

## Artigo

**O Antropoceno, a Educação Ambiental e o Ensino de Química****Miranda, J. L.;**\* **Gomes, F.;** de Almeida, C. D.; Gerpe, R.*Rev. Virtual Quim.*, 2018, 10 (6), 1990-2004. Data de publicação na Web: 4 de janeiro de 2019<http://rvq.sbq.org.br>**The Anthropocene, the Environmental Education and Teaching Chemistry**

**Abstract:** The Anthropocene, the geological force of the humankind or The Age of Humans implies new processes of reflection on the complexity of our environmental and planetary reality. The discussion on the concept of Anthropocene and its consequences in the academy, in teaching and society should emerge on us a necessary process of a dialogue between different knowledges and an environmental contextualization in teaching chemistry. In this article, we propose a reflection in relation to the environmental education and teaching chemistry in this scenario in three topics: a) the environmental education and the Anthropocene, b) the Anthropocene and environmental chemistry and c) teaching chemistry and Anthropocene. The relationships among the planetary complexity, the environmental education and social learning are arisen for the discussion on Anthropocene, as well as the approach of planetary limits in teaching Chemistry. In the context of teaching Chemistry and the Anthropocene, three topics were selected for didactic planning classes that have already been used for regular and young-adults high schools in the state of Rio de Janeiro, which were: a) green house gases, global warming and teaching Chemistry, b) urban solid wastes and teaching chemistry and c) plastics and teaching Chemistry.

**Keywords:** Anthropocene; planetary limits, chemistry teaching.

**Resumo**

O Antropoceno, a força geológica do ser humano ou a Idade dos humanos, implica novos processos de reflexão sobre a complexidade da nossa realidade ambiental e planetária. O debate sobre o conceito do Antropoceno e o que isto pode suscitar no meio acadêmico, no ensino e na sociedade devem nos remeter a um necessário processo de diálogo entre os diferentes saberes e a contextualização ambiental no ensino de química. Neste artigo, propomos uma reflexão em relação às contribuições da Educação Ambiental e do ensino de Química neste cenário em três âmbitos: a) a educação ambiental e o Antropoceno, b) o Antropoceno e a Química Ambiental e c) o ensino de Química e o Antropoceno. As relações entre a nova complexidade planetária, a educação ambiental e a aprendizagem social são levantadas para a discussão do Antropoceno, assim como, a abordagem dos limites planetários no ensino de Química. No âmbito do ensino de Química e o Antropoceno, são apresentados três temas selecionados para planejamentos didáticos de aulas para o ensino médio de Química que já foram desenvolvidos em diferentes instituições do ensino médio regular e do Ensino para Jovens e Adultos (EJA) do estado do Rio de Janeiro, a saber: a) os gases do efeito estufa, o aquecimento global e o ensino de Química, b) os resíduos sólidos urbanos e o ensino de Química e c) os plásticos e o ensino de Química.

**Palavras-chave:** Antropoceno; limites planetários; ensino de Química.

\* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Departamento de Química Inorgânica, Rua Athos da Silveira Ramos, CEP 21941-909, Cidade Universitária, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

✉ [jussara@iq.ufri.br](mailto:jussara@iq.ufri.br)

DOI: [10.21577/1984-6835.20180126](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20180126)

## O Antropoceno, a Educação Ambiental e o Ensino de Química

Jussara Lopes de Miranda,<sup>a,b</sup> Flora Gomes de Oliveira da Silva,<sup>a,b</sup> Cinthia Diniz de Almeida,<sup>a,b,c</sup> Rosana Gerpe<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Departamento de Química Inorgânica, Rua Athos da Silveira Ramos, CEP 21941-909, Cidade Universitária, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

<sup>b</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro-Programa de Pós-graduação em Ensino de Química, Instituto de Química, Rua Athos da Silveira Ramos, CEP 21941-909, Cidade Universitária, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

<sup>c</sup> FAETEC- Santa Cruz - Largo do Bodegão 46, Santa Cruz, CEP 23550-050, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

\* [jussara@iq.ufrj.br](mailto:jussara@iq.ufrj.br)

*Recebido em 22 de dezembro de 2018. Aceito para publicação em 22 de dezembro de 2018*

