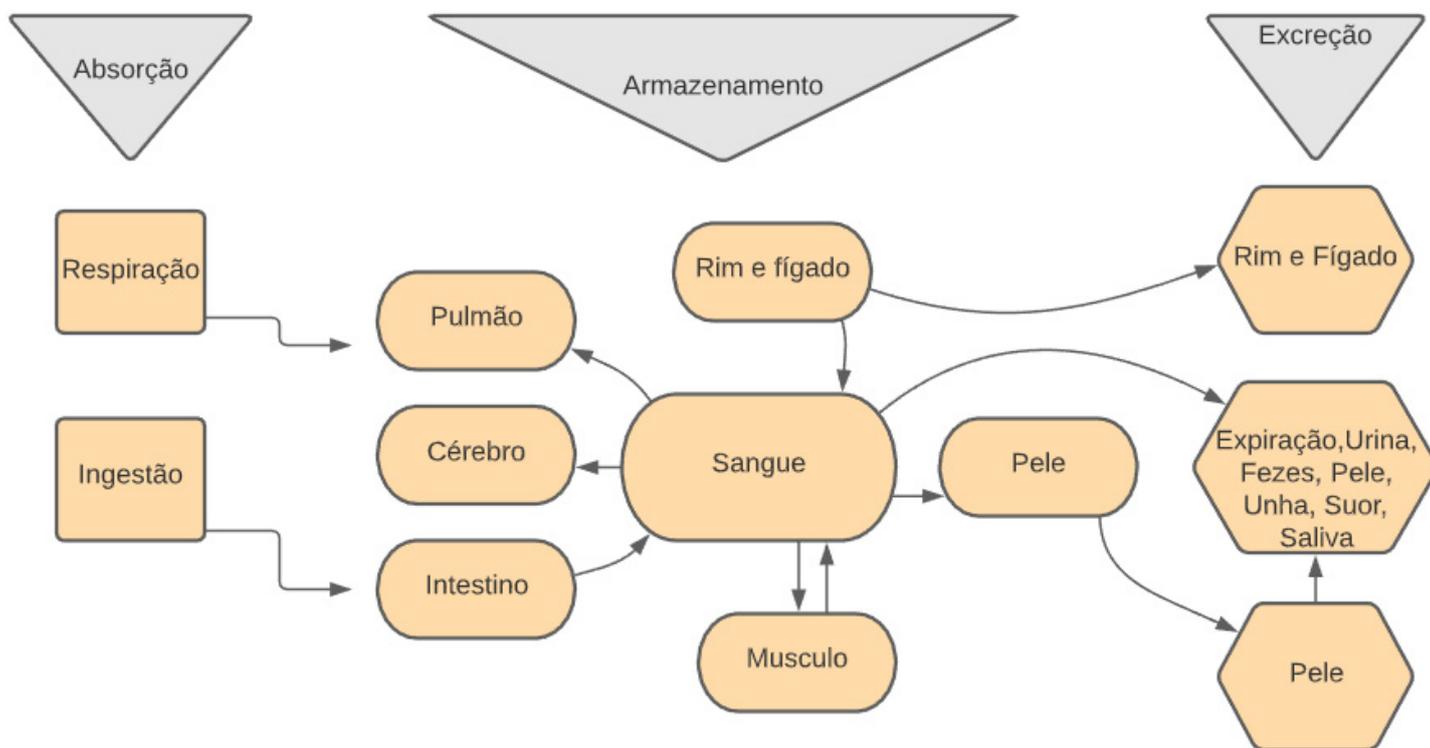
O mercúrio é um elemento tóxico, que assim como chumbo e cádmio, apresenta toxicidade mesmo em diminutas concentrações, motivo do qual foram criadas diversas legislações para limitar seu uso em algumas aplicações (SYVERSEN; KAUR, 2012).

A forma metálica do mercúrio é facilmente inalada e retida no corpo humano sendo facilmente penetrável em células do sangue. Seus

efeitos vão desde problemas respiratórios a danos no sistema nervoso central, além de que, exposições prolongadas podem estar associadas a doenças renais (SYVERSEN; KAUR, 2012). Diversos estudos apontaram que os despejos de íons Hg^{2+} que, posteriormente são convertidos em compostos metilados por ação bacteriana, geram compostos lipossolúveis que contaminam espécies predatórias, no qual a carne de peixes é a principal fonte de contaminação de humanos (HACON *et al.*, 2008; MEADOWS-OLIVER, 2012; SYVERSEN; KAUR, 2012).

Observa-se que o mercúrio tem uma dinâmica toxicológica diversa, resumidamente pode-se representar na Figura 8:

Figura 8 - Dinâmica do Hg no corpo humano



Fonte: Ramirez (2008)

Cádmio

Uma vez no organismo, o cádmio é encontrado no sangue e proteínas, como também, no fígado e rins. Seu tamanho semelhante a átomos importantes na manutenção da vida o faz interferir nos processos nos quais esses átomos atuam. O cádmio não apresenta qualquer funcionalidade no corpo humano, porém, devido a sua similaridade com o cálcio, raio iônico e car-

ga, foram relatados vários efeitos da troca no organismo do cálcio pelo cádmio (FERNANDES; MAINIER, 2014).

A temática dos metais pesados se mostra de grande relevância para o contexto escolar e para a sociedade atual, podendo aparecer dentro de uma discussão ampla a respeito do consumo de eletrônicos e seu descarte.

ROTEIROS DE ENSINO COM A TEMÁTICA DO LIXO URBANO E ATERROS SANITÁRIOS

Bioensaio

Inicialmente, apresentamos um roteiro de ensino (Quadro 2) voltado para a questão dos metais pesados no lixo urbano. Trata-se de uma sugestão de atividade ligada à temática do lixo urbano e seus impactos ao meio ambiente. Aqui, olhamos apenas para um dos tipos de contaminantes, que são os metais pesados, presentes no lixo.

O primeiro momento (*Discussão prévia*) onde o tema é introduzido para discussão com os alunos, sugerimos trabalhar com o texto “Lixo urbano e metais pesados, mas o quê que é isso?” que se encontra no apêndice A, como forma de motivar os alunos a aprender e gerar engajamento sobre o tema.

Dentro do roteiro de ensino apresentado, estão os momentos de organização e desenvolvimento. Apresentamos, também, uma sugestão de Problema Proposto, o Objetivo Experimental e as Diretrizes Metodológicas, podendo sempre ser adaptado para atender melhor ao perfil dos alunos e suas especificidades.

Dentro das Diretrizes Metodológicas, esperamos que o aluno seja capaz de propor a uma rota experimental para chegar a uma aproximação da problemática. Para isso, propomos a apresentação das vidrarias do laboratório da escola, e, suas funcionalidades de antemão. Caso não seja possível, por falta de infraestrutura ou qualquer outro motivo, sugerimos adaptações pertinentes. Dentro da pesquisa que originou este material didático, optamos por apresentar o artigo de Palácio e colaboradores (2013) intitulado: “*Toxicidade de metais em soluções aquosas: um bioensaio para sala de aula Química nova na escola*”; obviamente, com adaptações para que assim, conseguíssemos chegar a um procedimento experimental que pudesse oferecer respostas ao problema, que estamos demonstrando. Na Figura 9, apenas para demonstração, é apresentado o bioensaio produzido usando suportes (palitos de dente) e tomando o cuidado para que apenas o bulbo da cebola entrasse em contato com a água e a solução de cobre, 1000 mg.L^{-1} , para a visualização dos efeitos de uma concentração alta do íon no crescimento das raízes. Observa-se o crescimento das raízes apenas com a água da rede de abastecimento.

Figura 9 - Bioensaio de crescimento da raiz da cebola, na presença de cobre (a) e na ausência de cobre (b)



(a)



(b)

Fonte: Autor (2022)

Quadro 2 – Roteiro AEP - Bioensaio

Roteiro AEP	
Professor:	Conteúdo: Soluções, Preparo de soluções e diluição de soluções.
Carga horária: 5 aulas/ 50 min	Turma: 2ª série do ensino médio
Objetivos educacionais	
<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar conceitos dos conteúdos de Soluções, Preparo de soluções e diluição de soluções; - Entender os procedimentos científicos para responder questões levantadas pela curiosidade; - Analisar o efeito do contaminante cobre no crescimento das raízes. 	
Programa e atividades (em moldes da AEP)	
INTRODUÇÃO DO TEMA:	
<ul style="list-style-type: none"> - Leitura do texto “Lixo urbano e metais pesados, mas o quê é isso?” – Apêndice A 	
Questionário inicial para orientação da atividade prática	
<ul style="list-style-type: none"> • Substâncias ditas poluentes, são encontradas naturalmente no meio ambiente? • Como faria para determinar se um contaminante, metais pesados por exemplo, estão em quantidades inadequadas no meio ambiente? • Como poderíamos avaliar os efeitos dos metais pesados no meio ambiente? • Qual a melhor maneira de evitar que os metais pesados sejam descartados de maneira inadequada? 	
Problema proposto	
<p>No Brasil, aproximadamente 60% dos municípios (3355 municípios ao todo) tem seu lixo destinado a aterros controlados e lixões. Os contaminantes presentes no lixo podem contaminar o solo e os recursos hídricos da região ao entorno? A resposta é sim. Como poderíamos verificar os efeitos de alguns contaminantes nesses meios (água e solo)?</p>	

Objetivo Experimental

Preparar soluções de íons cobre em concentrações de 1 g.L⁻¹, 10 mg.L⁻¹ e 1 mg.L⁻¹, para usar no bioensaio. Realizar um bioensaio baseado no proposto por Palacio e colaboradores (2013), para avaliar os efeitos do Cu²⁺, um metal pesado, no crescimento da raiz de cebolas (*Allium cepa*).

Diretrizes metodológicas

Coletar terra obtida nas proximidades da escola e adicionar, separadamente, as solução de sulfato de cobre, e, posteriormente filtrar; ou

Passar cada solução de sulfato de cobre por um papel de filtro contendo terra obtida nas proximidades da escola;

Realizar o mesmo procedimento descrito anteriormente, mas no lugar da solução de cobre, usar água de torneira

Recolher a água da filtração do solo com a solução de cobre, e, da água do solo onde se passou somente água de torneira, e, realizar um bioensaio segundo Palacio e colaboradores (2013)

Após uma semana, avaliar o tamanho da raiz da cebola e comparar com um branco previamente preparado.

Avaliação dos Processos de Ensino - Aprendizagem

A avaliação se dará por meio do processo de maneira contínua e pela análise de Padlet que resultará do experimento e das discussões levantadas.

Materiais necessários

Quadro branco, caneta, apagador, projetor multimídia e materiais de uso corriqueiro em laboratório de Química, tais como vidrarias e reagentes.

Cabe destacar que os resultados obtidos com este procedimento experimental podem ser visualizados no item SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA.

Minibiodigestor

Seguimos para um segundo Roteiro de Ensino pautado nos moldes da AEP. Trata-se de um roteiro voltado para o comportamento dos resíduos dentro do aterro sanitário, que como já dito, trata-se de um grande reator químico.

Propomos a construção e o monitoramento de um mini digestor como indicado por Resen-

de (2004). Nesta AEP, como na anterior, propõe-se para o momento inicial a leitura de um texto presente em endereço eletrônico (<https://www.potencialbiotico.com/post/adecomposicao>) (Anexo A) tratando exatamente da decomposição da matéria orgânica para motivar os alunos e engajá-los a aprender. Ao final desse momento, temos as questões que serão orientadoras para a prática, que devem ficar como questionamentos a serem trabalhados nos momentos seguintes, constituintes do momento de Organização e desenvolvimento. O quadro 3 apresenta a proposta de aula.

Para a realização da construção do mini di-

gestor, recomenda-se alguns questionamentos a respeito da sua manufatura e fatores que poderiam influenciar as reações que irão ocorrer no decorrer do tempo de monitoramento. Como por exemplo, tentar que os alunos levantem hipóteses do que irão observar, que materiais tem mais chances de se decompor mais rapidamente, quais não serão observadas mudanças, o que poderia acontecer se os resíduos forem misturados previamente, se a existência de furos para entrada ar poderia influenciar nos processos

que irão ocorrer, entre outros fatores. Extremamente importante que os alunos sejam também estimulados a buscar maneiras de responder a estes questionamentos por meio de adaptações do experimento e posterior discussão dos resultados em momentos oportunos dentro da AEP.

É necessário que o professor fique atento, a evolução do mini digestor, pois pode apresentar odores fétidos, sendo necessário uma possível realocação.

Quadro 3 – Roteiro AEP – Minidigestor

Roteiro AEP 2	
Professor:	Conteúdo: reações químicas, ciclo biogeoquímicos, entre outros
Carga horária: 4 aulas/ 50 min	Turma: 2ª série do ensino médio
Objetivos educacionais	
<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar conceitos dos conteúdos de reações químicas, ciclo biogeoquímicos, entre outros; - Entender os procedimentos ditos científicos para responder questões levantadas pela curiosidade; - Analisar o processo de decomposição de alguns materiais constituintes do lixo urbano doméstico. 	
Programa e atividades (em moldes da AEP)	
<p>INTRODUÇÃO DO TEMA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Leitura do texto “O que preciso saber sobre a decomposição?” – Anexo A <p>Questionário inicial para orientação da atividade prática</p> <ul style="list-style-type: none"> • O que é um aterro sanitário? • O que acontece com o lixo quando presente dentro de um aterro sanitário? • Quais são as maneiras de se livrar do lixo urbano? • Como funciona um aterro sanitário? • Que transformações acontecem, com o passar do tempo, com os materiais descartados no lixo? • Que materiais, aparentemente, não sofrem transformações no lixo (cite exemplos)? 	

