

Atividade Experimental Problematizada (AEP) e Educação Ambiental (EA): presença de metais pesados em aterros sanitários – uma proposta didática

Angelo F. M. Barbosa, Joselito N. Ribeiro, Araceli V. F. N. Ribeiro, Lilia E. S. Azevedo, André L. S. Silva e Paulo R. G. Moura

Verifica-se que as atividades experimentais dificilmente são aplicadas em sala de aula, seja pela ausência de espaços próprios a sua realização, seja pelas condições precarizadas para o exercício da docência no atual contexto da Educação Básica. Em vista disso, pretende-se viabilizar a implementação do ensino experimental da Química articulado a uma abordagem ambiental, que vise atender determinadas demandas do novo Ensino Médio: a elaboração dos currículos locais e da produção de materiais didáticos próprios. Desse modo, propõe-se a articulação da Atividade Experimental Problematizada (AEP), ligada à Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e à Epistemologia de Thomas Kuhn, com a Educação Ambiental (EA), abordando a temática da presença de metais pesados nos aterros sanitários. Essa proposta didática consiste na construção de um minibioreator de baixo custo e na confecção de bioensaio, com foco nas aprendizagens essenciais dos conhecimentos científicos.

► experimentação, aterros sanitários, bioensaio ◀

Recebido em 15/07/2022, aceito em 11/04/2023

283

De maneira geral, os professores de Química e das Ciências da Natureza sabem que a experimentação desperta o interesse e a motivação dos alunos (Santos e Schnetzler, 1996; Merçon, 2003). Nesse sentido, as atividades experimentais oportunizam aos estudantes a condição de interpretar fenômenos, de construir significados e de manusear utensílios e equipamentos enquanto realizam os experimentos químicos (Silva e Silva, 2019).

Além disso, as aulas experimentais (i) promovem o aumento da interação professor-aluno; (ii) permitem as trocas de conhecimentos de maneira mais significativa; (iii) favorecem a assimilação dos assuntos teóricos e lhes tornam mais concretos; (iv) são promotoras indispensáveis às aprendizagens dos conhecimentos científicos (Monteiro *et al.*, 2013; Oliveira, 2010).

A experimentação pode se constituir em um fator motivador e promotor no processo de aprendizagem pela descoberta e pela pesquisa. É importante evidenciar que as habilidades cognitivas esperadas na formação dos alunos de Química

estão relacionadas às capacidades de: 1) compreensão; 2) busca de informação, sua comunicação e expressão; 3) criação e inovação; e, 4) aplicação dos conhecimentos químicos (Silva e Zanon, 2000).

Isso posto, este artigo trata de uma proposta de aplicação do ensino experimental de Química nos moldes da Atividade Experimental Problematizada (AEP), com a tematização sobre a destinação do lixo urbano nos aterros sanitários e a presença de metais pesados.

Cabe destacar, antes de tudo, que os impactos ambientais decorrentes do crescimento populacional e dos centros urbanos são resultantes da produção descontrolada dos subprodutos decorrentes das atividades humanas,

os resíduos sólidos urbanos. Logo, as ocupações dos espaços urbanos e as atividades industriais e comerciais têm gerado enormes quantidades desses subprodutos (Singh *et al.*, 2011).

Dessa maneira, problematizar as situações decorrentes dos impactos ambientais pode aprimorar o processo de ensino e aprendizagem, tornando-o dinâmico, interdisciplinar

[...] este artigo trata de uma proposta de aplicação do ensino experimental de Química nos moldes da Atividade Experimental Problematizada (AEP), com a tematização sobre a destinação do lixo urbano nos aterros sanitários e a presença de metais pesados.

e contextualizado, o que contribui no favorecimento dos alunos na construção de conceitos científicos significativos (Araújo *et al.*, 2018; Marques *et al.*, 2007).

A problematização das temáticas ambientais e a proposição de práticas didáticas diferenciadas, voltadas à criticidade e à emancipação dos alunos, pode decididamente contribuir para a mudança de comportamentos e de atitudes, com vistas à reorganização das práticas sociais e à participação coletiva das soluções inovadoras (Santos *et al.*, 2016; Lima e Merçon, 2011).

Para isso, propõe-se a aplicação das ações didáticas com vistas à aquisição dos conteúdos químicos necessários à melhoria da qualidade de vida, oferecendo o suporte teórico e metodológico da estratégia de aplicação da Atividade Experimental Problematizada (AEP) e incorporando os elementos estruturantes da Educação Ambiental.

Atividade Experimentais Problematizada – AEP

A Atividade Experimental Problematizada (AEP) caracteriza-se como o processo procedimental participativo que se desenvolve a partir da demarcação de um problema empírico, de natureza teórica, ou seja, da proposição de uma experimentação que objetiva a busca por solução a uma questão de investigação colocada.

Em suma, a AEP se apresenta como uma estratégia teórica e metodológica, são os eixos estruturantes, cujas bases conceituais decorrem da sua articulação com os fundamentos da Teoria da Aprendizagem Significativa - TAS, de David Ausubel, e a Epistemologia de Thomas Kuhn - ETK (Silva e Moura, 2018).

O primeiro eixo estruturante da AEP, o Teórico, se estabelece por meio de articuladores próprios: o Problema Proposto (PP), de natureza teórica, preferencialmente contextualizado; o Objetivo Experimental (OE); e as ações orientadoras aos trabalhos experimentais, denominadas de Diretrizes Metodológicas (DM).

O segundo eixo estruturante da AEP, o Metodológico, se efetiva a partir de Ações Didáticas ou Momentos (I a V) que estruturam metodologicamente essa proposição diferenciada de experimentação para o ensino da Química, e se caracteriza como uma estratégia pedagógica capaz de promover um processo de ensino reconstrutivo por seus sujeitos integrantes, a saber: alunos e professores (Tabela 1) (Silva e Moura, 2018).