### 1. Introdução

### 2. A Educação Ambiental e o Antropoceno

### 3. O Antropoceno e a Química Ambiental

### 4. O Ensino de Química e o Antropoceno

4.1. Os gases do efeito estufa, o aquecimento global e o ensino de Química

4.2. Os resíduos sólidos urbanos e o ensino de Química

4.3. Os Plásticos e o ensino de Química

### 5. Considerações Finais

## 1. Introdução

A Ciência propôs um novo debate para a sociedade do século XXI: considerarmos que o ser humano alcançou uma “força” de influência de magnitude planetária na sua relação com uso dos recursos naturais e suas ações transformadoras, eclodindo, assim, a Época do Antropoceno ou a Idade dos Humanos. Independente do nome Antropoceno e de seus questionamentos em relação a esta “Força” (ou fraqueza?) humana

planetária,<sup>1</sup> assim como das variantes propostas: Capitoloceno,<sup>2</sup> Ocidentaloceno,<sup>3</sup> Tecnoceno<sup>4</sup> ou Novo Regime Climático,<sup>5</sup> os considerados *Limites Planetários* foram alcançados e se mostram diante de nós com muita “força”, seja nas consequências observadas e experimentadas por nós com as mudanças climáticas, seja na constatação da diminuição ou alteração da biodiversidade.

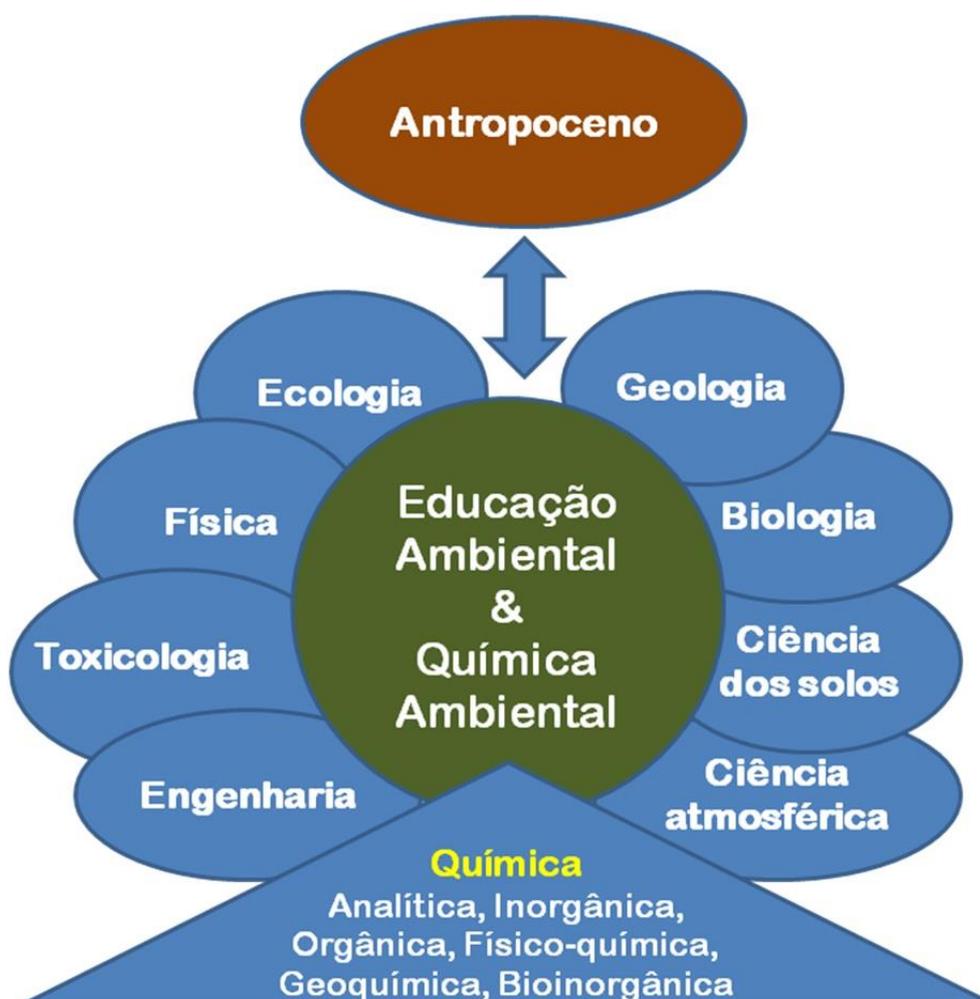
A reflexão em relação ao Antropoceno e todo o emaranhado de consequências interligadas associadas a ele não pode deixar de ser tema da Ciência e sendo assim, a

Química, como domínio temático, tem um papel importante nesta discussão. No entanto, ao considerarmos a complexidade da proposição de uma força geológica do Ser Humano, a inter-relação sinérgica entre diferentes “domínios” do saber é imprescindível, abrangendo a Geologia, História, Biologia, Sociologia, Física, Química, Oceanografia, a Economia, assim como, a Psicologia, além das áreas correlatas, como a, Estratigrafia, ou áreas inter ou transdisciplinares, como Toxicologia, Ciências e Educação Ambientais. O desafio estabelecido, que quase é antagonismo, é o questionamento de como a Química e os seus conteúdos científicos se inserem ou podem se inserir neste complexo de um novo período geológico, sem deixar de estabelecer as múltiplas relações entre as diferentes áreas,

muitas vezes, entre mais de duas áreas concomitantemente.