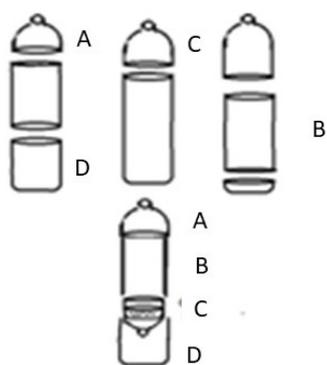
Problema proposto

No Brasil aproximadamente 60% dos municípios (3355 municípios ao todo) tem seu lixo destinado a aterros controlados e lixões. Aterros sanitários são a forma mais segura de se destinar o lixo urbano. Como poderíamos verificar o processo de decomposição dos diversos tipos de resíduos presentes num aterro sanitário? E ainda poder inferir a respeito do tempo de decomposição de alguns materiais comuns no lixo urbano doméstico?

Objetivo Experimental

Confeccionar um minidigestor baseado no proposto por Resende (2004) para avaliar o tempo, e, o processo em si de decomposição de alguns materiais constituintes do lixo urbano doméstico.

Diretrizes metodológicas



Como descrito por Resende (2004) confecciona-se o mini biodigestores segundo a figura a seguir: Materiais necessários são: Régua (para marcar o volume de resíduos e líquidos formados); Estilete, que será usado apenas pelo professor, água, tesoura sem ponta, fita adesiva, um tecido poroso, 3 garrafas pet e proveta.

Os resíduos podem ser restos de alimentos, madeira, terra, vidro metais etc. Marcar uma graduação de volume da parte D usando uma proveta e selar o minidigestor com fita adesiva. Ressaltando que na parte C deve-se adicionar o tecido poroso, para funcionar como uma membrana.

Adaptado de: Resende (2004)

Avaliação dos Processos de Ensino - Aprendizagem

A avaliação se dará por meio do processo de maneira contínua e pela análise de Padlet que resultará do experimento e das discussões levantadas.

Materiais necessários

Quadro branco, caneta, apagador, projetor multimídia e materiais de uso corriqueiro em laboratório de Química, tais como vidrarias e reagentes.

Cabe destacar que os resultados obtidos com este procedimento experimental podem ser visualizados no item SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA.

Finalizando, ambos os roteiros de ensino estão focados para os momentos de Discussão Introdutória e Organização e Desenvolvimento da AEP. É de extrema importância que o fim da

parte prática não seja o fim da AEP. A discussão dos resultados e a avaliação da eficácia procedimental têm papel fundamental no fazer da AEP, assim como a divulgação dos resultados para terceiros, configurando os momentos subsequentes das Atividades Experimentais Problematizadas.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA

Dentro do apêndice B, está descrita de maneira detalhada a proposta de uma sequência didática (SD) para trabalhar a EA, que visou atender o contexto do ensino híbrido por estações praticado no período de pandemia, vivido no período de 2020 a 2021. Ressaltamos que tal

proposta é moldável a qualquer realidade necessária para sua aplicação, pois, prioriza materiais alternativos e informações, vídeos e materiais de fácil acesso e de livre acesso. Os momentos da SD e seus objetivos de aprendizagem são destacados no Quadro 4.

Quadro 4 - Detalhamentos dos objetivos dos encontros

Encontro	Objetivo a ser desenvolvido / alcançado
Primeiro: Aplicação do formulário “Metais pesados no lixo urbano”. e “Consumo de eletrônicos e suas consequências” (ver apêndice C e apêndice D).	<ol style="list-style-type: none">1. Lembrar os significados dos termos usados dentro dos encontros;2. Citar os impactos e as questões ambientais associada ao consumo e descarte do lixo
Segundo e terceiro: Aplicação do formulário “Apresentação e planejamento” (ver apêndice E).	<ol style="list-style-type: none">1. Lembrar os significados dos termos usados durante a metodologia.3. Estruturar os conhecimentos apreendidos para a elaboração de técnicas e conceitos químicos para buscar uma solução para o problema proposto.4. Analisar os dados obtidos com a experimentação e discussões com os alunos de forma crítica.
Quarto ao nono: Realiza-se o experimento em laboratório / Estudo dirigido	<ol style="list-style-type: none">4. Analisar os dados obtidos com a experimentação e discussões com os pares de forma crítica.
Décimo: Aplicação do formulário “Retorno ao grupo de trabalho para organização das informações e Socialização entre os grupos de trabalho” (ver apêndice F e apêndice G).	<ol style="list-style-type: none">4. Analisar os dados obtidos com a experimentação e discussões com os colegas de forma crítica.5. Elencar seus próprios hábitos de consumo e relação com o meio ambiente.
Décimo-primeiro: Construção de material de divulgação	<ol style="list-style-type: none">4. Analisar os dados obtidos com a experimentação e discussões com os pares de forma crítica.5. Elencar seus próprios hábitos de consumo e relação com o meio ambiente.

Fonte: Autor (2022)

Cabe salientar, que por decorrência da pandemia da Covid-19, os encontros aqui indicados como parte da SD, podem, e devem, ser potencializados por encontros online síncronos, e, assíncronos, dentro de plataformas como o *Google Meet*, lançando mão de encontros presenciais apenas em momentos de efetiva utilização do laboratório, atendendo todas as medidas de segurança possíveis, tanto laboratoriais, quanto

contra o vírus da COVID-19 dentro do ambiente escolar. Daí, o ensino híbrido vem como uma solução para tal demanda. Entretanto, caso haja possibilidade, toda a SD também poder executada presencialmente.

O Quadro 5 apresenta as informações sobre o preparo da solução de íons cobre descrito nos roteiros.

Quadro 5 - Preparo solução de íons cobre

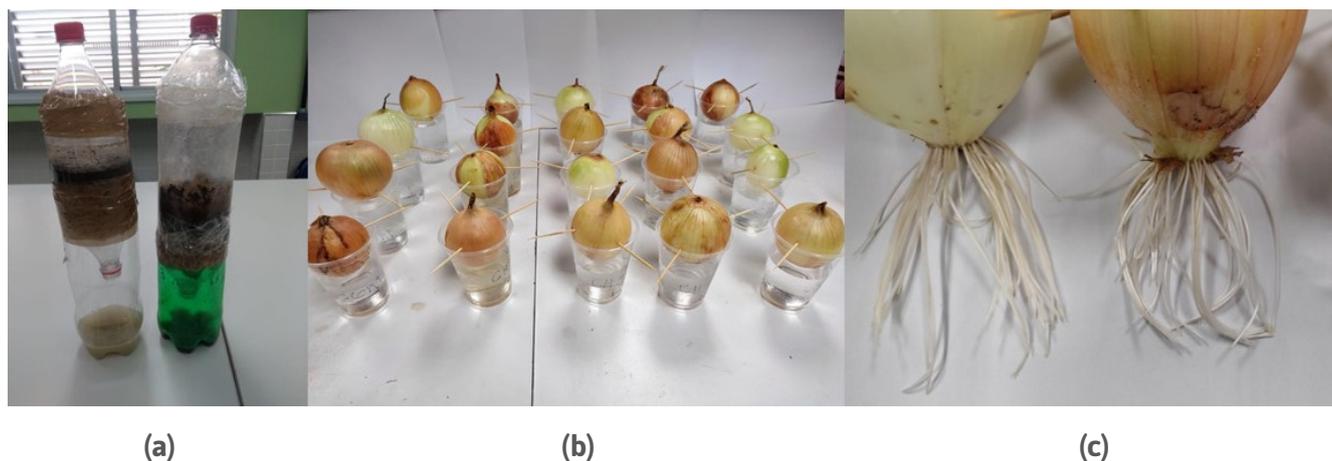
MATERIAIS	PROCEDIMENTOS
<ul style="list-style-type: none"> - Sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) obtido em lojas de produtos para tratamento de piscinas; - Cinco litros da água da rede de abastecimento - 1 recipiente de medida com volume de 1 L; balança com uma casa decimal; colheres plásticas (café) descartáveis; seringa de 10 mL sem agulha 	<ul style="list-style-type: none"> - Preparo de solução $1000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; - Pesas 4,0 g de sulfato de cobre; - Dissolver num recipiente com água da rede de abastecimento e completar até atingir a marca de 1 L. - Diluir quantidades adequadas da solução preparada anteriormente para obter outras duas na concentração de 1 e $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Fonte: Palácio et al. (2013) adaptado

Uma combinação dos dois roteiros da AEP 1 e AEP 2 é descrito dentro da SD no apêndice B. Resumidamente, confeccionou-se dois Mini biodigestores (AEP 2) adicionando 200 g de matéria orgânica, 200 g de sedimentos diversos e, somente para um deles, 150 mL de solução íons cobre $1000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Com o líquido escuro (chorume) resultante, obtido após 15 dias em repouso, produziu-se para cada um dos biodigestores, duas diluições, 0,1 e 1% (v/v). Posteriormente foi realizado bioensaio (AEP 1), em quadruplicata (Figura 10b). Assim, criou-se os bioensaios inti-

tulados: controle, com apenas água da rede de abastecimento; Chorume a 0,1% (v/v) e Chorume a 1,0% (v/v), feitos a partir do chorume advindo do mini biodigestor sem a solução de íons cobre; e, Chorume + Cu^{2+} a 0,1% (v/v) e Chorume + Cu^{2+} a 1,0% (v/v) originado do mini biodigestor que continha 150 mL de solução íons cobre $1000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ preparada segundo o Quadro 5. A Figura 10 ainda apresenta os biodigestores produzidos (a), e, as raízes da cebola de um dos experimentos realizados (c).

Figura 10 - Mini biodigestores (a), bioensaio com diluições do chorume coletado do mini biodestor (b) e medidas dos comprimentos das raízes (c).



Fonte: Autor (2022)

Para verificar os efeitos do chorume/cobre no crescimento das raízes de cebola, cada raiz foi medida com um paquímetro e os dados são mostrados na Tabela 1. Os resultados obtidos, em relação ao comprimento das raízes, podem

ser reproduzidos e apresentados aos alunos, gerando discussões interessantes e impulsionando sua curiosidade para outros questionamentos (Tabela 1).

Tabela 1 - Medidas dos comprimentos das raízes de cebola expostas ao chorume não contaminado e ao chorume contaminado com Cu^{2+} .

Experimento	Controle	Chorume a 1,0 % (v/v) (Branco)	Chorume a 0,1% (v/v) (Branco)	Chorume + Cu^{2+} a 1,0 % (v/v)	Chorume + Cu^{2+} a 0,1 % (v/v)
Média	7.3	6.5	8.4	7.7	8.8
Desvio Padrão	0.11	0.15	1.3	0.45	0.11

Fonte. Autor (2022)

Os dados obtidos ilustram os efeitos do chorume (não contaminado e contaminado com Cu^{2+}) sobre o comprimento das raízes de cebola. Primeiramente, na concentração de chorume + Cu^{2+} a 0,1% (v/v), há indícios de que o cobre iônico em conjunto com o chorume potencializou o crescimento das raízes. O chorume a 0,1 (v/v), teria o mesmo efeito, mas não na mesma exten-

são. Cabe destacar que o cobre é um importante nutriente para as plantas, porém, tem efeitos negativos se em doses mais altas, danificando proteínas, ácidos nucleicos, lipídios e outras moléculas, com base em sua capacidade de catalisar a produção de oxigênio reativo (RO's) (Fiske-sjö, 1988; Yildiz *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2018).

Na Figura 9, para efeito de ilustração apenas qualitativa é apresentado o efeito da redução da taxa mitótica de células meristemáticas de cebolas em contato com solução de 10 mg.L⁻¹ de

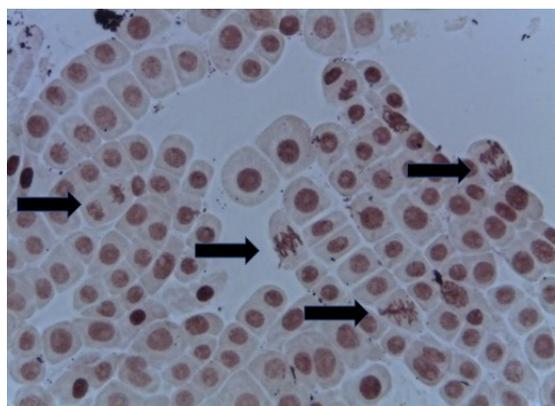
íons Cu²⁺ (b), e de cebolas apenas em contato com água da rede de abastecimento (a). Realizado seguindo o descrito no quadro 6.