Nessa perspectiva, a AEP deve abranger, desde o registro de dados, uma rigorosidade metódica indispensável à aproximação epistemológica do objeto a ser caracterizado. Isso posto, infere-se que a AEP seja uma estratégia experimental diferenciada de ensino da Química, que preferencialmente pode estar associada com outras perspectivas educacionais como a Educação Ambiental (EA).

Dentre os principais objetivos da EA se destaca a busca pelo desenvolvimento de uma compreensão integrada do meio ambiente, levando em conta suas múltiplas e complexas relações.

Tabela 1: Elementos Denotativos da AEP.

Eixos Estruturantes		
	(I) TEÓRICO	(II) METODOLÓGICO
Articuladores	A. Problema(s) Proposto(s) (PP)	Momentos
	B. Objetivo Experimental (OE)	
	C. Diretrizes Metodológicas (DM)	
	I. Discussão Prévia (DP)	
	II. Organização/Desenvolvimento (OD)	
	III. Retorno ao Grupo de Trabalho (GT)	
	IV. Socialização (SC)	
	V. Sistematização (ST)	

Fonte: Silva e Moura (2018).

Educação Ambiental

De acordo com Stapp e Polunin (1991), a EA surgiu da necessidade da mudança de paradigmas referentes aos valores sociais, econômicos, filosóficos, ideológicos, éticos, e científicos, seguidos pela sociedade de modo geral. Dentre os principais objetivos da EA se destaca a busca pelo desenvolvimento de uma compreensão integrada do meio ambiente, levando em conta suas múltiplas e complexas relações.

Em contraponto a uma racionalidade dita econômica, deriva a necessidade de se estabelecer uma nova racionalidade, a racionalidade ambiental, que integre as multifacetadas dos aspectos socioeconômicos e das consequentes questões ambientais que visam dar suporte para novas relações de produção, a fim de reorientar o desenvolvimento das forças produtivas com foco na sustentabilidade. Isso pode ser feito a partir de valores éticos que priorizem bem-estar coletivo e os recursos renováveis (Foladori, 2000; Santos *et al.*, 2010; Leff, 2014).

A partir dessa ótica, a EA, no ambiente da sala de aula, se desdobra no desenvolvimento de propostas pedagógicas que possibilitem aos alunos a apropriação de conhecimentos, de valores e de atitudes necessárias para proteger o meio ambiente. A urgência de se implementar tais visões se deve ao aumento dos problemas ambientais e ao atual modo de vida, marcado pelo consumismo desenfreado (Gonzalez, 2011; Leff, 2014).

No contexto educacional brasileiro, a partir da década de 1990, se estabeleceu a Política Nacional da Educação Ambiental (PNEA), e demais Legislações ambientais (Brasil, 1996, 1998a, 1998b, 1999a, 1999b, 2002, 2004a, 2004b, 2006, 2012a, 2012b). Contraditoriamente, a PNEA não se firmou como uma política pública, nem a EA se constituiu como um componente curricular, ainda que esteja ocasionalmente inserida nos programas escolares por meio de práticas transversais

contextualizadas (Behrend *et al.*, 2018).

Além disso, a nova Base Nacional Comum Curricular, a BNCC (Brasil, 2018), adotou uma concepção naturalista e conservacionista das questões ambientais, a qual rebaixa a

EA para um plano inferior, em detrimento de uma necessária abordagem crítica, mas que promove seu silenciamento ou ocultamento (Branco *et al.*, 2018; Frizzo e Carvalho, 2018).

Sendo assim, claramente a sala de aula é um ambiente propício para essa discussão com consequências que estarão presentes nas futuras gerações. É pensando nelas que se atua em favor de uma mudança de valores associados ao meio ambiente, à economia, ao social e ao tecnológico. Com debates políticos atuais e em andamento sobre mudanças climáticas, novas formas de produção de energia elétrica e escassez de água, os temas ambientais são relevantes para a vida cotidiana dos alunos e influenciarão as decisões que eles tomarão quando adultos (Moseley, 2016).

As pesquisas sobre EA no contexto da sala de aula evidenciam 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 ensinar EA. Por sua vez, os professores em formação raramente são expostos à EA como parte de seus programas de formação à docência. Contudo, mesmo diante da realidade supracitada, os resultados das pesquisas mostram que a EA pode fornecer resultados positivos aos alunos no desempenho escolar e acadêmico, na formação do pensamento crítico e no fortalecimento da motivação e do engajamento (Nilsson, 2014).

Além disso, o desenvolvimento profissional é vital para ajudar os professores a adquirir habilidades e conhecimentos para ensinar sobre questões ambientais e sociais atuais. Muitos programas fornecem conteúdo ou informações estritamente e assumem que professores conhecem a pedagogia eficaz para traduzir essa nova informação para seus alunos. Para alguns tópicos, esse modelo pode ser eficaz. No entanto, para questões complexas, como as mudanças climáticas, dentre outros, os professores podem precisar de conhecimentos estratégicos atrelados com formas de ensino de conteúdo específico, a fim de construir confiança para incorporar o tema em seu currículo (Li *et al.*, 2019). Dessa maneira, impõem-se a (re)orientação das formações inicial e continuada dos professores, levando em conta a (re)construção de uma racionalidade ambiental. Isso implica agregar os saberes ambientais que emergem dos paradigmas teóricos e das práticas experienciadas à sala de aula, tudo isso, dentro de um contexto vivido pela comunidade em seu entorno (Leff, 2001).

No contexto da docência de Química, faz-se necessário utilizar criativamente os conhecimentos didáticos para gerar e aprimorar novas estratégias de ensino de Química na perspectiva da EA, as quais visem as mudanças dos valores, das atitudes e dos posicionamentos integradores entre o ser humano e o meio ambiente (Cortes *et al.*, 2009; Cortes e Fernandez, 2016).