Neste artigo, propomos uma reflexão em relação às contribuições da Educação Ambiental e do ensino de Química neste cenário atual de debates sobre o Antropoceno. Esta reflexão será discutida em três âmbitos: a) a educação ambiental e o Antropoceno, b) o Antropoceno e a Química Ambiental e c) o ensino de Química e o Antropoceno.

A relação entre estes três temas, Antropoceno, Química Ambiental e Ensino de Química, pode ser explicitada na **figura 1** que tenta apresentar a abrangência e a inter-relação entre as mais diferentes áreas com eles relacionadas.



**Figura 1.** O Antropoceno, a Educação Ambiental, a Química Ambiental e a interface com as áreas relacionadas

## 2. A Educação Ambiental e o Antropoceno

A Educação Ambiental (EA) pressupõe na sua proposta de definição o envolvimento da complexidade de sua natureza e a não restrição a uma ou duas áreas, tal como ocorre também em relação ao Antropoceno.

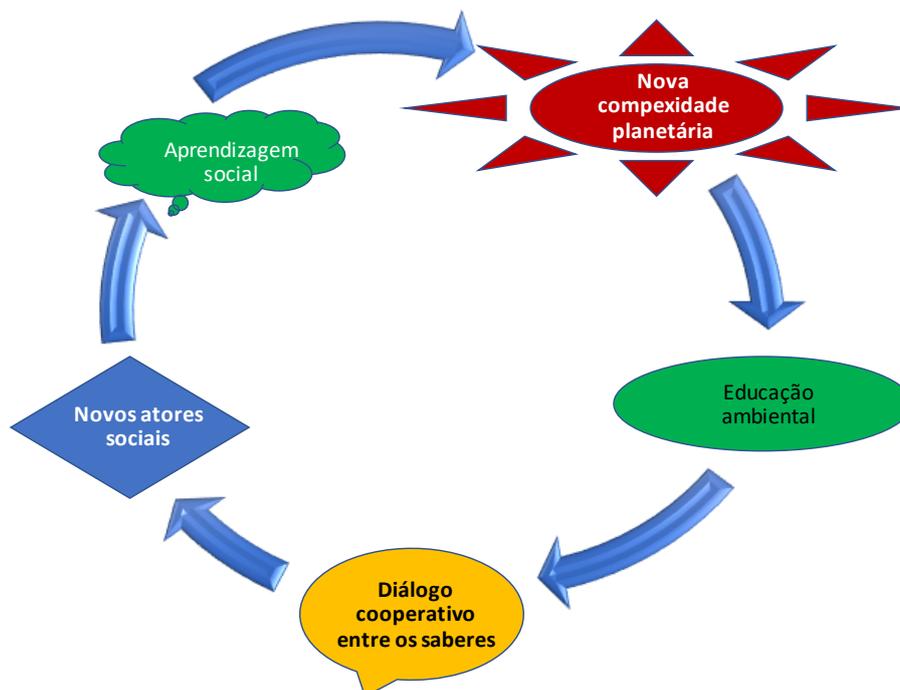
Dentre as diversas propostas de definições para a EA,<sup>6</sup> destacamos aqui a que tem uma relação explícita com o Antropoceno (*na nossa visão*) e que está presente no Tratado de educação ambiental para sociedades sustentáveis e responsabilidade global elaborada no Fórum Global da Rio-92 (Unced 92).<sup>7</sup>

“Consideramos que a Educação Ambiental para uma sustentabilidade equitativa é um processo de aprendizagem permanente, baseado no respeito a todas as formas de vida. Tal educação afirma valores e ações que contribuem para a transformação humana e social e para a preservação ecológica. Ela estimula a formação de sociedades socialmente justas e ecologicamente equilibradas, que conservam entre si relação de interdisciplinaridade e diversidade. Isto requer responsabilidade individual e coletiva em níveis local, nacional e planetário”.<sup>7</sup>

Há neste excerto a citação da relação entre a EA, a sustentabilidade e o respeito a todas as formas de vida, pressupostos também discutidos no âmbito do Antropoceno. A EA é um dos caminhos pelos quais podemos discutir as ações antropogênicas e todas as consequências causadas por elas. E assim, o Antropoceno pode e deve ser discutido pela EA, pois se insere completamente na reflexão e discussão sobre a relação entre os limites

planetários e o desenvolvimento de sociedades justas e ecologicamente equilibradas.