Quadro 6 - Preparo células meristemáticas da cebola para observação no microscópio

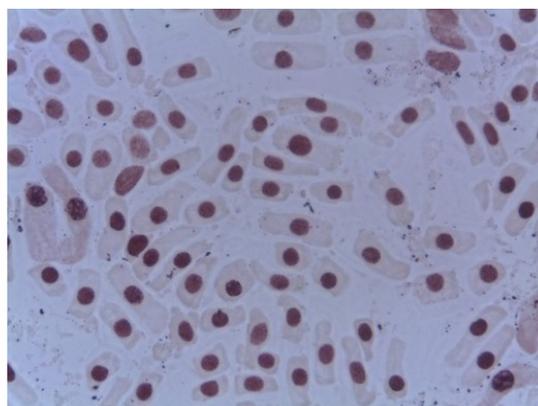
MATERIAIS	PROCEDIMENTOS
<ul style="list-style-type: none"> - Lamparina; - Orceínalático/acética 45% - Pipeta de Pasteur - Placa de petri - Lamínula - Estilete - Cinco litros da água da rede de abastecimento 	<ul style="list-style-type: none"> - Retirar uma raiz da cebola e mergulhá-la em Orceínalático/acética 45% dentro de uma placa de petri; - Aquecer levemente a placa de petri; - Transferir a raiz para uma lamínula e cortar a extremidade da raiz onde se encontra o meristema apical da raiz; - Cobrir o material com a lamínula e amassar; - Levar ao microscópio.

Fonte: Adaptado de Wang *et al.* (2014); Qin *et al.* (2015); Coelho (2017); Franscescon *et al.* (2018)

Figura 11 - Visualização de células meristemáticas de cebola em contato com água não contaminada com Cu²⁺ (a) e em contato com chorume contaminado com íons Cu²⁺ 10 mg.L⁻¹ coletado do mini biodigestor (b).



(a)



(b)

Fonte: Autor (2022).

Com os resultados observados na figura 9, observou-se com facilidade células em processo de divisão celular (a), já, em (b), foram raras as células que claramente se mostraram no mesmo processo. Tais efeitos são observados in-

clusive em trabalhos em outras plantas. Jiang *et al.* (2001) e Can *et al.* (2016) relatam, além da redução da taxa mitótica, efeitos como: formação de micronúcleos, quebra de cromossomos e formação de pontes cromossômicas em *Zea*

mays e *Cedrus libani*, espécies de conífera e milho, respectivamente.

Extremamente importante que os alunos sejam estimulados a buscar maneiras de responder a questionamentos por meio de adaptações do experimento e posterior discussão dos resultados em momentos oportunos dentro da AEP. Sendo os momentos de Retorno ao Grupo de Trabalho e Socialização indicados. A constatação do efeito de contaminantes nas cebolas, em nível macroscópico e microscópico, usando materiais de baixo custo sustentam em sala de aula

a curiosidade do aluno, sendo de grande relevância para a reflexão na tomada de decisões a respeito das questões ambientais.

Todos os momentos propostos são apresentados no próximo capítulo na forma de formulários do *google forms*, o material está sendo disponibilizado para facilitar o uso por parte dos colegas de maneira compartilhada e simplificada. ***Espera-se que os colegas que busquem utilizar do material, façam uma cópia e trabalhem de forma separada para que outros possam usá-lo partindo do material apresentado.***

VÍDEOS E MATERIAIS COMPLEMENTARES PARA A IMPLANTAÇÃO DA AEP

▪ Vídeos

VÍDEO AULAS SOBRE O TEMA DE SOLUÇÕES VOLTADOS ÀS AEP DESCRITAS:



Conceito de soluções
<https://youtu.be/80ousTgORaI>



Diluição de soluções
<https://youtu.be/QKyOnMs1tiU>

Preparo de soluções
https://youtu.be/_lVWzP-41f4

VÍDEOS PARA CONTEXTUALIZAÇÃO



História dos Eletrônicos
<https://www.youtube.com/watch?v=BZzxU46DBd8&t=29s>

O vídeo fala sobre o ciclo de vida dos eletrônicos e a dinâmica até o descarte dos mesmos de forma irregular.



Lixo eletrônico
<https://www.youtube.com/watch?v=m6qwmZp4Q3U&t=96s>

Este vídeo fala sobre a questão da exportação de lixo eletrônico para países da África, alimentando um comércio clandestino que tem impactos socioambientais destacados no material.

▪ Material para leitura e proposta de atividade para discussão prévia



Atividade para impressão

<https://docs.google.com/document/d/1IZfT5VmMF52ksl0eNqHrOO3vzgKm1473OydzcYC8l78/edit?usp=sharing>

Atividade com perguntas associada aos conceitos abordados dentro da Sequência didática.



Artigo revisão a respeito do lixo eletrônico

<https://ccsenet.org/journal/index.php/gjhs/article/view/0/46789>

▪ Formulários para abordagens remotas

DISCUSSÃO PRÉVIA



Metais pesado no lixo urbano (Apêndice C)

<https://docs.google.com/forms/d/1dwPuAp0go-SmvNHuW4uoQ6LlxuFE2JWrYozeFwlqwY/edit?usp=sharing>



Consumo de eletrônicos e suas consequências (Apêndice D)

<https://docs.google.com/forms/d/1Phsa2fd2qM4Dv7mQP84CJEEe2binsTSQIue64-S1uk/edit?usp=sharing>



ORGANIZAÇÃO E PLANEJAMENTO (Apêndice E)

https://docs.google.com/forms/d/1VN_JbhbYrrj_vKobPvBRNCRjl47XE7g4ryirRunhxLM/edit?usp=sharing



RETORNO AO GRUPO DE TRABALHO/SOCIALIZAÇÃO (Apêndice F)
<https://docs.google.com/forms/d/1JksajAiwf4v8SyqfqDycFJKarCNtzL03Nt2lGB8OnbA/edit?usp=sharing>



CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO OU CONSOLIDAÇÃO DE
INFORMAÇÕES (Apêndice G)
<https://docs.google.com/forms/d/13Zdr9sK77pQ1nuoyVuQbPa4wpK4M2Ewem4uKAk4W1B8/edit?usp=sharing>

REFERÊNCIAS

- ABDELBASIR, S. M. et al. Status of electronic waste recycling techniques: a review **Environmental Science and Pollution Research**, v.25 p. 16533–16547, 2018 DOI: 10.1007/s11356-018-2136-6
- ALSHEYAB, M. A. T. Potential recovery of precious metals from waste laptops in Jordan **Rare Met.**, v. 34, n. 7, p.517–521, 2015.
- BAIOMY, A. A.; MANSOUR, A. A. Genetic and Histopathological Responses to Cadmium Toxicity in Rabbit's Kidney and Liver: Protection by Ginger (*Zingiber officinale*). **Biological trace element research**. v. 170, n. 2, p. 320–329, 2016.
- BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>, acesso em out. 2021
- CAN, A. A.; ISIK, G.; YUCEL, E. The effects os cooper (CuCl₂) on mitotic cell division of Leban Cedar (*Cedrus libani*) **Fresenius Environmental Bulletin**. v. 25, n. 10, p. 4324-4326, 2016.
- CELERE, M. S. *et al.* Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. **Cadernos de Saúde Pública**, v.23, n.4, p.939-947, 2007.
- CORT, E. P. D. *et. al* Níveis de Metais Pesados Presentes no Chorume Produzido em Aterros Sanitários da Região Sudoeste do Paraná. **Geoambiente On-line**, n. 11, p. 1-14, 2013.
- DE SÁ, L. D. *et al.* Tratamento do lixiviado de aterro sanitário usando destilador solar **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 7, n. 1, 2012.
- DURUIBE, J. O.; OGWUEGBU, M. O. C.; EGWURUGWU, J. N. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. **International Journal of Physical Sciences**. v. 2, n. 5, p. 112-118, 2007.
- ESTEVIÃO, A. S. **História em quadrinhos no ensino de Química como estratégia didática para abordagem do tema “lixo eletrônico”** Tese (doutorado) - Instituto Oswaldo Cruz, Pós graduação em ensino de Biociências e Saúde, f. 164-179, 2017.
- FAIZI, M.; SALIMI, A.; SEYDI, E. NASERZADEH, P.; KOUHNAVARD, M.; RAHIMI, A.; POURAHMAD, J. Toxicity of cuprizone a Cu(2+) chelating agent on isolated mouse brain mitochondria: a justification for demyelination and subsequent behavioral dysfunction. **Toxicol Mech Methods**. v. 26, n. 4, p. 276-83, 2016.
- FADINI, P. S.; FADINI, A. A. B. Lixo: Desafios e Compromissos **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola** Edição especial, 2001.
- FERNANDES, L.; H.; MAINIER, F. B. Os Riscos da Exposição Ocupacional ao Cádmiio. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**. v. 9, n. 2, p. 194-199, 2014.
- FISKESJÖ, G.; The Allium test an alternative in environmental studies. The relative toxicity of metal ions. **Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis**. 197, 243–260, 1988.

FORTI, V. et al. The Global E-waste Monitor Quantities, flows and the circular economy potential. **United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR)** – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) and International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/ Rotterdam, 2020.

GANDRA, A. **Quase metade dos municípios ainda despeja resíduos em lixões**, 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-08/quase-metade-dos-municipios-ainda-despeja-residuos-em-lixoes>, Acesso em: mai. 2022.

GONZALEZ, I. M. Análise de um percurso de ensino sobre o lixo urbano na perspectiva CTSA. VIII **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação de Ciências** p. 1–12, 2011.

HACON, S.; BAROCAS, P. R. C.; VASCONCELLOS, A. C. S.; BARCELLOS, C.; WASSERMAN, J. C.; CAMPOS, R. C.; RIBEIRO, C; CARLONI, F. B. A. Uma revisão das pesquisas sobre contaminação por mercúrio na Amazônia com ênfase no território brasileiro. **Cadernos de Saúde Pública**. v. 24, n. 7, p. 1479-1492, 2008.

JIANG, W.; LIU, D.; LIU, X. Effects of Copper on Root Growth, Cell Division, and Nucleolus of Zea Mays. **Biologia Plantarum**. v.44, p. 105–109, 2001.

LABANCA, R. A.; GLORIA, M. A.; GOUVEIA, V. J. P.; AFONSO, R. J. de C. F. Determinação dos teores de cobre e grau alcoólico em aguardentes de cana produzidas no estado de Minas Gerais. **Quím. Nova**. v.29, n.5, p.1110-1113, 2006.

LEFF, E. **Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza** - 2ª ed. - Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2014.

LIMA, V. F.; MERÇON, F. Metais pesados no ensino de Química. **Química Nova na Escola**. v. 33, n. 4, p. 100-205, 2011.

LOUREIRO, C. F. B. Premissas teóricas para uma educação ambiental transformadora **Ambiente e Educação**, n.8, p. 37-54, 2003.

MEADOWS-OLIVER M. Environmental toxicants: lead and Mercury. **J Pediatr Health Care**. v.26, n.3, p.213-215, 2012

MONTEIRO, V. E. D. **Análise da Aplicação de Geossintéticos no Aterro Sanitário de Seropédica/RJ** 2003. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia Civil, Recife, 2003

MOREIRA, F. R.; MOREIRA, J. C. A cinética do chumbo no organismo humano e sua importância para a saúde. **Ciênc. saúde coletiva**. v. 9, n. 1, p. 167-181, 2004.

MOREIRA, F.R.; MOREIRA J.C. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Rev Panam Salud Publica**. v.15, n.2, p. 119–129, 2004.

MOREIRA, J. R. *et al.* Potencialidade de um plano de ensino pautado na atividade experimental problematizada (AEP) à Alfabetização Científica em Química. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 14. n. 2, 2019.

MOSELEY, C.; UTLEY, J.; ANGLE, J.; MWAVIDA, M.; Development of the environmental education teaching efficacy belief instrument. **School Science and Mathematics**. v. 116, n. 7, p. 389–398, 2016.

NI, W.; HUANG, Y.; WANG, X.; ZHANG, J.; WU, K. Associations of neonatal lead, cadmium, chromium and nickel co-exposure with DNA oxidative damage in an electronic waste recycling town. **Science of the Total Environment**. v.472, p. 354–362, 2014.