Aterros sanitários

De acordo com Gandra (2020), os resíduos sólidos urbanos no Brasil são mal destinados, com pouco mais de

3% do lixo sendo reciclado e boa parte jogada em locais inadequados, como lixões e aterros controlados.

Para além desse fato, o aumento populacional elevou também o consumo de materiais diversos e, como consequência, observa-se um crescimento exponencial de resíduos sólidos, inclusive os eletrônicos, em todo o mundo. Em contrapartida, não se observa o surgimento significativo de tecnologias capazes de reciclarem e de evitarem que tais resíduos sejam despejados em locais impróprios (Singh *et al.*, 2019).

Os aterros sanitários são locais que atendem legislações e normas para garantir o descarte seguro do lixo em termos de saúde humana e ambiental. Nos aterros sanitários, o solo é preparado, coberto de maneira a impermeabilizá-lo, seu lixiviado é coletado e tratado em tanques especiais. A partir dessa etapa, o lixo jogado é comprimido e coberto com solo da região para evitar cheiro e proliferação de pragas (Ezaki e Hypolito, 2006).

No trabalho de Medeiros (2019), se tem uma visão geral dos itens que um aterro sanitário deve conter para atender às normas e, assim, proteger ao máximo as águas subterrâneas: (a) conjunto de células recobertas por uma camada de solo, a fim de se evitar a proliferação de vetores e espalhamento pelo vento de papéis e poeira; (b) sistema de drenagem de gás e de líquido percolado; (c) sistema de tratamento dos líquidos percolados; (d) sistema de drenagem de águas superficiais e nascentes e; (e) utilização de *liners* de fundo, que são dispositivos utilizados quando se deseja reter ao máximo possível a percolação de um líquido, de forma que ele não atinja as águas e solo natural.

No Brasil, desde 2010, temos legislação rígida que aborda a temática dos resíduos sólidos. A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), visa promover o enfrentamento e responsabilização de diversos setores da sociedade pelo tratamento e cuidados com o lixo produzido, da produção ao descarte (Rossini e Napolini, 2017).

O aterro sanitário pode ser considerado um grande reator químico, pois inúmeras substâncias são produzidas em processos aeróbicos e anaeróbicos. Os gases produzidos ali são também de preocupação ambiental, destacando-se, dentre eles, o metano e o dióxido de carbono como os principais. Além disso, a presença de metano pode ocasionar um perigo ainda maior devido à possibilidade de explosão. Todavia, em decorrência da baixa concentração de oxigênio dentro do aterro, as chances de explosão são pequenas. Nos aterros também estão presentes os gases residuais, os chamados COVs (compostos orgânicos voláteis), cuja toxicidade de seus subprodutos após incineração não completa são ainda mais preocupantes (Resende, 2004).

Além disso, o aterro sanitário apresenta composição variável que depende do tempo em que está em repouso. Celere *et al.* (2007) indicam a existência de três etapas processuais em aterros sanitários: a primeira caracterizada por processos aeróbicos, consumindo o oxigênio disponível no meio; e as segunda e terceira sendo anaeróbicas. Pode-se ilustrar estas etapas através da Figura 1, adaptada de Fadini e Fadini (2001).

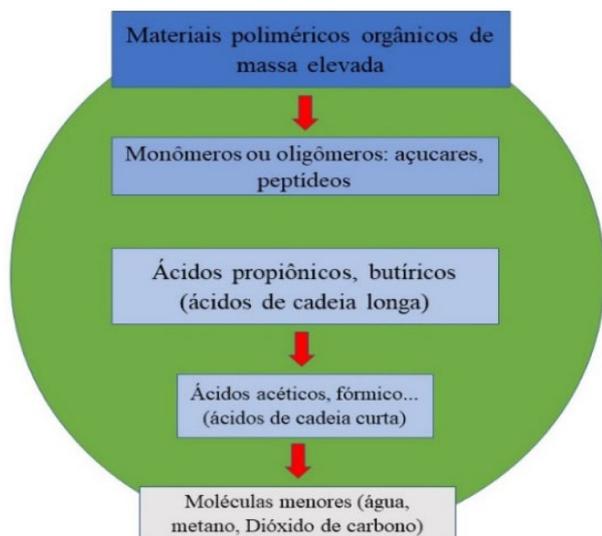


Figura 1: Composição e processos de decomposição de aterros. Fonte: Autores (2022).

Tal imagem revela a diversidade de substâncias que são formadas pela hidrólise e fermentação da matéria orgânica que é degradada, em etapas, por meio da ação de bactérias acetogênicas e metanogênicas num equilíbrio dinâmico.

Metais pesados

Sabe-se que os aterros sanitários não são o destino final da complexa mistura orgânica e inorgânica que compõe o lixo urbano. A complexidade dessa mistura faz com que seu tempo de decomposição seja diverso, processo que pode durar dias ou até mesmo séculos (Ezaki e Hypolito 2006; Celere *et al.*, 2007).

O chorume, oriundo do lixo urbano, é um líquido escuro gerado pela infiltração de água das chuvas que percolam através da massa de rejeitos. Ele pode conter substâncias advindas de diversos materiais. Entre outros contaminantes que estão presentes no chorume, destacam-se os metais pesados, ou elementos-traço, provenientes de inúmeras fontes como pilhas, baterias, lâmpadas, utensílios domésticos, materiais eletroeletrônicos, embalagens de tinta, celulares, televisores e outros (Ezaki e Hypolito, 2006; De Sá *et al.*, 2012; Smith *et al.*, 1996; Adriano, 1986).