No entanto, o debate sobre o Antropoceno, assim como a práxis da EA se defrontam com o desafio de um novo paradigma para a humanidade: a nova complexidade planetária, ou seja, o reconhecimento da complexidade da realidade ambiental e da própria humanidade como seu agente modificador. As questões ambientais não podem mais se ater a um domínio do conhecimento senão não poderão sequer ser analisadas. As relações entre a Ciência, conhecimento e sociedade precisam ser investigadas sinergicamente e dinamicamente, não se restringindo a um grupo de atores sociais, como ambientalistas, biólogos ou geólogos, mas contemplando o diálogo colaborativo entre os diferentes saberes sociais, econômicos, científicos e políticos. Administrar conflitos e interesses díspares deve ser um caminho pautado no objetivo do bem comum, do bem-estar do indivíduo e do coletivo, da vida sustentável local e planetária, dos debates na comunidade e na governança mundial. Para que isto seja alcançado, há a necessidade da formação de novos atores sociais e a educação ambiental deve ter papel significativo neste processo, contribuindo para a análise transversal e o diálogo entre os diferentes saberes para, deste modo, impulsionar uma aprendizagem social reflexiva,<sup>8,9</sup> crítica e colaborativa. O esquema apresentando na Figura 2 procura mostrar o encadeamento entre a nova complexidade planetária, a EA, diálogo entre os saberes, a formação dos atores sociais já contemplando este diálogo e a aprendizagem social que de modo dinâmico pode reconhecer e confrontar a complexidade existente.<sup>8,9</sup>



**Figura 2.** As relações entre a nova complexidade planetária, a educação ambiental e a aprendizagem social

A relação da EA com a existência da vida na Terra e como *prática* nas relações sociais é exposta por Loureiro no trecho a seguir.<sup>10</sup>

“Assim posto, não podemos idealizar a educação ambiental e atribuir a ela um tom salvacionista ou prescritivo acerca do que deve ser feito para um comportamento individual ecologicamente considerado correto. É importante pensá-la e praticá-la como parte das relações sociais, da vida cotidiana e de uma sociedade determinada, em suas contradições e nos dilemas e inquietações da existência humana na Terra”.<sup>10</sup>

Considerando-se a EA como prática, a sua inserção temática e a consequente atuação estão presentes em *todos* os nove limites planetários propostos e atualizados por diversos pesquisadores no artigo *Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet* e que foram mais recentemente ampliados se encontram relacionados a seguir.<sup>11-12</sup>

1. As mudanças climáticas.

2. Mudança na integridade da biosfera (perda de biodiversidade e extinção de espécies).

3. Depleção da camada de ozônio estratosférico.

4. A acidificação dos oceanos.

5. Fluxos biogeoquímicos (ciclos de fósforo e nitrogênio).

6. Mudança no uso da terra (por exemplo, o desmatamento).

7. Uso global de água doce.

8. Concentração de aerossóis atmosféricos (partículas microscópicas na atmosfera que afetam o clima e os organismos vivos).

9. Mudanças no uso dos solos

10. Introdução de novas entidades (por exemplo, poluentes orgânicos, materiais radioativos, nanomateriais e micro-plásticos).

Dentre estes nove limites planetários, quatro foram considerados como já ultrapassados:<sup>11</sup> as mudanças climáticas; a perda da integridade da biosfera; a mudança

no uso da terra e os fluxos biogeoquímicos (fósforo e nitrogênio) e dois deles, as mudanças climáticas e a integridade da biosfera, são considerados como sendo “limites fundamentais” porque apresentam o potencial para conduzir o planeta Terra a um novo estado que pode ser substancialmente e persistentemente transgredido.<sup>12</sup>

A EA pode e deve levar o indivíduo e a sociedade à consciência crítica dessas transformações ocasionadas por estes limites planetários, associando-os às suas causas e às análises das consequências para a existência da vida. Os questionamentos sobre a dicotomia *Ser humano x planeta Terra* devem ser ultrapassados para serem contextualizados com um todo. E a própria humanidade deve refletir sobre suas próprias desigualdades que desencadeiam na grande vulnerabilidade diferenciada dos países.<sup>13</sup>

### 3. O Antropoceno e a Química Ambiental

Sendo a realidade planetária complexa, como a Química pode se inserir na discussão sobre o Antropoceno e nas reflexões críticas da EA para o debate nas tomadas de decisões? Isto é um desafio para este domínio de saber que está estruturado na organização curricular dos diversos cursos como disciplina isolada, tanto no ensino médio, como no superior, estando assim presente no processo formativo de diversos profissionais, incluindo os docentes.