- NILSSON, P.; When Teaching Makes a Difference: Developing science teachers' pedagogical content knowledge through learning study **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 11, p. 1794-1814, 2014.
- NZENGUE, Y. *et al.* The toxicity redox mechanisms of cadmium alone or together with copper and zinc homeostasis alteration: its redox biomarkers. **J. Trace Elem. Med. Biol.**, v. 25, p. 171-180, 2011. DOI: 10.1016/j.jtemb.2011.06.002.
- OLIVEIRA, A. L. S. **Uma Proposta de Sequência Didática Sobre Metais: Características, Usos, Produção e Impactos Ambientais para a Primeira Série do Ensino Médio**. 2015. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Alagoas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Maceió, 2015.
- PALÁCIO, S. M. *et al.* Toxicidade de metais em soluções aquosas: um bioensaio para sala de aula **Química nova na escola**, v. 35, n 2, p. 79-83, 2013.
- RAMIREZ, A. V. Intoxicação ocupacional por mercúrio. **Anales de la Facultad de Medicina (PERU)**. v. 69, n. 1, p. 46-51, 2008.
- RESENDE, M. R. F. **O Professor como investigador**: uma experiência de investigação com materiais geossintéticos em estruturas ambientais e desenvolvimento de um projecto no 3º ciclo do ensino básico sobre a problemática dos resíduos sólidos urbanos 2004. 196 f. Dissertação (Mestre em Química para o Ensino) - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, 2004.
- RIBEIRO, J. N.; BARBOSA, A. F. M.; RIBEIRO, A. V. F. N.; DE GODOI PEREIRA, M.; DE OLIVEIRA, J. P.; ZORDAN, A. B.; DA SILVA, A. R. E-Waste and Its Consequence for Environment and Public Health: Perspectives in Covid-19 Pandemic Times. **Global Journal of Health Science**. v. 14, n. 3; 2022.
- ROSSINI, V.; NASPOLINI, S. H. D. F. Obsolescência Programada e Meio Ambiente: a Geração de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos **Revista de Direito e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 51-71, 2017.
- SAHEB, D.; RODRIGUES, D. G. A Educação Ambiental na educação infantil: limites e possibilidades. **Cadernos de pesquisa**, v. 23, n. 1, p. 81-94, 2016.
- SANTOS, W. L. P.; MACHADO, P. F. L.; MATSUNAGA, R. T.; SILVA, E. L.; VASCONCELLOS, E. S.; SANTANA, V. R. Práticas de Educação Ambiental em Aulas De Química em uma Visão Socioambiental: Perspectivas e Desafios **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 7, p. 260-270, , 2010.
- SHEN, X.-M.; WU, S. H.; YAN, C. H. Impacts of low-level lead exposure on development of children: recent studies in China. **Clinica Chimica Acta**. v. 313, n. 1-2, p. 217-220, 2001.
- SILVA, A. L. S. da; MOURA, P. R. G. de **Atividade experimental problematizada** São Paulo: Editora Livraria da Física, p.161, 2018.
- SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G.; NOGARA, P. A. Um modelo de sistematização para a experimentação em Ensino de Ciências: Atividade Experimental Problematizada (PEA). **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 7, p. 1-19, 2020.
- SMITH, K. S.; BALISTRIERI, L. S.; TODD, A. S. Using biotic ligand models to predict metal toxicity in mineralized systems. **Applied Geochemistry**. v. 57, p. 55-72, 2015.
- SOUZA, K. dos S. de **Lixo urbano como temática na promoção da cidadania e Ensino-aprendizagem de Química a partir do enfoque CTS** 2017 167 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2017.

SYRVERSEN, T.; KAUR, P. The toxicology of mercury and its compounds. **J Trace Elem Med Biol.** n. 26, v. 4, p. 215-226, 2012.

YILDIZ, M.; CIGERCI, I.H.; KONUK, M.; FIDAN, F.; TERZI, H.; Determination of genotoxic effects of copper sulphate and cobalt chloride in *Allium cepa* root cells by chromosome aberration and comet assays. **Chemosphere.** v. 75, p. 934–938, 2009.

ZHANG, H.; SONG, Y.; WANG, F.; Li, Y.; WANG, H.; YANG, L.; Identification of Cu-binding proteins in embryos of germinating rice in response to Cu toxicity. **Acta Physiologiae Plantarum.** v. 40, n. 8, p. 158, 2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A: TEXTO DISCUSSÃO PRÉVIA

Lixo urbano e metais pesados, “mas o quê que é isso?”

Por definição, resíduo é tudo aquilo não aproveitado nas atividades humanas, proveniente das indústrias, comércios e residências. Como resíduos encontramos o lixo, produzido de diversas formas, e todo aquele material que não pode ser jogado ao lixo, por ser altamente tóxico ou prejudicial ao meio ambiente. Resíduos sólidos e líquidos podem ser de dois tipos, de acordo com sua composição química: resíduos orgânicos, provenientes de matéria viva (por exemplo, restos de alimento, restos de plantas ornamentais, fezes, etc) e resíduos inorgânicos, de origem não viva e derivados especialmente de materiais como o plástico, o vidro, metais, etc.

Já parou pra pensar na composição do seu lixo? Onde você descarta os aparelhos eletro e eletrônicos?

Ao olhar para uma tabela periódica como esta, dos 83 elementos não radioativos, pelo menos 70 deles como, Neodímio, Ítrio, Disprósio, podem ser encontrados em diferentes modelos de smartphones.



Muitos deles são considerados metais pesados e estes se caracterizam por seus efeitos maléficos à saúde. Como o Chumbo, Mercúrio, Cádmio, Arsênio entre outros. A esse elementos estão associados a diversas doenças, causadas por ações diretas e indiretas. de forma indireta, os metais provocam a formação de oxigênio reativo que promovem a oxidação de enzimas, membrana celular e de forma direta, interagindo nos sítios substituindo ou causando bloqueio da passagem de substancias necessárias a célula.

Fonte: <https://www.slideshare.net/Quimica2016/a-quimica-dentro-do-smartphone-16>. Acessada em 07/10/2020.

Os EUA, por exemplo, despeja anualmente 300 milhões de computadores e celulares nos lixões, sendo apenas 14% reaproveitados. O Brasil é um dos países que mais produz lixo eletrônico no mundo, mas encontra-se entre os três países da América Latina que fazem o descarte de forma mais consciente, ficando na classificação junto com México e Costa Rica.



O lixo eletrônico apresenta alguns metais valiosos. Como ouro, prata e platina. Porém representam apenas 1% da massa total. Ainda assim, a quantidade de ouro presente na placa mãe é maior que a quantidade de ouro encontrada nas jazidas por tonelada de minério explorado. No geral, estudos mostram que os rejeitos de eletrônicos são ótimas fontes de reciclagem de metais preciosos. Com quase 97% de potencial de reciclagem (XU et. al, 2012)

Guiyu, na China, é uma espécie de capital mundial da reciclagem de celulares

Fonte: <https://www.bbc.com/portuguese/vert-fut-38092622>. Acessada em 07/10/2020

Os metais presentes em aparelhos eletrônicos não estão por acaso, eles desempenham funções importantes para o funcionamento do aparelho. Porém uma vez jogados no meio ambiente são fontes de poluição e contaminação por metais que apresentam toxicidade comprovada. No Brasil e no mundo, existe um mercado informal do lixo, principalmente a respeito dos metais neles presentes. Usando de técnicas ineficientes e rudimentares, os recicladores muitas vezes promovem uma maior disponibilidade desses metais no meio e se expondo a eles. Dentre os metais podemos citar alguns potencialmente perigosos a saúde que fazem parte do lixo.

Componentes eletrônicos	Componente perigoso	Riscos à saúde
Monitores de computador e televisores	Chumbo	Danos aos sistemas nervoso, circulatório e renal, e dificuldade de aprendizagem em crianças.
Placas de circuitos de impressoras, transmissores e interruptores, baterias de produtos eletrônicos	Mercúrio	Danos permanentes ou fatais ao cérebro e rins.
Interruptores, transmissores e placas de circuito	Arsênio	Danos pequenos à pele, pulmão e câncer linfático; conhecido agente cancerígeno para os seres humanos.
Baterias de equipamentos eletrônicos e cabos, placas de circuito	Cádmio	Danos ao rim, pulmão e câncer de próstata.

Fonte: Gerbase e Oliveira (2012)

Mas qual o destino final do lixo que produzimos?

Na maioria das vezes, o destino do lixo são os lixões: grandes terrenos afastados dos centros urbanos, onde o lixo é depositado a céu aberto, sem uma pré-seleção de materiais recicláveis e orgânicos. Esse tipo de depósito é com certeza o mais prejudicial à natureza, pois todo o terreno e uma

grande área à sua volta ficam poluídos; a lixiviação é constante e os lençóis subterrâneos podem ser contaminados pelo chorume; trabalhadores socialmente excluídos recolhem materiais recicláveis nos lixões, gerando um problema de saúde pública com as doenças relacionadas ao lixo; o ar é contaminado, pois a combustão espontânea sempre acontece e partes dos depósitos podem ser queimadas, além de haver resíduos gasosos produzidos pela decomposição do lixo.

Dentro do mercado de sucatas de Agbogbloshie em Gana. Diversos eletrônicos são disponibilizados a céu aberto, onde são desmantelados manualmente. Uma prática comum para reaver os metais presentes em fio encapados é a queima do plástico que os envolve, libera diversas substâncias tóxicas no ar. Por exemplo os furanos e dioxinas e hidrocarbonetos policíclicos. Além de metais pesados como chumbo, cromo, cádmio e cobre. (ATIEMO *et al.*, 2012)



Para saber mais

Gana. Agbogbloshie, o lixão eletrônico presente em Accra.
Disponível em:
<http://www.ihu.unisinos.br/78-noticias/590316-agbogbloshie-o-lixao-eletronico-presente-em-gana>

Fonte: <https://images.app.goo.gl/BobGDS1643gKPgwE6>

Para refletir:

Tendo o texto acima como referência e seus conhecimentos, discuta as seguintes perguntas.

“Sabendo que nosso consumo nos proporciona bem-estar e conforto, mas causam tantos problemas dentro e fora do nosso país. Qual seria uma saída viável para contornar essa questão?”

“Você considera que no seu bairro ou alguém do seu dia a dia se preocupa com o consumo de bens materiais?”

APÊNDICE B: SEQUÊNCIA DIDÁTICA

METAIS PESADOS NO LIXO URBANO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NOS MOLDES DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA (AEP)

Com o crescimento populacional nas cidades e aumento do consumo, está ocorrendo uma produção exacerbada de resíduos sólidos em todo mundo. Enquanto as mudanças naturais do meio ambiente demoram longos períodos de tempo, as mudanças que o homem é capaz de promover em seu meio são extremamente rápidas, com consequências irreversíveis. Mesmo com avanços tecnológicos, o processamento do lixo não é eficiente. Mais especificamente, metais pesados presentes no lixo urbano são de grande relevância ambiental, bem como sua destinação final, estando presente em diversos aparelhos do cotidiano. Temos na Educação Ambiental a justificativa para o trabalho com temas ambientais, por se tratar de uma perspectiva que visa contribuir para o exercício da cidadania, estimulando ações transformadoras, partindo de uma mudança de comportamento e construção de novos padrões éticos. Dessa maneira, apresentamos a sequência didática a seguir, voltada para alunos da 2ª série do ensino médio, pautada nas Atividade Experimental Problematizada - AEP como uma proposta teórico-metodológica (Silva; Moura, 2018). Tendo como tema contextualizador o conteúdo de soluções: O lixo urbano, e mais especificamente, os metais pesados nele presente e seus impactos ao meio.

A AEP possui dois eixos segundo Silva e Moura (2018): um teórico e um metodológico. Trabalha com o intuito de promover meios para que o aluno esteja propenso a aprender. O eixo teórico apresenta 3 aspectos: o Problema, os Objetivos Experimentais, e as Diretrizes Metodológicas.

Desta forma, parte-se da proposição de um Problema de natureza teórica, potencialmente contextualizado. Esse problema requer um *Objetivo experimental*, do qual derivarão proposições orientadoras às ações experimentais, denominadas de *Diretrizes metodológicas* (SILVA; MOURA, 2018 p. 103)

O eixo metodológico trata-se de um plano de ensino fruto de uma interpretação aberta dos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti, (1992) e da Pedagogia Histórico-Crítica de Saviani (2011), estruturada por Gasparin (2005) (SILVA; MOURA, 2018)

Consistindo de momentos pautados na apreciação dos conhecimentos prévios dos alunos, engajamento para o saber mais, e por meio de sua própria iniciativa, aprender, por meio de suas próprias “descobertas”.

Os momentos são 5: **Discussão prévia(I); Organização / desenvolvimento de atividade experimental(II); Retorno ao grupo de trabalho(III); Socialização(IV); Sistematização(V).** (SILVA; MOURA, 2018)

Os encontros serão realizados de forma online dentro da plataforma google sala de aula (Figura 1) e, apenas quando necessário, de modo presencial. Configurando um ensino híbrido (remoto e presencial). A parte presencial dos encontros se dará com a realização de experimentos previamente

elaborados com a ajuda do professor e sugestões dos próprios alunos, como será mencionado mais adiante.

Figura 1: Plataforma disponível pelo google, google sala de aula



Classroom

Os encontros têm como objetivo levantar a discussão a respeito dos componentes do lixo urbano, mais especificamente, dos metais presentes no lixo classificado como lixo eletrônico, e seus impactos no meio ambiente. Promovendo uma reflexão a respeito do consumo exacerbado de eletrônicos na sociedade atual, por meio de questionamentos e provocações, espera-se que os estudantes se sintam compelidos a levantar hipóteses a respeito da presença de metais pesados e testá-las. Para isso, dentro da proposta, sugerimos a elaboração de bioensaio segundo Palácio e colaboradores (2013) em conjunto com a confecção de Minibiodigestor, segundo Resende (2004) para se avaliar a lixiviação de metais em um simulacro de aterro. Por fim, com o compartilhamento de experiências, ideias entre seus pares, desenvolver material para divulgação à comunidade escolar. A seguir, (tabela 1) um resumo dos encontros propostos, seus objetivos e a modalidade sugerida.

Tabela 1: Descrição dos momentos das SD, suas modalidades e objetivos.