Além disso, o meio reativo oriundo do lixo contribui para a disponibilização de vários outros metais provenientes do próprio solo da região onde os materiais diversos são depositados. Dependendo das suas propriedades físico-químicas, os metais pesados acabam retidos nos solos e nos recursos hídricos superficiais ou são lixiviados para as águas subterrâneas. (Mello *et al.*, 2012).

Contaminantes como cádmio (Cd), cobre (Cu.), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn) podem alterar a química do solo e ter impacto nas plantas, e, também em outros organismos (Smith *et al.*, 1996). Esses contaminantes causam distúrbios fisiológicos nas plantas, pois sua absorção pelo sistema radicular retarda o crescimento da planta e a priva de vigor (Pattnaik e Reddy, 2009; Moustakas *et al.*, 1994; Voutsas *et al.*, 1996).

Isso posto, tendo em vista a complexidade da temática da destinação do lixo urbano nos aterros sanitários e a presença de metais pesados, foram propostas, neste trabalho, duas atividades experimentais balizadas pela AEP e pelos objetivos da Educação Ambiental. Tais atividades complementam uma discussão prévia e análise da problemática abordada acima.

As AEP têm o intuito de possibilitar a apropriação, por parte do aluno, do “fazer científico” e de valores éticos que vão de encontro aos valores impostos pelos padrões modernos de consumo. Assim como descrito por Souza (2017), pretende-se que a proposta apresentada seja capaz de promover a percepção de que o lixo é um problema do cotidiano. Isso se deve fazer através do fomento do debate, da cidadania, da mudança de atitudes, bem como da necessidade de “saber mais”. Destarte, o ensino de química tem como objetivo promover meios para que o indivíduo seja capaz de analisar e tomar decisões de maneira crítica, cumprindo o papel da educação que é educar para a vida (Estevão, 2017).

Aplicações da AEP – minibiogestor e bioensaio

As duas AEP são planejadas para avaliar o efeito de contaminantes possivelmente presentes no lixo urbano. Para isso foi usada uma solução de íons cobre, Cu^{2+} , como o contaminante investigado, assim como proposto por Palácio *et al.* (2013). Seu preparo é descrito no Quadro 1. O referido quadro possui as orientações dos materiais alternativos que podem ser encontrados com facilidade em estabelecimentos de conveniências, produtos agrícolas e farmácias.

Quadro 1: Preparo da solução de íons cobre.

MATERIAIS	PROCEDIMENTO
<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"> - Pesar 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.

A aplicação da AEP 1, construção de minibiogestor de baixo custo, e da AEP 2, confecção de bioensaio, articulam uma temática ambiental contemporânea com potencialidade de aproximar os alunos do conhecimento de maneira experimental, tematizando a destinação do lixo urbano nos aterros sanitários e a presença de metais pesados (Tabela 2).

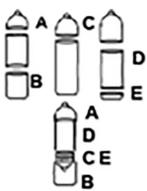
Os materiais indicados na Tabela 2 são baseados em materiais de fácil acesso e manuseio. A atuação do

professor nas etapas de preparo e montagem é de fundamental importância para evitar acidentes: é importante observar que os cortes nas garrafas pet e a fixação das partes do minibiobiodigestor, e bioensaio, precisam do uso de materiais pontiagudos e cortantes. É recomendável que o minibiobiodigestor fique em local arejado e fora do contato com a luz solar. Caso adaptações sejam feitas com furos nas laterais do minibiobiodigestor é preciso tomar cuidados quanto ao mau cheiro, que pode ser insuportável a pessoas com olfato mais sensível. Para a aplicação da AEP 1 será

importante que sejam abordadas as reações químicas que ocorrem ao longo do processo de degradação do alimento, tanto o processo aeróbico quanto o anaeróbico da decomposição da matéria orgânica.

Na testagem preliminar das AEP 1 e 2 (Figura 2), o minibiobiodigestor e o bioensaio foram elaborados conforme as Diretrizes Metodológicas descritas anteriormente (Tabela 2). É desejável que essas práticas experimentais ocorram com diferentes grupos de alunos, que colaborem entre si, para discutir os resultados observados após a experimentação.