Enquanto discussão dialética, a Química pode contribuir com o conhecimento científico específico para abordar, informar, criticar, analisar, contextualizar e interagir com outras áreas, relacionando os temas presentes nos limites planetários e as suas diversas extensões, que chamaremos aqui de “Pegadas do Antropoceno”, apresentados na Tabela 1. Têm-se na Química este cabedal de conhecimentos, por que não os discutir contextualizando-os com as discussões prementes do Antropoceno? Por que não os colocar como temáticas para a construção do

debate crítico sobre as questões da humanidade? Por que não usar este conhecimento científico como conscientizador para a formação de opiniões e tomada de atitudes? Ou ainda “aceitaremos” a estrutura da organização de grades curriculares de conteúdos pragmáticos propostos e praticamente inflexíveis como norteadores da contribuição da Química para sociedade? Ou devemos nos limitar a exemplos esporádicos colocados, geralmente, ao final de exposições *conteudistas* e desconexas com as mais urgentes preocupações atuais da humanidade?

A responsabilidade social da Química como um todo e se desejarem, da Química Ambiental, como área, é muito grande em função do seu papel abrangente que se estende nas mais diversas temáticas ambientais e sociais. Só para citar alguns exemplos, a Química pode contribuir para a discussão do uso das tecnologias de alto impacto, aplicadas em larga escala, o uso dos combustíveis fósseis e biocombustíveis, os novos materiais sintéticos, como plásticos e fertilizantes, a análise da qualidade do ar e da água, assim como para o estudo do desenvolvimento de metodologias de remediações ambientais, dos novos medicamentos, dos novos procedimentos propostos a partir da química verde, do estudo da bioinorgânica do organismo humano, da quelatoterapia e dos efeitos da toxicologia dos metais. O uso e acesso à água potável, por exemplo, podem ser mediados e facilitados por novas e mais acessíveis tecnologias de tratamento, como o uso de carvão ativado biologicamente ou de membranas com biofilmes para a remoção de resíduos de fármacos.<sup>14</sup>

Na tabela 1, relacionamos os limites planetários, assim como suas extensões, que denominamos aqui de *Pegadas dos Antropoceno* e os conceitos de Química que podem ser relacionados ou abordados contextualizando estes temas. Pode-se observar a grande abrangência e contribuição que a Química deve ter na formação do cidadão e de profissionais das mais diversas

áreas, não exclusivamente aquelas mais ligadas à Química.

A responsabilidade da Química em relação ao Antropoceno e os novos caminhos que devemos tomar como sociedade planetária também pode ser observada nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, na alusão ou corresponsabilização que Anastas faz ao estabelecer a conexão entre o desafio da busca de uma sociedade sustentável com as bases de uma Química voltada para o “saudável, renovável e restaurador” em oposição ao “tóxico, degradador ou destruidor”.<sup>15</sup>

“A busca de uma sociedade e civilização sustentáveis é o desafio que tem sido reconhecido pela nossa geração e necessitará ser atingida por todas as gerações no futuro. Estes desafios estão no âmago dos objetivos do desenvolvimento sustentável da ONU. É difícil, se não impossível, imaginar um cenário onde estes objetivos de sustentabilidade sejam atingidos se a Química fundamental que compreende a base material e energética de nossa sociedade seja transformada em saudável ao lugar de tóxica, renovável em vez de degradadora e restauradora, em vez de destruidora”.<sup>15</sup>