Encontro	Modalidade	Objetivo
Primeiro: Realização de formulário “Metais pesados no lixo urbano”.	Remoto	Discussão Prévia: Introduzir a problemática “Metais pesados no lixo urbano”
Segundo: Realização de formulário “Consumo de eletrônicos e suas consequências”.	Remoto	Discussão prévia: Apreensão dos conhecimentos prévios e discussão sobre a problemática “Metais pesados no lixo urbano”
Terceiro e quarto: Realização do formulário “Apresentação e planejamento”	Remoto	Organização e Desenvolvimento: Introdução de conceitos de soluções, apresentação de problema norteador e sugestão de experimentação para a solução do problema apresentado.

<p>Quinto e sexto: Realiza-se o experimento em laboratório / Estudo dirigido</p>	<p>Remoto / Presencial</p>	<p>Organização e Desenvolvimento: Realização de experimentos, mediação do professor sobre as Diretrizes metodológicas e aprofundamento de conceitos do conteúdo de soluções.</p>
<p>Sétimo: Realização do formulário “Retorno ao grupo de trabalho para organização das informações e Socialização entre os grupos de trabalho”</p>	<p>Remoto</p>	<p>Retorno ao Grupo de Trabalho / Socialização: Organização dos dados em grupo e preenchimento de padlet para compartilhamento de experiências intergrupos.</p>
<p>Oitavo: Construção de material de divulgação</p>	<p>Remoto</p>	<p>Sistematização: Preenchimento de padlet com o intuito de formular um “artigo” para divulgação em rede social adequada.</p>

ENCONTROS

1ª AULA (DISCUSSÃO PRÉVIA):

Dentro da plataforma google sala de aula será disponibilizado instruções e link para a realização do primeiro encontro de maneira não presencial. Trata-se de um formulário do *google forms* para a *Discussão prévia*. No qual, os alunos serão apresentados ao tema “Metais pesados no Lixo Urbano” com questionamentos e provocações relacionando com questões cotidianas.

Link do google forms: <https://docs.google.com/forms/d/1lgbyLZ6jIW0ZJzTc-DR5XUOUDEAvziSs8QsTRiaONe4/edit?usp=sharing>

Tem-se ainda, material complementar no corpo do arquivo para que o aluno, que se sentir motivado, busque mais fontes de informações.

2ª AULA (DISCUSSÃO PRÉVIA):

Mais uma vez, por meio da plataforma google sala de aula, será disponibilizado link para a realização de mais um formulário, também pertencente ao momento de *Discussão prévia*. Trata-se de um encaminhamento para a exibição de dois vídeos, que juntos, totalizando 19 minutos. Após a

apresentação dos vídeos, os alunos serão orientados a discutir, em grupos previamente formados, responder individualmente a três perguntas a respeito de seu tema, são elas:

Questão 1: Sabendo que nosso consumo de eletro e eletrônicos nos proporciona bem estar e conforto, mas causam tantos problemas dentro e fora do nosso país. Qual seria uma saída viável para contornar essa questão?

Questão 2: Você considera que no seu bairro ou alguém do seu dia a dia se preocupa com o consumo e descarte de bens materiais?

Questão 3: Discuta a respeito, você se preocupa com o lixo eletrônico e seu descarte?

Finalizando o encontro, tem-se questões provocativas, com o intuito de fazer os alunos pensarem a respeito dos problemas levantados.. Contendo como principal indagação o *Problema proposto* da AEP, tratam-se de perguntas sem respostas prontas mas que visam apenas motivar os alunos a buscarem mais conhecimento a respeito do tema:

No Brasil, 60% dos municípios (3355 municípios ao todo) tem seu lixo destinado a aterros controlados e lixões. As substâncias presentes no lixo urbano podem contaminar o solo e os recursos hídricos da região ao entorno? Podemos verificar os efeitos de alguns contaminantes nesses meios (água e solo)?

Link do google forms: https://docs.google.com/forms/d/1ZbEilmYeE6lc8McRFjV-Tp8PV0T3774xGM_IU8-Ow0/edit?usp=sharing

3ª e 4ª AULA (ORGANIZAÇÃO/ DESENVOLVIMENTO):

Este encontro é destinado para os momentos da AEP de organização da parte experimental nor-teada de uma pergunta. Os questionamentos a respeito da natureza da poluição por metais pesados e como monitorar e avaliar seus efeitos, são perguntas em que não buscamos respostas. Consistem de perguntas que têm a função de compelir os alunos a se aproximarem do assunto. Assim, o artigo de Palácio e colaboradores (2013) vem ao encontro do tema do trabalho como uma possível resposta às perguntas lançadas no encontro passado. O artigo teria alguns de seus pontos apresentados e de maneira não obrigatória, o link para leitura disponibilizado para download.

Em conjunto com a apresentação do artigo e proposta adaptada de Resende (2013), serão apresentados vídeoaulas e estudo dirigido com o intuito de munir os alunos com o conhecimento necessário para a elaboração do experimento. E assim, poder definir as *Diretrizes Metodológicas* da parte experimental da AEP. As vídeoaulas contemplam os conteúdos de: Soluções, concentração, preparo de soluções e diluição de soluções.

Finalizando o encontro numa segunda aula, será proposto que os alunos elaborem um roteiro experimental nos moldes da AEP, focando na parte das diretrizes metodológicas. Do qual, vale ressaltar, é o objetivo deste encontro: Dar suporte teórico e metodológico para que os alunos, dentro de seus grupos de trabalho, elaborem as diretrizes metodológicas do bioensaio e do minibiodigestor. Completando com o envio do material, preferencialmente, na forma de PDF, dentro da plataforma. Então, o professor entra em cena para orientar os grupos num momento síncrono, para melhor adequação dos pontos experimentais e sanando qualquer dúvida que os alunos possam ter na elaboração das *Diretrizes Metodológicas*.

Link do google forms: <https://docs.google.com/forms/d/1EI-X1VvZsSHkZuozfTsB2wtigO8u2Fk1VFbpaZyLiA/edit?usp=sharing>

5ª e 6ª AULA (ORGANIZAÇÃO/ DESENVOLVIMENTO):

Com o estudo dirigido apresentado no momento anterior, parte da sala presente em laboratório, realizará o experimento com as orientações do professor. A segunda parte da turma, realizará os exercícios de fixação presentes no estudo dirigido e tirará dúvidas a respeito da realização do experimento. De maneira geral, metade da turma estará em aula remota, e a outra metade em aula presencial em laboratório, na próxima aula a situação se inverte e assim abarca-se as 4ª e 5ª aulas.

7ª AULA (RETORNO AO GRUPO DE TRABALHO / SOCIALIZAÇÃO):

Este momento tem dois objetivos metodológicos principais: O primeiro é familiarizar os alunos com o Padlet® e o segundo ser o instrumento escolhido para ser um mural para perguntas, respostas e debates. Para o primeiro objetivo, os alunos são convidados a assistir vídeos ilustrativos de como se usar o Padlet®. Já para o segundo, foi elaborado um Padlet® com a divisão dos grupos e com orientações para que, dentro do mural, cada grupo preenchesse respondendo às seguintes perguntas:

Quais as dificuldades que enfrentaram na realização dos experimentos?

Quais os pontos positivos e negativos dos procedimentos?

Discorra sobre as observações (se possível, poste fotos do decorrer do experimento).

Qual a conclusão que o grupo teve sobre o experimento como meio de avaliar os efeitos de contaminantes? E que outras conclusões poderão tirar do bioensaio?

Comente e avalie o mural dos demais grupos.

Com essas orientações, espera-se que os alunos interajam intra e intergrupos ou, ao menos, que o mural seja um local em que os alunos sejam compelidos a trocar informações com os demais grupos, que podemos dizer aqui, com seus pares.

Link para o google forms: https://docs.google.com/forms/d/1pdbN2g0CTrkMWyenPrkx1B3dscsR910-LCPRUS_W0uM/edit

8ª AULA (SISTEMATIZAÇÃO)

Aqui, os alunos são instruídos a elaborar um Padlet® com o intuito de gerar um PDF num formato como de uma revista, para que posteriormente postem nas redes sociais adequadas. Como uma maneira de divulgar para o público geral o trabalho realizado no projeto. O Material seria um vislumbre do que seria um artigo, contando com introdução, metodologia, resultados e conclusão. No corpo do material tem instruções para a elaboração e para sua produção.

Link para o google forms:

https://docs.google.com/forms/d/1TCUZ0_tSaJ5a1XaD2EvGukop5bx4dx0TsyGkx-hyV8I/edit?usp=sharing

Assim finalizando o trabalho dos alunos no decorrer dessas 7 aulas com 50 minutos cada. O acompanhamento posterior pode ser dado pelos comentários e engajamento dentro das postagens feitas pelos alunos. No qual, espera-se que não só o público ligado à escola e ao projeto interaja, mas também, a comunidade escolar.

APÊNDICE C: FORMULÁRIO - METAIS PESADOS NO LIXO URBANO

Seção 1 de 10

Metais pesado no lixo urbano - Discussão

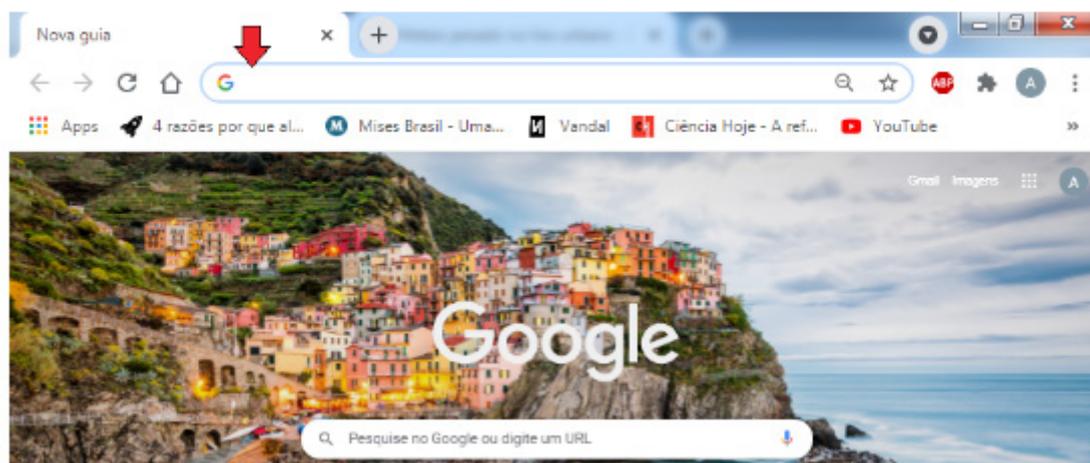
Prévia

Primeiro Encontro - Discussão introdutória aberta sobre o tema, com verificação dos conhecimentos prévios dos alunos.

* Nas questões de marcar, fique a vontade para selecionar quantas achar conveniente.

** Caso nao consiga acessar os links indicados clicando neles, copie-os e cole na barra de endereços. (Abaixo tem uma figura indicando onde)

Barra de endereços



Seção 2 de 10

Vamos para o uma discussão

Você já se perguntou sobre...

O problema do Lixo ?



Já parou pra pensar na composição do seu lixo? Ou pra onde ele vai seu aparelho celular usado, seu PC velho ou mesmo aquela calculadora barulhenta?



Marque abaixo sua resposta *

Sim

Não

Lixo urbano e metais pesados, "mas o quê que é isso?"

Por definição, lixo é tudo aquilo não aproveitado nas atividades humanas, proveniente das indústrias, comércios e residências. Como resíduos encontramos o lixo, produzido de diversas formas, e todo aquele material que não pode ser jogado ao lixo, por ser altamente tóxico ou prejudicial ao meio ambiente. Resíduos sólidos e líquidos podem ser de dois tipos, de acordo com sua composição química: resíduos orgânicos, provenientes de matéria viva (por exemplo, restos de alimento, restos de plantas ornamentais, fezes, etc) e resíduos inorgânicos, de origem não viva e derivados especialmente de materiais como o plástico, o vidro, metais, etc.

Podemos dizer que quase toda tabela periódica está no lixo. Muitos deles são metais



Descrição (opcional)

Muitos dos elementos são considerados metais pesados, e estes se caracterizam por seus efeitos maléficos à saúde. Como o Chumbo, Mercúrio, Cádmio, Arsênio entre outros. A esse elementos estão associados a diversas doenças, causadas por ações diretas e indiretas. de forma indireta, os metais provocam a formação de oxigênio reativo que promovem a oxidação de enzimas, membrana celular e de forma direta, interagindo nos sítios substituindo ou causando bloqueio da passagem de substancias necessárias a célula.

Ao olhar para uma tabela periódica como esta, dos 83 elementos não radioativos, pelo menos 70 deles como, Neodímio, Ítrio, Disprósio, podem ser encontrados em diferentes modelos de smartphones.

The image shows a standard periodic table of elements. A large portion of the table, including elements from the s, d, and f blocks, is highlighted in a light pink color. This highlights 70 elements, as mentioned in the text. The highlighted elements include all elements from the first two groups (alkali and alkaline earth metals), the transition metals (d-block), and the lanthanide and actinide series (f-block). The unhighlighted elements are primarily the non-metals in the p-block, including hydrogen, carbon, nitrogen, oxygen, silicon, phosphorus, sulfur, selenium, tellurium, and polonium.