Tabela 2: AEP 1 e 2

AEP 1 – MINIBIODIGESTOR	AEP 2 – BIOENSAIO
<p>Questões orientadoras da atividade prática</p> <p>O que é um biodigestor? O que acontece com a matéria orgânica e inorgânica quando presentes dentro de um biodigestor? 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)?</p>	<p>Questões orientadoras da atividade prática</p> <p>Substâncias ditas poluentes são encontradas naturalmente no meio ambiente? Como faria para determinar se um contaminante está 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?</p>
<p>Problema proposto</p> <p>No Brasil, 60% dos municípios (3355 municípios ao todo) têm seu lixo destinado a aterros controlados e lixões. Aterros sanitários são a forma mais segura de se destinar o lixo urbano. Como poderíamos estudar o processo de decomposição dos diversos tipos de resíduos presentes num aterro?</p>	<p>Problema proposto</p> <p>No Brasil, 60% dos municípios (3355 municípios ao todo) têm seu lixo destinado a aterros controlados e lixões. Os contaminantes presentes no lixo podem contaminar o solo e os recursos hídricos da região no entorno? Poderíamos verificar os efeitos de alguns contaminantes nesses meios?</p>
<p>Objetivo Experimental</p> <p>Realizar a confecção de um minibiobiodigestor, baseado no que foi proposto por Resende (2004). Isso serve para avaliar o tempo e o processo de decomposição de alguns materiais constituintes do lixo urbano doméstico, bem como a formação do chorume.</p>	<p>Objetivo Experimental</p> <p>Realizar um bioensaio baseado no que foi proposto por Palácio <i>et al.</i> (2013), para avaliar os efeitos do contaminante cobre, como cátion bivalente (Cu^{2+}), no crescimento da raiz de cebolas (<i>Allium cepa</i>).</p>
<p>Diretrizes metodológicas</p>  <p>Como descrito por Resende (2014), para se fazer um minibiobiodigestor, segundo a figura ao lado, são necessários os seguintes materiais: 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 de algodão (flanela ou trapo qualquer) e caneta.</p> <p>Deve-se construir o minibiobiodigestor até a parte D, fixando as partes com fita adesiva, e então inserir os resíduos, que podem ser restos de alimentos, madeira, terra, vidro, metais, etc. É interessante adicionar algum material contaminante (solução de íons cobre, por exemplo) para avaliar possíveis influências na formação do líquido escuro (chorume). Marcar uma graduação de volume na parte B usando uma caneta e selar o minibiobiodigestor com fita adesiva. Ressalta-se que na parte E deve-se adicionar o tecido poroso, para funcionar como uma membrana permeável. Com o tempo de 15 dias, observa-se na parte B do minibiobiodigestor um líquido escuro (chorume), resultado da decomposição da matéria orgânica adicionada.</p>	<p>Diretrizes metodológicas</p> <p>Misturar terra obtida das proximidades da escola com soluções de sulfato de cobre de 1 e 10 mg.L^{-1}, e realizar sua filtração, separando todo o líquido.</p> <p>Ou passar soluções de sulfato de cobre, de concentrações de 1 e 10 mg.L^{-1}, por um papel de filtro contendo terra ou sedimentos obtidos nas proximidades da escola.</p> <p>Recolher o líquido e realizar um bioensaio segundo Palácio <i>et al.</i> (2013), mergulhando bulbos de cebola no líquido, usando palitos de dente como suportes (vide palitos de dente) (vide Figura 2b). Após uma semana, avaliar o tamanho das raízes da cebola e comparar com um branco previamente preparado. Em seguida, observar as células meristemáticas das raízes das cebolas expostas ao controle e às soluções de sulfato de cobre (vide quadro 2 e Figura 3). Ambos os experimentos conectam a química à biologia no que se refere a preparo de soluções, medida do comprimento das raízes, bem como observação dos efeitos nas células vegetais através da microscopia.</p> <p>* Alternativamente à AEP 2 e de forma complementar à AEP 1, pode-se realizar o bioensaio usando do chorume formado no compartimento da parte B do minibiobiodigestor, realizando diluições com água da rede de abastecimento.</p>

Fonte: Silva e Moura (2018), adaptado.

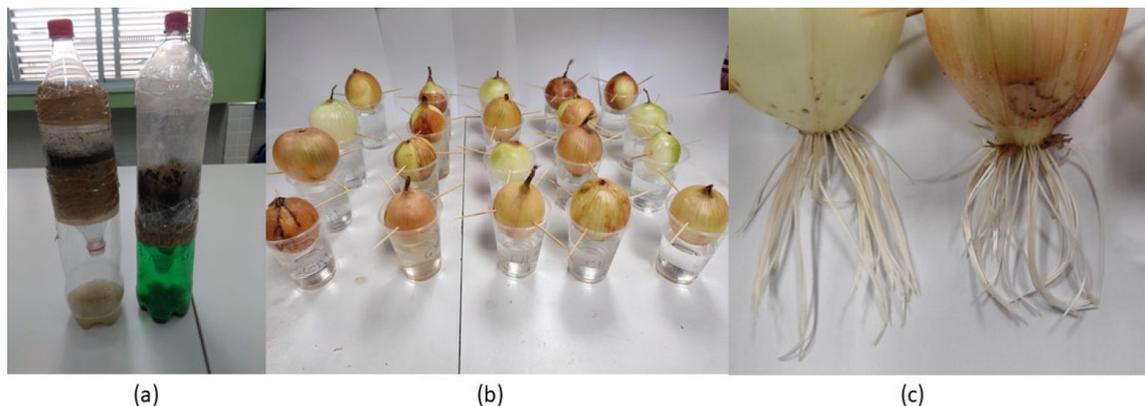


Figura 2: Minibiodigestores (a), bioensaio com diluições do chorume coletado do minibiodestor (b), e medidas dos comprimentos das raízes (c). Fonte. Autores (2022).

Resumidamente, confeccionou-se dois minibiodigestores (AEP 1) adicionando 200 g de matéria orgânica, 200 g de sedimentos diversos e, somente para um deles, 150 mL de solução de íons cobre $1000 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$. Com o líquido escuro (chorume) resultante, obtido após 15 dias em repouso, produziram-se duas diluições, 0,1 e 1% (v/v), para a realização de bioensaio (AEP 2), em quadruplicatas, mais um controle com água da rede de abastecimento (Figura 2). Assim, foram construídos os bioensaios intitulados: 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 minibiodigestor 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 minibiodigestor que continha 150 mL de solução íons cobre $1000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ preparada segundo o Quadro 1.

Os resultados obtidos, em relação ao comprimento das raízes, podem ser reproduzidos e apresentados aos alunos, o que pode gerar muitas discussões que impulsionem sua curiosidade sobre outros questionamentos (Tabela 3).

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), houve indícios de que os íons Cu^{2+} da solução de sulfato de cobre em conjunto com o chorume potencializaram o crescimento das raízes. Sendo assim, o chorume a 0,1 (v/v) teria o mesmo efeito, mas não na mesma extensão. 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) (Fiskesjö, 1988; Yildiz *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2018).

Observou-se para as cebolas imersas nas soluções de chorume + Cu^{2+} a 1,0 % (v/v) e chorume a 1,0 % um menor crescimento do comprimento da raiz em ambos, sendo mais latente no chorume + Cu^{2+} a 1,0 % (v/v). Os íons de cobre, em elevadas concentrações, reduzem a taxa mitótica nas células meristemáticas das raízes dos vegetais (Wang *et al.*, 2014; Qin *et al.*, 2015; Coelho, 2017; Franscescon *et al.*, 2018).