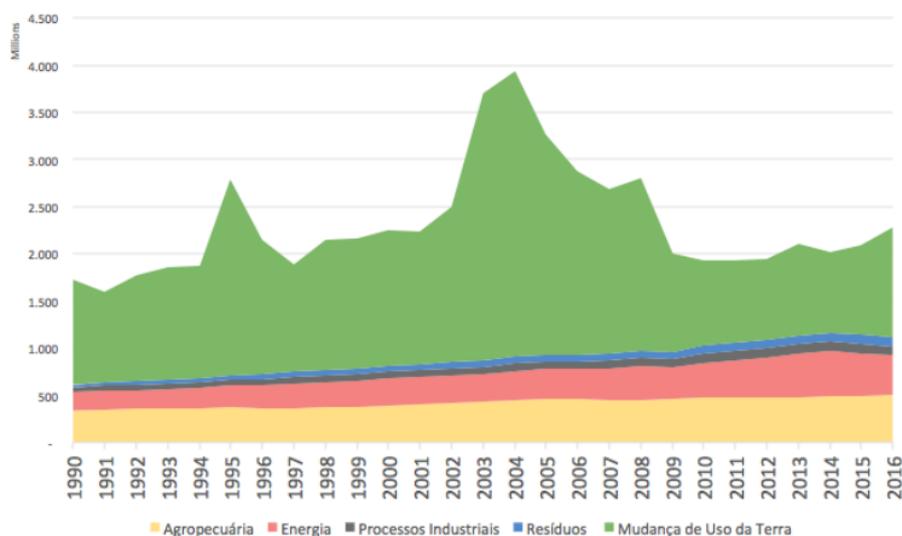
O primeiro dos limites planetários (Tabela 1) – o de mudanças climáticas - pode ser abordado pela química ambiental ou química fundamental, contextualizando-o com as

questões energéticas, econômicas e sociais e com a discussão da mitigação dos seus efeitos que segundo Artaxo, no Dossiê do Clima - Mudanças climáticas, são necessárias no nosso país:<sup>16</sup>

“Nosso país precisa se preparar melhor para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e para a adaptação a elas. Seus impactos serão muito grandes em alguns setores econômicos, como a agricultura, ou na geração de hidroeletricidade, por exemplo”.<sup>16</sup>

Surpreendentemente, mesmo no período considerado da pior recessão econômica, as emissões totais de GEE, no Brasil, de acordo com os dados do SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa) tiveram o maior aumento em doze anos.<sup>17</sup> Em 2016, o Brasil emitiu 2,278 bilhões de toneladas brutas de gás carbônico equivalente (CO<sub>2</sub>e) contra 2,091 bilhões, em 2015, o que representa 3,4% do total mundial, colocando o país como sétimo maior poluidor do planeta.<sup>17</sup> O desmatamento, principalmente o da Amazônia, foi um dos maiores responsáveis por este aumento, contribuindo com 218 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> a mais em 2016 do que em 2015. Este aumento compromete significativamente as Contribuições Nacionalmente Determinadas – conhecidas como NDC (da sigla em inglês- NDC- *National Netermined Contributions*) que estabeleceram a meta de redução de 37 % de GEE em 2025, aos níveis de 2005.<sup>17</sup>

### EMISSOES BRUTAS DE GEE DO BRASIL, 1990-2016 (em tCO<sub>2</sub>e)



**Figura 3.** Emissões brutas de Gases do Efeito Estufa (GEE) do Brasil de 1990 a 2006 (Fonte: Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa)<sup>17</sup>

A reflexão que precisa ser feita é quais serão os caminhos que devem ser construídos, em nosso país, para mudar este cenário e como a Química pode contribuir para informar, conscientizar e formar cidadãos e especialistas capazes de conhecer e analisar o contexto ambiental atual para propor novas soluções e atitudes, não pautadas somente nos aspectos tecnológicos, mas, abrangendo os econômicos e principalmente, os sociais.

#### 4. O Ensino de Química e o Antropoceno

Se a química sustentável é a nossa meta, precisaremos nos despir dos conceitos e descobertas científicas de Lavoisier ou de Marie Curie ou mesmo dos avanços no desenvolvimento de novos materiais, como por exemplo, os materiais híbridos metal orgânicos (*MOFs- metal organic frameworks* em inglês)?<sup>18</sup> Ou teremos de nos reinventar no nosso olhar de mundo e para o mundo?