Fonte: <https://www.slideshare.net/Quimica2016/a-quimica-dentro-do-smartphone-16>. Acessada em 07/10/2020

Os EUA, por exemplo, despeja anualmente 300 milhões de computadores e celulares nos lixões, sendo apenas 14% reaproveitados. O Brasil é um dos países que mais produz lixo eletrônico no mundo, mas encontra-se entre os três países da América Latina que fazem o descarte de forma mais consciente, ficando na classificação junto com México e Costa Rica.

Descrição (opcional)

O lixo eletrônico apresenta alguns metais valiosos. Como ouro, prata e platina. Porém representam apenas 1% da massa total. Ainda assim, a quantidade de ouro presente na placa mãe é maior que a quantidade de ouro encontrada nas jazidas por tonelada de minério explorado. No geral, estudos mostram que os rejeitos de eletrônicos são ótimas fontes de reciclagem de metais preciosos. Com quase 97% de potencial de reciclagem (XU et. al, 2012)



Guiyu, na China, é uma espécie de capital mundial da reciclagem de celulares
Fonte: <https://www.bbc.com/portuguese/vert-fut-38092622>. Acessada em 07/10/2020

Na sua opinião, o que falta para que o ser humano reaproveite essa rica fonte de recursos que *
é o lixo?

- Interesse econômico?
- Interesse público?
- Falta de conhecimento a respeito?

Metals e suas utilidades e riscos



Em eletrônicos e riscos a saúde, respectivamente.

Os metais presentes em aparelhos eletrônicos não estão por acaso, eles desempenham funções importantes para o funcionamento do aparelho. Porém uma vez jogados no meio ambiente são fontes de poluição e contaminação por metais que apresentam toxicidade comprovada. No Brasil e no mundo, existe um mercado informal do lixo, principalmente a respeito dos metais neles presentes. Usando de técnicas ineficientes e rudimentares, os recicladores muitas vezes promovem uma maior disponibilidade desses metais no meio e se expondo a eles. Dentre os metais podemos citar alguns potencialmente perigosos a saúde que fazem parte do lixo.

Repare na tabela abaixo

Metals presentes em eletrônicos e seus riscos a saúde

Componente eletrônico	Metal pesado	Risco à saúde
Monitores de computador e televisores	Chumbo	Danos ao sistema nervoso, circulatório e renal e dificuldade de aprendizagem em crianças
Placas de circuito impresso, transmissores, interruptores, baterias	Mercúrio	Danos permanentes ou fatais em cérebro e rins
Transmissores, interruptores, placas de circuito	Arsênio	Danos pequenos a pele, pulmões e câncer linfático entre outros tipos de cânceres
Baterias, cabos e placas de circuitos	Cádmio	Danos ao rim, pulmão e câncer de próstata.

Fonte: Gerbase e Oliveira (2012)

Vemos que os mesmos metais pesados que desempenham importantes aplicações são os mesmos que são responsáveis por danos a saúde. Qual seria a solução para o problema apresentado? *

- Consumir menos esses produtos?
- Investir em meios de substituir tais componentes perigosos?

Mas qual o destino final do lixo que produzimos?



Pois ele tem q ir pra algum lugar.

Imagem de uma região de reciclagem clandestino na África



Fonte: <https://images.app.goo.gl/BobGDS1643gKPgwE6>

Para saber mais

Gana. Agbogbloshie, o lixão eletrônico presente em Accra. Disponível em:

<http://www.ihu.unisinos.br/78-noticias/590316-agbogbloshie-o-lixao-eletronico-presente-em-gana>

Na maioria das vezes, o destino do lixo são os lixões: grandes terrenos afastados dos centros urbanos, onde o lixo é depositado a céu aberto, sem uma pré-seleção de materiais recicláveis e orgânicos. Esse tipo de depósito é com certeza o mais prejudicial à natureza, pois todo o terreno e uma grande área à sua volta ficam poluídos; a lixiviação é constante e os lençóis subterrâneos podem ser contaminados pelo chorume; trabalhadores socialmente excluídos recolhem materiais recicláveis nos lixões, gerando um problema de saúde pública com as doenças relacionadas ao lixo; o ar é contaminado, pois a combustão espontânea sempre acontece e partes dos depósitos podem ser queimadas, além de haver resíduos gasosos produzidos pela decomposição do lixo.

Em alguns lugares do mundo tem-se imensos lixos a céu aberto só de lixo eletrônico. Por exemplo em Gana...

Dentro do mercado de sucatas de Agbogbloshie, em Gana. Diversos eletrônicos são disponibilizados a céu aberto, onde são desmontados manualmente. Uma prática comum para reaver os metais presentes em fio encapados é a queima do plástico que os envolve, libera diversas substâncias tóxicas no ar. Por exemplo os furanos e dioxinas e hidrocarbonetos policíclicos. Além de metais pesados como chumbo, cromo, cádmio e cobre. (ATIEMO et al, 2012)

O que se vê em Gana, não trata-se de uma prática incomum mesmo aqui no Brasil. Onde chegam até a roubar fios de cobre, um metal, e realizar uma reciclagem clandestina.

Vídeo de reportagem sobre o furto e reciclagem de fio de cobre



Seção 6 de 10

Para saber mais



Link de Podcast sensacional a respeito do tema

QuimiCast 42 - Resíduo Eletrônico: um lixo de luxo

<https://open.spotify.com/episode/4OTE0kfocgupp5Jo7o80pG?si=jzUxmb32QBeaA1QCv6CFkg>

Alternativo:

<https://podcasts.google.com/feed/aHR0cHM6Ly9hbmNob3luZm0vcy81NDdhYWY0L3BvZGh3QvcnNz>

Após a seção 6 Continuar para a próxima seção



Seção 7 de 10

Para praticar os conceitos vistos aqui



<https://wordwall.net/pt/resource/15851024/comбина%с3%a7%с3%b5es-projeto-metals-no-lixo-urbano>

Seção 8 de 10

Atividade ✕ ⋮

Acesse o link abaixo

Link para a atividade ⋮

<https://docs.google.com/document/d/1IZfT5VmMF52ksl0eNgHrOO3vzqKm14730ydzcYC8I78/edit?usp=sharing>

Responda as perguntas em arquivo separado e faça o upload aqui em formato do word ou pdf *

 Ver pasta

APÊNDICE D: FORMULÁRIO – CONSUMO DE ELETRÔNICOS E SUAS CONSEQUÊNCIAS

Seção 1 de 7

Consumo de eletrônicos e suas consequências - Discussão introdutória ✕ ⋮

Segundo encontro - Discussão introdutória aberta sobre o tema - II

*Você será convidado (a) a ver dois vídeos que somados dão menos de 20 minutos. Após, terá duas perguntas discursivas para apenas colher sua opinião a respeito do tema do vídeo. Antes de respondê-las, discuta com seu grupo de colegas para melhor entender o conteúdo dos vídeos.

**Logo após, teremos perguntas apenas para promover questões que serão debatidas futuramente.

*** Caso tenha dificuldade para ler por conta do tamanho das letras, use o comando Ctrl +

Vamos refletir sobre os impactos do consumo   ⋮



Hoje vamos promover algumas discussões



Com a exibição de alguns vídeos debateremos sobre o tema iniciado no encontro anterior

Primeiramente veremos este vídeo disponível no Youtube com duração de 10 minutos e 13 segundos. O vídeo trata de uma reportagem a respeito de uma região de Gana conhecida por ser local que recebe os lixos eletrônicos de países desenvolvidos.

<https://www.youtube.com/watch?v=m6qwmZp4Q3U>



O segundo vídeo, também disponível no YouTube com duração de 7 minutos e 47 segundos está em inglês com legendas. Não é o ideal por não estar em português, mas vale muito a pena pelo seu conteúdo. Trata do contexto geral dos eletrônicos, abordando o padrão de consumo atual e seus reflexos. https://youtu.be/sW_7i6T_H78



THE STORY OF



Questão de debate



Agora vocês devem se reunir em grupos de, no máximo, 5 alunos, e discutir as questões abaixo. A opinião de vocês vale muito! Depois, responda as questões. Embasados no que você já sabe sobre o tema e os vídeos, sua opinião aqui valem muito. Depois, responda as questões abaixo. Apenas reforçando, mesmo a discussão sendo em grupo, cada aluno deve responder individualmente às perguntas abaixo.

Questão 1: Sabemos que o consumo de eletro e eletrônicos nos proporciona bem-estar e conforto, mas causam muitos problemas para o meio ambiente. Qual seria uma saída viável para contornar essa questão? *

Texto de resposta longa

Questão 2: Você considera que no seu bairro ou alguém do seu dia a dia se preocupa com o consumo de lixo eletrônico? *

Texto de resposta longa

Questão 3: Discuta a respeito, você acha importante se preocupar com o lixo eletrônico e seu descarte? *

Texto de resposta longa

Após a seção 4 Continuar para a próxima seção

Questões para refletir



Vamos tentar pensar usando o que temos em mãos, como poderíamos responder as perguntas a seguir? Fica como provocação apenas para nosso PRÓXIMO ENCONTRO, deixaremos o suspense (MUAHAHAHA), e no próximo encontro veremos uma ou duas sugestões para experimentarmos e tentar chegar numa resposta:

- Como poderíamos avaliar a contaminação no solo ou na água?
- Metais que são descartados no meio ambiente podem contaminar solo e recursos hídricos?
- Existe uma quantidade máxima e/ou mínima para os chamados metais pesados no meio ambiente?

Problema proposto

No Brasil, 60% dos municípios (3355 municípios ao todo) tem seu lixo destinado a aterros controlados e lixões. As substâncias presentes no lixo urbano podem contaminar o solo e os recursos hídricos da região ao entorno? (Quase metade dos municípios ainda despeja resíduos em lixões, Agência Brasil, Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-08/quase-metade-dos-municipios-ainda-despeja-residuos-em-lixoes>>, Acessado em: 02 de jan. de 2022.)

Podemos verificar os efeitos de alguns contaminantes nesses meios (água e solo)?

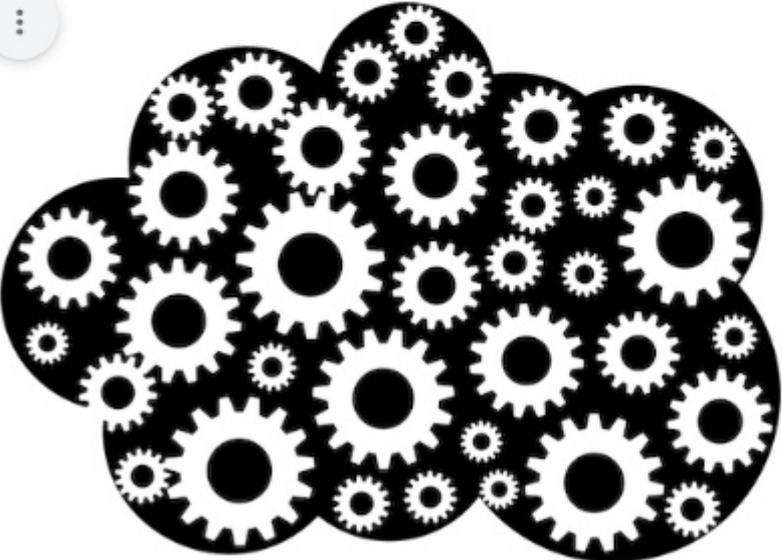
APÊNDICE E: ORGANIZAÇÃO E PLANEJAMENTO

Seção 1 de 10

Apresentação e planejamento

Terceiro encontro

Organização e Desenvolvimento



The image shows a screenshot of a presentation slide. At the top, it says 'Seção 1 de 10'. The main title is 'Apresentação e planejamento' with a close button and a menu icon. Below the title is 'Terceiro encontro'. The slide content is titled 'Organização e Desenvolvimento' and features a large graphic of interlocking gears. The gears are black and white, arranged in a dense, overlapping cluster. There are also small icons for copy, delete, and menu on the right side of the slide content area.

Primeiro vamos rever o problema apresentado no encontro anterior



- Como poderíamos avaliar a contaminação no solo ou na água?
- Metais que são descartados no meio ambiente podem contaminar solo e recursos hídricos?
- Existe uma quantidade máxima e/ou mínima para os chamados metais pesados no meio ambiente?

No Brasil, 60% dos municípios (3355 municípios ao todo) tem seu lixo destinado a aterros controlados e lixões. As substâncias presentes no lixo urbano podem contaminar o solo e os recursos hídricos da região ao entorno? A resposta é sim, podemos verificar os efeitos de alguns contaminantes nesses meios (água e solo)? Essas questões não são simples de responder, não é?