Algumas observações a respeito dos procedimentos acima destacados se referem mais uma vez aos odores que são liberados, principalmente no processo de abertura do minibiodigestor. Contudo, o líquido coletado e diluído usado no bioensaio não apresenta cheiro aparente. Sendo assim, ao se pensar no contexto de sala de aula, deve-se evitar o contato do material com a pele dos alunos ou de qualquer um que vá manuseá-lo, devido à sua complexidade. O tempo máximo para a realização de ambos os procedimentos é de 19 dias. Na realidade de sala de aula, os momentos de espera que os experimentos necessitam devem ser usados para uma contextualização, com aulas que venham a ajudar os alunos a entenderem os processos que estão ocorrendo nos experimentos, como a decomposição da matéria orgânica e os efeitos dos metais pesados nos organismos vivos. Deve-se também focalizar sobre os impactos socioambientais do consumo exacerbado de produtos fruto das tecnologias contemporâneas, bom como dar um destaque ao modelo de consumo impostos pelo sistema capitalista em que vivemos, culminando na discussão acerca da necessidade de uma nova racionalidade apontada por Leff (2014).

Pode-se observar na Figura 3 o efeito da redução da taxa mitótica de células meristemáticas de cebolas em contato

Tabela 3: 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: Autores (2022).

com solução de 10 mg.L⁻¹ de íons Cu²⁺ (b), e de cebolas apenas em contato com água da rede de abastecimento (a).

Quadro 2: Preparo de células meristemáticas da cebola para observação no microscópio.

MATERIAIS	PROCEDIMENTO
<ul style="list-style-type: none"> - Lamparina - Orceína láctico/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: Wang *et al.* (2014), adaptado; Qin *et al.* (2015); Coelho (2017); Franscescon *et al.* (2018).

Com os resultados apresentados na Figura 3, observou-se com facilidade células em processo de divisão celular (a). Em (b), foram raras as células que claramente se mostraram no mesmo processo.

Tais efeitos são observados também em trabalhos que avaliaram 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 milho e conífera, respectivamente.

Será extremamente importante que os alunos sejam estimulados a buscar maneiras de responder a questionamentos por meio de adaptações dos experimentos e posterior discussão dos resultados nos momentos de Retorno ao Grupo de Trabalho e Socialização indicados nas Diretrizes Metodológicas da AEP.

A constatação do efeito de contaminantes nas cebolas em nível macroscópico e microscópico usando materiais de baixo custo sustenta em sala de aula a curiosidade do aluno, sendo de grande relevância para a reflexão na tomada de decisões a respeito das questões ambientais.

Considerações finais

O presente estudo tratou sobre a importância da aplicação de experimentação em aulas de Química, abordando os problemas ambientais decorrentes da destinação do lixo urbano em aterros sanitários, com a produção de chorume contaminado com metais pesados, os elementos-traço. Foram apresentadas duas práticas experimentais associadas à produção de materiais didáticos, o minibiodigestor e o bioensaio, que tornaram aplicáveis os objetivos experimentais, as diretrizes metodológicas e a resolução do problema proposto da Atividade Experimental Problemática (AEP)

conectada à Educação Ambiental (EA).

As testagens preliminares dos experimentos – AEP 1 e AEP 2 – evidenciaram a possibilidade de serem replicados em sala de aula, com abordagens integradas entre diferentes áreas do conhecimento e com aproximações das questões ambientais. Os experimentos propostos podem ser executados em diferentes contextos educacionais e apresentam a potencialidade da formação do pensamento crítico e do desenvolvimento de competências discentes como: criatividade, colaboração, autonomia e responsabilidade socioambiental.

Por fim, espera-se que a proposta didática apresentada seja capaz de contribuir para a aquisição de conhecimentos químicos, de mobilizar posicionamentos a favor de práticas integradoras entre pessoas e o meio ambiente e de busca de soluções inovadoras aos problemas ambientais.

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, ES – BR. **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. **Lilia do Espírito Santo Azevedo** (lilia.azevedo@edu.ufes.br), licenciada em Ciências da Natureza e Química, mestre em Ciências da Natureza, doutoranda em Química na área de Ensino de Química pela UFES. Vitória, ES – BR. **André Luis Silva da Silva** (andresilva@unipampa.edu.br), licenciado em Química e doutor em educação em Ciências pela UFRGS, atualmente é professor da UNIPAMPA. Caçapava do Sul, RS – BR. **Paulo Rogério 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.

Referências

- ADRIANO, D. C. *Trace Elements in the Terrestrial Environment*. New York: Springer, 1986.
- ARAÚJO, V. K. S. e SANTOS, J.C.O. The influence of teacher (Des)qualification in teaching chemistry in Brazil. *Academia Journal of Educational Research*, v. 6, n. 2. p. 30-35, 2018.
- BEHREND, D. M.; COUSIN, C. S. e GALIAZZI, M. C. Base Nacional Comum Curricular: O que se mostra de referência à Educação Ambiental? *Ambiente e Educação: Revista de Educação Ambiental*, v. 23, n. 2, p. 74-89, 2018.
- BRANCO, E. P.; ROYER, M. R. e BRANCO, A. B. G. A abordagem da educação ambiental nos PCNs, nas DCNs e na BNCC. *Nuances: estudos sobre Educação*, v. 29, n. 1, p. 185-203, 2018.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as *Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Seção 1, p. 27833.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). Resolução n. 3, de 26 de junho de 1998. Institui as *Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília, DF. 1998a.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. *A implantação da Educação Ambiental no Brasil*. Brasília, DF: MEC/SEF, 1998b.

- BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre Educação Ambiental e institui a *Política Nacional de Educação Ambiental*, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 1999a.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)*. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Secretaria de Educação Básica/MEC, 1999b.
- BRASIL. PCN+ *Ensino Médio: orientações curriculares complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.
- BRASIL, Ministério da Educação: Secretaria de Educação Básica. *Orientações Curriculares do Ensino Médio*. Brasília: MEC/SEB, 2004a.
- BRASIL. Ministério da Educação: Secretaria de Educação Básica. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da natureza e suas tecnologias*, v. 2. Brasília: MEC/SEB, 2006.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CP nº 14, de 6 de junho de 2012. Institui as *Diretrizes Curriculares para a Educação Ambiental*. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2012a.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CP nº 2, de 15 de junho de 2012. Estabelece as *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental*. Diário Oficial da União. Brasília: Ministério da Educação, 2012b.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>, acesso em abr. 2023.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Identidades da Educação Ambiental brasileira*. Brasília: MMA, 2004b.
- CAN, A. A.; ISIK, G. e YUCEL, E. The effects of cooper (CuCl₂) on mitotic cell division of Lebanon Cedar (*Cedrus libani*) Frensius. *Environmental Bulletin*, v. 25, n. 10, p. 4324-4326, 2016.
- CELERE, M. S.; OLIVEIRA, A. S.; TREVILATO, T. M. B. e SEGURA-MUÑOZ, S. I. 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.
- COELHO, E. J. R. *Respostas Fisiológicas e Citogenéticas em Raízes de Allium Cepa L. Expostas às Amostras e Água e Sedimento de Três Barragens ao Longo da Bacia do Rio Santa Maria da Vitória (ES, Brasil)*. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2017.
- CORTES JUNIOR, L. P.; CORIO, P. e FERNANDEZ, C. As representações sociais de Química Ambiental dos alunos iniciantes na graduação em Química. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 1, p. 46-54, 2009.
- CORTES JUNIOR., L. P. e FERNANDEZ, C. A. Educação ambiental na formação de professores de química: estudo diagnóstico e representações sociais. *Química Nova*, v. 39, n. 6, p. 748-756, 2016.
- DE SÁ, L. D.; JUCÁ, J.F.T. e MOTTA SOBRINHO, M.A. Tratamento do lixiviado de aterro sanitário usando destilador solar. *Revista Ambiente & Água*, v. 7, n. 1, p. 204-217, 2012.
- ESTEVAO, A. S. *História em quadrinhos no ensino de Química como estratégia didática para abordagem do tema “lixo eletrônico”*. Tese (Doutorado em Ensino de Biociências e Saúde) - Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ, 2017.
- EZAKI, S. e HYPOLITO R. Comportamento geoquímico de íons de metais pesados (Pb, Cu, Cr e Ni) em aterros sanitários - simulações de células de lixo em colunas experimentais. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 36, n. 1, p. 5-12, 2006.
- FADINI, P. S. e FADINI, A. A. B. Lixo: Desafios e Compromissos. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, p. 9-18, n. 1, maio 2001.
- FISKESJÖ, G. The Allium test - an alternative in environmental studies. The relative toxicity of metal ions. *Mutation Research/ Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, v. 197, n. 2, p. 243-260, 1988.
- FRANCESCO, F.; MAZON, S.C.; BERTONCELLO, K.T.; BOLIGON, A.A.; SACHETT, A.; RAMBO, C.L.; ROSEMBERG, D.B.; DAL MAGRO, J. e SIEBEL, A.M. Protective role of jaboticaba *Plinia peruviana* peel extract in copper-induced cytotoxicity in *Allium cepa*. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 25, p. 35322-35329, 2018.
- FRIZZO, T. C. E. e CARVALHO, I. C. M. Políticas públicas atuais no Brasil: o silêncio da educação ambiental. *Revista Eletrônica Mestrado Educação Ambiental*, n. 1, p. 115-127, 2018.
- FOLADORI, G. Ecologia, capital e cultura: racionalidade ambiental, democracia participativa e desenvolvimento sustentável. *Revista Ambiente & Sociedade*, n. 6-7, p. 169-173, 2000.
- GANDRA, A. Quase metade dos municípios ainda despeja resíduos em lixões, 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/>, acesso em mai. 2022.
- GONZALEZ, I. M. Análise de um percurso de ensino sobre o lixo urbano na perspectiva CTSA. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação de Ciências. Anais. Campinas: UNICAMP, 2011.
- JIANG, W.; LIU, D. e LIU, X. Effects of Copper on Root Growth, Cell Division, and Nucleolus of *Zea Mays*. *Biologia Plantarum*, v. 44, p. 105-109, 2001.
- LI, C. J.; MONROE, M.C.; OXARART, A. e RITCHIE, T.; Building teachers' self-efficacy in teaching about climate change through educative curriculum and professional development. *Applied Environmental Education & Communication*, v. 20, n. 1, p. 34-48, 2019.
- LIMA V. F. e MERÇON F. Metais pesados no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 4, p. 199-205, 2011.
- LEFF, E. *Epistemologia ambiental*. São Paulo: Cortez Ed., 2001.
- _____. *Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2014.
- MARQUES, C. A.; GONÇALVES, F.P.; ZAMPIRON, E.; COELHO, J.C.; MELLO, L.G.; OLIVEIRA, P.R.S. e LINDEMANN, R.H. Visões de meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de química na escola média. *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 2043-2048, 2007.
- MEDEIROS, A.P. *Análise da Aplicação de Geossintéticos no Aterro Sanitário de Seropédica/RJ*, Monografia (Graduação) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2019.
- MELLO, V.F.B.; ABREU, J.P.G.; FERREIRA, J.M.; JUCÁ, J.F.T. e MOTTA SOBRINHO, M.A. Variáveis no processo de coagulação/floculação/decantação de lixiviados de aterros sanitários urbanos. *Ambiente & Água*, v. 7, n. 2, p. 88-100, 2012.
- MERÇON, F. A Experimentação no Ensino de Química. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.