Em *Como viver em tempo de crise*,<sup>19</sup> Morin reflete que as “crises agravam as incertezas,

favorecem os questionamentos; podem estimular a busca de novas soluções” e como o Antropoceno nos posiciona nestas crises ocasionadas pelo nosso modo de viver no planeta, nos cabe, neste momento, levantar e debater os mais diversos questionamentos para, assim, estimularmos em nós e nas futuras gerações a procura por novas soluções e posicionamentos. E é a partir deste cenário que o ensino de química e os seus educadores devem voltar os seus olhares para se *refazerem* no ensinar, no que ensinar e para que ensinar pois *aprender deve caminhar para transformar a realidade e nela poder intervir*, como explicita Paulo Freire.<sup>20</sup>

“A capacidade de aprender, não apenas para nos adaptar, mas sobretudo para transformar a realidade, para nela intervir, recriando-a, fala da nossa educabilidade a um nível distinto dos outros animais ou do cultivo das plantas”.<sup>20</sup>

Cabe aos educadores químicos se preparem e assumirem a importante função de mediadores na construção da aprendizagem do conhecimento pertinente, proposto por Morin,<sup>21</sup> aquele que deve ter vínculo com a condição humana, com a

realidade do Antropoceno e a sustentabilidade do planeta.

O desafio será contextualizar o Antropoceno no ensino de química, considerando-se a nova força geológica e o seu debate de natureza multidisciplinar e realidade multidimensional, o que pode trazer dificuldades de abordagem em um contexto disciplinar. A complexidade temática do Antropoceno que envolve aspectos sociais, políticos, geográficos, além daqueles considerados das Ciências exatas, implica novas concepções para a educação tradicional da Ciência, o que pode trazer desafios, mas oportunidades também.<sup>22</sup>

“Estas interações complexas e intrínsecas às mudanças globais no Antropoceno representam tanto um desafio como uma oportunidade igualmente para os cientistas e educadores”.<sup>22</sup>

A complexidade do Antropoceno foi abordada na Universidade de *Stanford* através da proposição de um curso na área de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (da sigla em inglês *STEM - Science, Technology, Engineering and Math*) para alunos de graduação e de mestrado, com uma finalidade principal de produzir um mapa histórico californiano sobre os impactos geográficos das mudanças globais (*Geographic Impacts of Global Change: Mapping the Stories of Californians*), disponibilizado em uma plataforma interativa de fácil comunicação e acessibilidade.<sup>23</sup>

Em relação especificamente à Química, há a necessidade de uma reorientação no seu processo de ensino e aprendizagem para ela ser ensinada no contexto que é relevante para a sociedade e que, atualmente, deve promover contribuições efetivas e reais para os desafios globais. O ensino de Química deve, então, ultrapassar as ideias inertes e caminhar para uma aprendizagem com significado e conectada aos contextos planetários atuais.<sup>23</sup>

Na tabela 1, relacionamos os limites planetários, assim como suas extensões, que denominamos aqui de *Pegadas dos Antropoceno* e os conceitos de Química que podem ser relacionados ou abordados contextualizando estes temas. Pode-se observar a grande abrangência e contribuição que a Química deve ter na formação do cidadão e de profissionais das mais diversas áreas, não exclusivamente aquelas mais ligadas à Química.

A pergunta que deve ser respondida é, como o ensino de Química pode ser reorientado em prol da contextualização da era do Antropoceno?

Abordaremos, em seguida, algumas propostas de planejamentos didáticos de aulas para o ensino médio de Química que já foram desenvolvidos com a contextualização temática ambiental, em diferentes instituições, públicas e privadas, do ensino médio regular e do Ensino para Jovens e Adultos (EJA) do estado do Rio de Janeiro. Há muitas outras possibilidades de temas geradores, assim como de metodologias, sendo as apresentadas aqui somente alguns destes registros. Estes apresentam um cerne em comum, que é a necessidade da contextualização no ensino de Química e a aprendizagem centrada no aluno. Estas propostas foram selecionadas, neste artigo, porque se basearam nas premissas de que *o aprendizado é uma construção do próprio aluno*, apoiada pelo sócio construtivismo de Vygotsky e pela construção dos saberes a partir da realidade concreta dos alunos,<sup>24</sup> proposto por Paulo Freire.<sup>19</sup> Os temas exemplificados foram:

- Os gases do efeito estufa, o aquecimento global e a Química.<sup>25</sup>
- Os resíduos sólidos urbanos e a Química.<sup>26</sup>
- Os plásticos e a Química.