Pesquisa orientada em Química

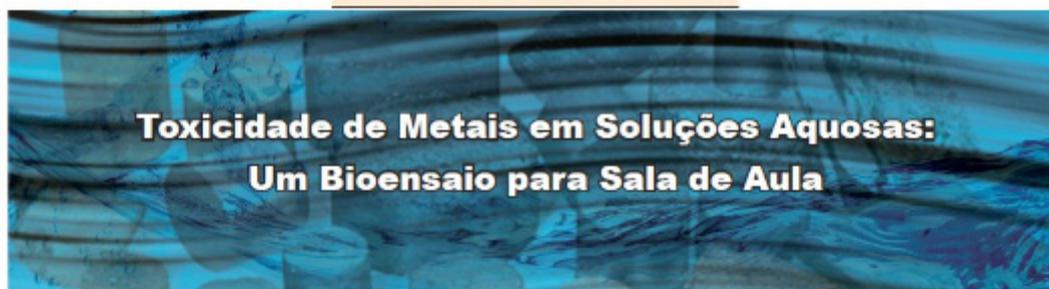


Vamos analisar alguns pontos do artigo de Palácio e colaboradores (2013), intitulado: "Toxicidade de metais em soluções aquosa". Ele nos apresenta uma boa saída pra avaliarmos algumas questões levantadas



Link: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/03-QS-61-11.pdf

QUÍMICA E SOCIEDADE



Soraya Moreno Palácio, Marcia Borin da Cunha, Fernando Rodolfo Espinoza-Quiñones e Daniele Alves Nogueira

Este artigo tem como objetivo propor a utilização de um bioensaio simples e de baixo custo para abordar os efeitos de metais em soluções aquosas em diferentes concentrações. O bioensaio é realizado utilizando-se bulbos de cebola (*Allium cepa*) para monitorar os efeitos do cobre, expondo-os diretamente em água contaminada com íons Cu^{2+} . O procedimento consiste em observar o crescimento das raízes da cebola por um determinado período e analisar a inibição desse crescimento em função da presença de concentrações crescentes de um metal. Os resultados obtidos no laboratório escolar possibilitam verificar o efeito fito-tóxico do aumento da concentração do metal ao organismo-teste e correlacionar com a contaminação ambiental e suas consequências à saúde humana.

► metais, toxicidade, bioensaio ◀

Em termos gerais, temos a proposta de um bioensaio usando cebolas (*Allium cepa*)

Um experimento simples mas bem eficaz para se determinar os efeitos de contaminantes. No qual está associado ao crescimento da raiz da cebola.



Imagens retiradas de artigo de Palácio e colaboradores (2013)

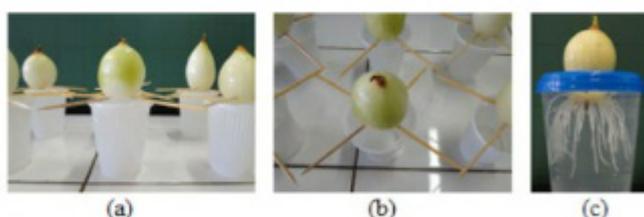


Figura 1: Montagem do experimento: a) vista geral utilizando copos plásticos descartáveis; b) detalhe do suporte; e c) vista geral utilizando copos de requeijão.

Mas cebola?



O texto do artigo mencionado acima diz



O trecho a seguir fala exatamente disso.

A utilização da cebola como organismo-teste não é recente, esta vem sendo estudada e utilizada desde 1938, quando Levan introduziu o uso da espécie *Allium cepa* (cebola comum) como sistema de bioensaio para avaliar os efeitos citogenéticos da colchicina em células vivas (Fiskesjö, 1985). Desde então, a cebola tornou-se um material de larga utilização em testes de laboratório, devido ao rápido crescimento de suas raízes e à facilidade com que são observados seus cromossomas em fases de divisão celular.

Aqui temos um exemplo de raiz da cebola crescendo em água de torneira mesmo.
Imagem: autor.



Continuando, o artigo ainda fala das concentração permitidas e o limite que a cebola se mostra sensível.

O valor de 2 miligramas por litro parece ser uma base interessante para nossos estudos e responder nossa pergunta anterior. Porém, podemos pensar em valores maiores para os efeitos serem mais perceptíveis.

Mais uma vez o texto relata e nos dá uma direção por onde pode seguir. Mas o que aconteceria se aumentássemos a concentração?

A OMS considera $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ como a concentração máxima aceitável para o cobre (Cu^{2+}) em águas para o consumo humano (WHO, 1971). Para a legislação brasileira, de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde nº 2914, de 12 de dezembro de 2011 (Brasil, 2011), o limite estabelecido para o Cu^{2+} é de 2 mg L^{-1} . No entanto, esses valores são bem superiores à concentração que pode ser considerada tóxica, obtida pelo bioensaio com raízes de cebola, pois a inibição no crescimento das raízes aparece numa concentração de $0,04 \text{ mg L}^{-1}$.

Com contaminantes metálico, como o cobre, em concentração de 1 g / L observamos a completa inibição. Imagem: autor.



Ainda mais, podemos tratar a solução do contaminante passando por um simulacro de aterro. ✕ ⋮

segue o fio...

Para avaliar os efeitos da contaminação pelos metais pesados no meio, podemos lançar mão do proposto por Resende (2004) com a construção de um mini-biodigestor. E assim, produzir chorume contaminado com diversas substâncias, fruto da decomposição da matéria orgânica e outras que podemos adicionar.

Trata-se de um plano voltado para o comportamento dos resíduos e dos metais pesados dentro do aterro sanitário, que como já dito, trata-se de um grande reator químico.

Construção do biodigestor

Segue

Materiais simples: garrafas cortadas da maneira a seguir, fita durex, e um retalho de pano.

Construindo dessa maneira, adiciona-se os resíduos. Que podem ser restos de alimentos, madeira, terra, vidro metais etc. Em conjunto, podemos adicionar por fim, uma solução de concentração conhecida de cobre. Imagem: autor.



Podemos fazer um desenho ainda em que podemos fazer comparações e gerar boas discussões a respeito do caminho experimental e dos resultados posteriores

Abaixo temos um esquema para ficar mais claro

⋮

Abaixo temos um exemplo de chorume formado depois de dois meses do biodigestor ser selado com restos de alimentos terra e 100mL de água da torneira. Após o 15º dia não houveram mudanças visíveis no chorume, nem de volume e nem de coloração. Imagem: autor.



Assim, com o chorume, analisariamos os efeitos na cebola sob uma mistura homogênea (solução) de um contaminante (Cobre, por exemplo) que foi "passado pelo minibiodigestor".

Vamos tentar fazer um plano para o experimento a seguir

⋮

Preparando em concentrações diferentes...

Imagem: autor.



Plano experimental



Como poderíamos avaliar os efeitos dos metais pesados no meio ambiente?

Como já visto, podemos avaliar os efeitos de contaminantes a partir de um bioensaio. Obviamente, podemos fazer adaptações. Mas existem alguns conceitos e perguntas de como realizar o bioensaio.

Primeiro: Como preparamos a solução do contaminante? Qual a quantidade de contaminante? Como a diluiremos?

Precisamos de olhar para os conceitos de solução, seu preparo, o conceito de concentração e diluição. Tudo isso para continuarmos.

...

A seguir, apresentamos uma vídeo aula preparada exatamente pra suprir esse quesito, e ainda material com estudo dirigido para auxiliar nos estudos

Link estudo dirigido:

https://docs.google.com/document/d/1tD9Lh_sZm9NT6GIL2czObsIHXHA3pyGMv1LQVMEE7Zg/edit?usp=sharing

Conceitos de solução e concentração: <https://youtu.be/80ousTg0Rai>



Preparo de soluções: https://youtu.be/_lVWzP-41f4



Diluição de soluções: <https://youtu.be/QKyOnMs1tiU>



Agora use as ideias que aprendemos com a apresentação do artigo e as sugestões para elaborar um roteiro experimental. Contendo os materiais, e procedimentos passo a passo que em grupo você fará para realizar o seu experimento e as observações posteriores, Se possível ilustre com esquemas. Abaixo tem um modelo apresentado: ***Envie preferencialmente em formato de pdf***

Problema proposto

No Brasil, 60% dos municípios (3355 municípios ao todo)...tem seu lixo destinado a aterros controlados e lixões. As substâncias presentes no lixo urbano podem contaminar o solo e os recursos hídricos da região ao entorno? A resposta é sim, podemos verificar os efeitos de alguns contaminantes nesses meios (água e solo)?

Objetivo experimental

Realizar um bioensaio baseado no proposto por Palacio e colaboradores, 2013, para avaliar os efeitos do Cobre, um metal pesado, no crescimento da raiz de cebolas (Allium cepa).

Diretrizes metodológicas

*** Descreva o passo a passo do experimento em forma de tópicos***

1) MATERIAIS

Listar materiais que serão usados, tanto reagentes como vidrarias.

2) PROCEDIMENTOS

Listar o passo a passo do bio ensaio. Desde o preparo da solução até o acompanhamento do mesmo

Sugestão de tabela para o acompanhamento

Tabela 1: Acompanhamento solução com contaminante

Dias	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Aspecto visual:							
Tamanho da raiz							
Observações							

APÊNDICE F: RETORNO AO GRUPO DE TRABALHO/SOCIALIZAÇÃO

Seção 1 de 7

Retorno ao grupo de trabalho para organização das informações e Socialização entre os grupos de trabalho

Faremos debates a respeito da metodologia aplicada e aqui apenas compartilharemos os resultados virtualmente

E-mail *

E-mail válido

Este formulário está coletando e-mails. [Alterar configurações](#)

Seção 3 de 7

Usando uma plataforma virtual

Usaremos o Padlet(R) para divulgar e compartilhar as informações do bio ensaio

Primeiro vamos ver o que é o Padlet

Links de tutoriais:

<https://www.youtube.com/watch?v=-5uUe9Tzyyo>

<https://www.youtube.com/watch?v=AD1qbziaqrw>

Padlet - Tutorial em português



padlet mini tutorial para alunos



Você assistiu os dois vídeos? *

Sim

Não

Seção 5 de 7

Link Padlet(R)



<https://padlet.com/angelobarbosaraf/g18yfi39ju2ezlc3>



Perguntas orientadoras

Quais as dificuldades que enfrentaram?

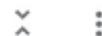
Quais os pontos positivos e negativos dos procedimentos?

Discorra sobre as observações (se possível, poste fotos do decorrer do experimento).

Qual a conclusão que o grupo teve sobre o experimento como meio de avaliar os efeitos de contaminantes? E que outras conclusões poderão tirar do bioensaio?

Comente e avalie o mural dos demais grupos.

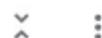
Finalizamos mais um encontro



Agora podemos pensar em divulgar para o público em geral nossos resultados e conclusões a respeito dos nossos encontros, mas isso é pauta pro próximo encontro.

APÊNDICE G: CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO OU CONSOLIDAÇÃO DE INFORMAÇÕES

Construção de conhecimento ou consolidação de informações.



Agora está na hora de finalizarmos nosso projeto. (Com chave de ouro)

E-mail *

E-mail válido

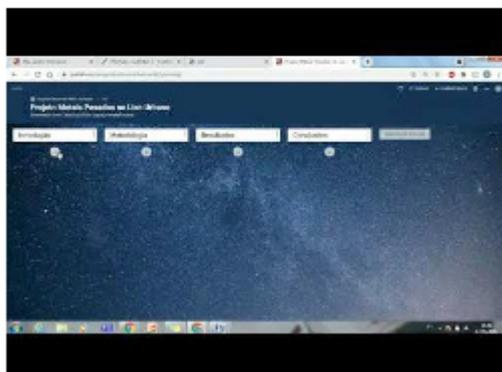
Este formulário está coletando e-mails. [Alterar configurações](#)

Vamos finalizar com um Padlet(R)



Abaixo tem um vídeo ilustrando como usar o padlet

Instrução para a elaboração do Padlet (R): Link: <https://youtu.be/e0LdyxJTDq8>



Conteúdo do Padlet(R)



Elabore um Padlet com o título "Avaliação dos efeitos da concentração do metal cobre no crescimento da raiz de cebola" contendo:

Introdução

Discorra sobre o tema metais pesados no lixo urbano. Para ajudar, use a atividade a frente como norte para a escrita, respondendo de forma corrida as perguntas.

<https://docs.google.com/document/d/1IZfT5VmMF52ksl0eNgHrOO3vzgKm1473OydzcYC8I78/edit?usp=sharing>



Metodologia

Descreva os procedimentos para a realização do bioensaio. Junte fotos e esquemas para melhor ilustrar os procedimentos. Divida em subtópicos: Materiais usados e procedimentos

Resultados e discussões

Discuta aspectos observados do bioensaio e suas explicações pontos positivos e negativos

Conclusão

Descreva suas conclusões a respeito do experimento e relacione a poluição e seus efeitos no meio ambiente e também como o consumo pode ser alavanca para agravar tais efeitos.

Para finalizar...



Ainda temos mais uma tarefa



Use suas redes sociais, ou mesmo crie uma caso queira. para publicar o PDF gerado e divulgar seu trabalho. Interaja com o trabalho dos colegas e dê mais contribuições. "Curta e compartilhe" (Se valer a pena rs).



ANEXOS

ANEXO A: TEXTO PARA MOMENTO INICIAL PROPOSTO

O que preciso saber sobre a decomposição?

Autor: Nicolas Nathan dos Santos.

Disponível em: <https://www.potencialbiotico.com/post/adecomposicao> 2 de ago. de 2021

Atualizado: 14 de set.

A decomposição é o processo natural no qual a matéria orgânica é transformada (decomposta) em nutrientes pela ação dos microrganismos decompositores. Tal processo tem grande importância ecológica, pois é o responsável por disponibilizar os nutrientes, que estavam incorporados na matéria orgânica morta, aos organismos fotossintéticos (como plantas e algas).