Anais. São Paulo: Bauru, 2003.

MONTEIRO, I. G. S.; SALES, E. S. e LIMA, K. S. Experimentos em sala de aula: minimizando barreiras no ensino da química. In: VII Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade”. Sergipe: São Cristóvão, 2013.

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

MOUSTAKAS, M.; LANARAS, T.; SYMEONIDIS, L. e KARATAGLIS, S. Growth and some photosynthetic characteristics of field grown Avena sativa under copper and lead stress. *Photosynthetica*, v. 30, p. 389-396, 1994.

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.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. *Acta Scientiae*, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2010.

PALÁCIO, S. M.; CUNHA, M. B.; QUIÑONES, F. R. E. e NOGUEIRA, D.A. Toxicidade de metais em soluções aquosas: um bioensaio para sala de aula. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 79-83, 2013.

PATTNAIK, S. e REDDY, M.V. Assessment of municipal solid waste management in Puducherry (Pondicherry), India. *Resources, Conservation & Recycling*, v. 54, p. 512-520, 2009.

QIN, R.; WANG, C.; CHEN, D.; BJÖRN, L. O. e LI, S. Copper-induced Root Growth Inhibition of Allium Cepa Var. Agrogarum L. Involves Disturbances in Cell Division and DNA Damage Environmental. *Toxicology and Chemistry*, v. 34, n. 5, p. 1045-1055, 2015.

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*. Dissertação (Mestrado em Química para o Ensino) - Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2004.

ROSSINI, V. e 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.

SANTOS, J. C. O.; COSTA, E.; LIMA, R. C. S. L. e ARAÚJO, D.S. Alternative ways in chemistry teaching: Providing the creativity of high school students. *Academia Journal of Educational Research*, v. 4, n. 4, p. 69-74, 2016.

SANTOS, W. L. P. e SCHNETZLER, R. P. Função Social: o que significa ensino de Química para formar o cidadão? *Química Nova na Escola*, n. 4, p. 28-34, 1996.

SANTOS, W. L. P.; MACHADO, P.F.L.; VASCONCELLOS, E. S.; SANTANA, V. R.; SILVA, E. L. e MATSUNAGA, R. T.

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.

SILVA, A. L. S. e MOURA, P. R. G. de *Atividade experimental problematizada*. São Paulo: Livraria da Física, 2018.

SILVA, I.F. e SILVA, A. J. P. A experimentação na educação em química: estudo exploratório sobre as percepções de licenciandos. *Revista Virtual de Química*, v. 11, n. 3, p. 937-957, 2019.

SILVA, L. H. A. da. e ZANON, L. B.; *A Experimentação no Ensino de Ciências*. In: SCHNETZLER, R. P. e ARAGÃO, R. M. R. *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens*. Piracicaba: CAPES/UNIMEP, 2000.

SINGH, N.; DUAN, H.; OGUNSEITAN, O. A.; LI, J. e TANG, Y. Toxicity trends in E-Waste: A comparative analysis of metals in discarded mobile phones. *Journal of Hazardous Materials*, v. 380, p. 120898, 2019.

SINGH, R. P.; SINGH, P.; AROUJA, A. S. F.; IBRAHIM, M.H. e SULAIMAN, O. Management of urban solid waste: vermicomposting a sustainable option. *Resources, Conservation & Recycling*, v. 55, p. 719-729, 2011.

SMITH, C. J.; HOPMANS, P. e COOK, F. J. Accumulation of Cr, Pb, Cu, Ni, Zn and Cd in soil following irrigation with treated urban effluent in Australia. *Environmental Pollution*, v. 94, p. 317-323, 1996.

SOUZA, K. S. *Lixo urbano como temática na promoção da cidadania e Ensino-aprendizagem de Química a partir do enfoque CTS*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2017.

STAPP, W. B. e POLUNIN, N. Global Environmental Education: Towards a Way of Thinking and Acting. *Environmental Conservation*, v. 18, n. 1, p. 13-18, 1991.

VOUTSA, D.; GRIMANIS, A. e SAMARA, C. Trace elements in vegetables grown in an industrial area in relation to soil and air particulate matter. *Environmental Pollution*, v. 94, p. 325-335, 1996.

WANG, Q. L.; ZHANG, L. T.; ZOU, J. H.; LIU, D. H. e YUE, J. Y. Effects of cadmium on root growth, cell division and micronuclei formation in root tip cells of Allium cepa var. agrogarum L. *International Journal of Experimental Botany*, v. 83, n. 2, p. 291-298, 2014.

YILDIZ, M.; CIGERCI, I. H.; KONUK, M.; FIDAN, F. e 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. e 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. 110102, 2018.

Abstract: *Problematized Experimental Activity (PEA) and Environmental Education (EE): presence of heavy metals in sanitary landfills - a teaching proposal.* It is established that experimental activities are rarely applied in the classroom, either due to the absence of spaces suitable for the experiments or due to the precarious conditions for teaching in the current context of Basic Education. This paper aims to present the implementation of Chemical experimental teaching along with an environmental approach, aiming to meet certain demands of the new High School curriculum: the elaboration of local curricula and the production of specific teaching materials. In this way, we propose the articulation of the Problematized Experimental Activity (PEA), linked to David Ausubel's Theory of Meaningful Learning and Thomas Kuhn's Epistemology, with Environmental Education (EE), addressing the theme of presence of heavy metals and its destination in landfills. This didactic proposal consists of the construction of a low-cost mini biogasifier and the preparation of a bioassay, focusing on essential learning of scientific knowledge.

Keywords: experimentation, landfills, bioassay.