O que é a decomposição?

Decomposição é um termo usado na Biologia para designar o processo de **transformação gradual onde a matéria orgânica é degradada (decomposta)** em partículas menores, gases, [sais minerais](#) (nutrientes), ou seja, em [matéria inorgânica](#). Sendo que essa transformação é realizada por **microrganismos chamados de decompositores**.

A decomposição ocorre em praticamente todos os ambientes da Terra. Nos solos, nas profundezas oceânicas, nos rios e lagos, nos manguezais, nos desertos, nas florestas, cemitérios, na lixeira da sua casa e até mesmo dentro de sua geladeira!

Mas alguns **fatores ambientais bióticos** (influências ocasionadas pelos seres vivos) e **abióticos** (influências ocasionadas por fenômenos químicos, físicos e físico-químicos) podem limitar ou influenciar a decomposição, vejamos alguns:

Disponibilidade de matéria orgânica

A matéria orgânica é o “combustível” da decomposição, sem ela não há o que degradar, logo, os microrganismos não tem seu alimento. Assim a **quantidade disponível de matéria orgânica** no ambiente é um dos principais fatores abióticos que podem influenciar o processo.

A matéria orgânica pode ser oriunda dos restos de organismos mortos (animais, plantas, algas, fungos, bactérias, protozoários e até mesmo vírus), ou de fragmentos e resíduos dos seres vivos (fezes, urina, pelos, penas e restos de comida).

Microrganismos decompositores

Os decompositores são o principal fator biótico que influencia a decomposição, pois sem eles o processo simplesmente não ocorre. Mas quem são os decompositores? São algumas **espécies de fungos e bactérias heterotróficas**, aquelas que obtêm seu alimento a partir de matéria orgânica oriunda de outros seres vivos.

A **diversidade de decompositores** também influencia o processo, pois cada espécie tem uma “maior facilidade” em degradar determinadas moléculas. Por exemplo, algumas espécies de fungos são especialistas em degradar madeira, enquanto outras em degradar tecidos moles (como músculos e órgãos). Assim um maior número de espécies diferentes de decompositores, até certo ponto, pode “otimizar” o processo.

Muito provavelmente você já viu esses microrganismos “trabalhando” ao esquecer aquela laranja em um canto por muito tempo. Você começa a ver pontos de bolor e mofo crescendo nela, percebe partes moles e gosmentas e até sente cheiros não muito agradáveis. Sim, são eles trabalhando!

Resumidamente, eles vão se alimentando da matéria orgânica e, através de seus **metabolismos** (reações bioquímicas que ocorrem no interior das células), transformando-a em minerais, gases e outras substâncias que vão sendo liberadas no ambiente.



Os cogumelos conhecidos como orelha-de-pau são um exemplo de fungos capazes de decompor madeira. (**Fonte:** Pixabay).

Temperatura

A temperatura é um dos principais fatores abióticos que influenciam a decomposição, pois **cada microrganismo possui um valor ótimo de temperatura** para seu desenvolvimento e funcionamento metabólico. O que acaba influenciando o ritmo de consumo da matéria orgânica pelos mesmos.

Por exemplo, em temperaturas muito baixas o metabolismo diminui ou cessa e, conseqüentemente, o ritmo da decomposição diminui. O mesmo pode ocorrer em temperaturas muito altas, incluindo a morte dos microrganismos.

A decomposição ocorre em ambientes frios como a Antártida? Sim, tanto nos ambientes terrestre e aquático destes locais. Porém as baixas temperaturas fazem com que a decomposição ocorra em um ritmo muito mais lento.

Umidade

A água é um elemento essencial para a ocorrência e a manutenção da vida do planeta, isso inclui os microrganismos. Ela garante **a proliferação e o desenvolvimento** microbiano, fazendo assim da água outro fator abiótico importante para a decomposição.

Sem ela algumas **atividades metabólicas, a motilidade** (capacidade de se mover) e **desenvolvimento** microbiano ficam comprometidos, o que pode levar a uma desaceleração do processo de decomposição. Logo, um certo grau de umidade na matéria orgânica a ser decomposta é necessária para realização do processo.

Vale lembrar que o excesso de umidade também pode atrapalhar a decomposição, pois algumas espécies de decompositores não toleram altos valores de umidade. Mas não se esqueça que há espécies de **decompositores adaptados aos ambientes com excesso de umidade** como manguezais, pântanos, lagos, rios, oceanos e até mesmo alimentos.

A decomposição ocorre em ambientes secos e áridos como desertos? Sim, mas só se houver uma quantidade mínima disponível aos microrganismos. Por isso que nestes ambientes a decomposição ocorre de maneira mais lenta quando comparado a outros ambientes mais úmidos.

A baixa umidade é um dos segredos do processo de mumificação (e também da carne seca)! Quando se retira a água das fibras musculares através de processos físico-químicos, do sal, do calor ou do Sol, você acaba criando um ambiente desfavorável ao crescimento e ação dos decompositores. Por isso que as múmias (e a carne seca) conseguem permanecer por um bom tempo conservadas.

Outros fatores abióticos que podem afetar a decomposição são: presença (meio aeróbico) ou ausência (meio anaeróbico) do **gás oxigênio (O₂)**, se o meio está ácido ou alcalino (básico), ou seja, **pH do ambiente** e a **poluição**. Já outro fator biótico que pode influenciar na decomposição são os **organismos detritívoros**, que abordaremos a seguir.

Organismos detritívoros

Por definição os detritívoros são organismos que se alimentam de **restos (ou detritos) de matéria orgânica morta** em processo de decomposição, ou seja, restos de organismos mortos (como troncos mortos, folhas caídas, carcaças de animais e células mortas).

Alguns detritívoros também podem ser chamados de **necrófagos, saprófagos ou necro-saprófagos**. O termo carniceiro geralmente é usado para designar animais (como hienas e urubus) que se alimentam da carcaça de animais mortos.

Coprófago é um termo que designa animais detritívoros que se alimentam das fezes de outros animais como, por exemplo, algumas espécies de moscas, besouros e borboletas.

Hamsters, chinchilas, coalas e porquinhos-da-índia assim como algumas outras espécies podem apresentar comportamento de coprofagia, mas o intuito destes animais é de (re)constituir sua flora intestinal ou de reabsorver vitaminas perdidas nas fezes. Portanto, a coprofagia não é o meio exclusivo de alimentação destas espécies.

Diferente dos decompositores, **os detritívoros não têm um metabolismo capaz de decompor a matéria orgânica**, mas sim de fragmentá-la em pedaços menores, ou seja, digeri-la. Uma parcela da matéria orgânica ingerida não será aproveitada e, conseqüentemente, excretada. E são estes excrementos, por sua vez, usados como alimento pelos decompositores.

Esta fragmentação ou trituração da matéria orgânica ajuda **a acelerar o processo de decomposição**, pois quanto menor o pedaço mais rapidamente (e facilmente) ele é consumido pelos decompositores. Vale ressaltar que independente da atuação dos detritívoros a decomposição ocorrerá, estes animais apenas “facilitam” o trabalho dos decompositores.

São exemplos de animais detritívoros: minhocas, piolhos-de-cobra, larvas de mosca, drosófilas (mosca-da-fruta), ácaros, urubus, abutres, corvos, hienas, pepinos-do-mar, paguros (caranguejo-ermitão), tatuzinhos-de-jardim, rotíferos, e algumas espécies de besouros, nemátodes, camarões, baratas, poliquetas, caranguejos, estrelas-do-mar e lesmas. Dentre os microrganismos há espécies detritívoras de protozoários que geralmente compõem o [zooplâncton](#).

Importância ecológica da decomposição

A decomposição é um dos processos naturais de vital importância à manutenção da vida na Terra. Sem ela a vida no planeta como a conhecemos poderia ser impossível.

Ciclagem de nutrientes

Uma das principais conseqüências da decomposição é **a ciclagem dos nutrientes**. Neste processo os elementos químicos (nutrientes) que estavam incorporados nas moléculas de um ser vivo, voltam a estar disponíveis para que outro ser vivo os utilize para se nutrir, crescer e desenvolver. De maneira sucinta, os decompositores ao se alimentarem da matéria orgânica “libertam” tais nutrientes que estavam “aprisionados”.

Podemos dizer que a decomposição é a **“recicladora” da matéria orgânica na natureza**. Este ciclo garante que os nutrientes, anteriormente, usados por um organismo fiquem disponíveis novamente para outro organismo, isto é, que sejam **reutilizados**.

Os nutrientes são os elementos químicos essenciais para o **crescimento, desenvolvimento, funcionamento metabólico e constituição** dos seres vivos. Elementos como nitrogênio (N), enxofre (S), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), ferro (Fe) entre outros. Eles constituem moléculas como proteínas, celulose, clorofila, lipídios, DNA, RNA e muitas outras.

Mineralização

O processo de decomposição está intimamente ligado a outro processo natural chamado de **mineralização (ou fixação de nutrientes)**.

Após os decompositores digerirem a matéria orgânica e liberam os nutrientes para o meio, um outro grupo de microrganismos conhecidos como **fixadores de nutrientes** (algumas espécies de bactérias e fungos), vão através de seus metabolismos deixar tais **nutrientes disponíveis (mineralizados)** aos organismos chamados **produtores primários** como plantas, algas, cianobactérias e outros organismos **autotróficos** (aqueles capazes de produzir seu próprio alimento).

Ao contrário do que se pensa as plantas não têm a capacidade de se nutrir diretamente da matéria orgânica (como por exemplo do adubo), elas necessitam que os decompositores a degradem e que os fixadores deixem os nutrientes resultantes em uma forma que elas sejam capazes de absorver, ou seja, nutrientes em sua **forma inorgânica (minerais)**.

Por exemplo: moléculas de dióxido de enxofre (SO_2) e dinitrogênio (N_2), íons como cálcio (Ca^{2+}), ferro (Fe^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), cloreto (Cl^-), nitrato (NO_3^-), fosfato (PO_4^{3-}), sulfato (SO_4^{2-}) amônio (NH_4^+), bicarbonato (HCO_3^-) entre outros minerais.

Este processo também é necessário para que os outros produtores primários como algas e cianobactérias consigam absorver os nutrientes para realizarem a fotossíntese. Assim podemos dizer que a decomposição é um dos processos que contribui no **aporte de nutrientes (fertilidade) dos solos e dos ambientes aquáticos**.

Cadeia Alimentar

Em conclusão, vimos como a decomposição é importante na **manutenção do ciclo da vida** no planeta, sendo ela um dos alicerces das **cadeias tróficas (alimentares)** nos **ecossistemas**.

Sem ela os nutrientes ficariam retidos nas moléculas dos organismos mortos, impedidos de serem reaproveitados por outros seres vivos o que, conseqüentemente, afetaria o surgimento de novos organismos.

Aplicações da decomposição

Além de sua importância ecológica, a decomposição ainda apresenta uma relevância na **geração de energia e na economia global**. Ela é o processo precursor na formação de **petróleo**, gás natural e carvão mineral, recursos não renováveis relevantes na economia atual e na geração de energia.

De maneira sucinta, os três combustíveis são originados a partir de matéria orgânica decomposta que passou por milhões de anos, sob influências geológicas no subsolo do planeta.

Outra forma de geração de energia a partir da decomposição é através de **biodigestores**. Um biodigestor é basicamente um equipamento utilizado para acelerar o processo de decomposição da matéria orgânica através da ausência de oxigênio (meio anaeróbico), gerando dois subprodutos: **biogás** e **biofertilizante**.

O biogás é composto de gás carbônico (CO₂) e principalmente por metano (CH₄), e pode ser empregado na **geração de energia elétrica e térmica**. Já o biofertilizante é uma biomassa em forma líquida rica em nutrientes, que pode ser usada como **adubo natural em plantações**.

A matéria orgânica usada nos biodigestores pode vir de restos de plantações, bagaços (como o de cana), dejetos e excrementos animais e do esgoto. O que faz da biodigestão uma **alternativa sustentável** de geração de energia e na **destinação de resíduos orgânicos**.

Dentro deste tema de [sustentabilidade](#), a decomposição também pode ser uma ferramenta na **mitigação da poluição**. Cientistas descobriram uma espécie de bactéria decompositora capaz de **degradar plástico do tipo PET** (polietileno tereftalato).

A bactéria *Ideonella sakaiensis* produz uma [enzima](#) chamada PETase que é capaz de digerir o polietileno tereftalato, para que a bactéria use o carbono presente neste plástico como fonte de energia. Agora os cientistas estudam esta enzima para poder aplicá-la de forma a combater a poluição provocada pelo descarte irregular de plástico.

Outros exemplos de técnicas que também utilizam-se da decomposição como forma de destinação sustentável dos resíduos orgânicos são o tratamento de esgoto e a [compostagem](#).

A primeira técnica visa a utilização da matéria orgânica para produção de adubo natural, que será empregado na agricultura, produção de mudas, jardins e na arborização urbana. Já a segunda técnica é usada no tratamento de esgoto visando a retirada de matéria orgânica da água contaminada, diminuindo assim a carga de poluentes.