**Tabela 1.** Relação entre os Limites Planetários e os conceitos de Química

Limites Planetários ou “Pegadas do Antropoceno”	Conceitos de Química
Mudanças climáticas.	Interação da radiação eletromagnética com a matéria, termoquímica, espectroscopia no infravermelho, reações de combustão, hidrocarbonetos.
Mudanças climáticas e aquecimento global.	Propriedades dos gases do efeito estufa, espectroscopia no infravermelho.
Acidificação dos oceanos.	Química ácido-base, equilíbrio químico, solubilidade, reações em meio aquoso, pH.
Diminuição da Camada de Ozônio.	A química do ozônio, reações fotoquímicas, fotocatalise, espectroscopia no ultravioleta, reações com radicais livres.
O aumento do Ozônio troposférico.	A química do ozônio e o equilíbrio com o oxigênio, formação e reações com radicais livres.
Ciclos biogeoquímicos do fósforo e nitrogênio.	A química do fósforo e nitrogênio, especiação química solubilidade e precipitação, equilíbrio químico.
Mudança no uso da terra (por exemplo, o desmatamento, esgotamento do solo).	Natureza química dos fertilizantes e propriedades.
Mudança no uso da terra (uso de agrotóxicos e toxicologia).	Natureza e funções químicas presentes nos agrotóxicos e fertilizantes, efeitos toxicológicos dos agrotóxicos.
Uso global de água doce (acesso à água potável e crise hídrica).	Tratamento de água, parâmetros de qualidade de água, potabilidade, recursos hídricos e sustentabilidade.
Concentração de aerossóis atmosféricos (partículas microscópicas na atmosfera que afetam o clima e os organismos vivos).	Propriedades dos aerossóis e as suas relações com a poluição atmosférica.
Introdução de novas entidades (a disseminação planetária dos plásticos, micro-plásticos e os seus impactos na biodiversidade).	Propriedades e tipos de polímeros usados, os microplásticos e a contaminação dos oceanos.

#### 4.1. Os gases do efeito estufa, o aquecimento global e o ensino de Química

##### Problematização/ Sensibilização:

Motivar e mediar a discussão sobre as mudanças climáticas, a Época do Antropoceno, os gases do efeito estufa e o aquecimento global.

**Público alvo:** 1º ano do ensino médio.

**Instituição onde foi desenvolvido:** colégio de ensino médio regular.

##### Conteúdos abordados:

- O Antropoceno e as mudanças climáticas.
- Efeito estufa e aquecimento global.
- Ligação química covalente.
- Gases:
  - Constituição química e associação com as fórmulas e estruturas.
  - Natureza dos gases do efeito estufa.
- Representações da Química.
  - Uso de fórmulas químicas e estruturas.

##### Objetivos:

- Mediar o debate ou discussão acerca do efeito estufa, o aquecimento global e os gases do efeito estufa e desenvolver os seus conceitos ou definições a partir das participações dos alunos.
- Identificar e caracterizar as ligações químicas covalentes presentes em compostos importantes presentes na atmosfera, estabelecendo a relação entre elas e os gases do efeito estufa.

##### Desenvolvimento:

Atividade 1: Contextualizar os temas aquecimento global e desmatamento com a sugestão dos seguintes vídeos:

Vídeo 1: O que é o aquecimento global? (Portal ecycle) (duração: 3'47").<sup>27</sup>

Vídeo 2: O desmatamento e o aquecimento global (contexto brasileiro) (duração: 3'30").<sup>28</sup>

Atividade 2: "Confeção" das moléculas dos gases do efeito estufa

Para realização dessa atividade será necessário o uso de materiais como: jujuba colorida, palito de dente, para representar os diferentes tipos de ligações.

A dinâmica deverá ser realizada por equipes de no máximo cinco alunos que poderão consultar as suas anotações, bem como o livro didático e outras fontes de informação como sites, revistas e vídeos.

Caberá às equipes a confecção das moléculas dos principais gases do efeito estufa: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, assim como de outros gases presentes na atmosfera, como N<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>.

Ao final da atividade, as equipes apresentarão as moléculas dos gases, explicando os tipos de ligações químicas existentes e diferenciando os gases do efeito estufa.

O docente atuará como mediador e incentivador da criatividade e processo de construção.

#### 4.2. Os resíduos sólidos urbanos e o ensino de Química.<sup>26</sup>

##### Problematização/Sensibilização:

Gerenciamento Integrado do Lixo Urbano.

O acelerado processo de urbanização de muitas cidades brasileiras trouxe novas questões e desafios para aqueles que nelas vivem. As cidades nem sempre estiveram preparadas para receber tanta gente, carros, ruídos e especialmente do lixo produzido. O lixo urbano, na maioria das grandes cidades, tem se tornado um grande problema, pois nem sempre são utilizadas as maneiras mais adequadas de tratá-lo. A maior parte das cidades brasileiras lança os resíduos sólidos nos lixões, causando sérios impactos ambientais. Se esses resíduos fossem tratados de forma integrada, reduziríamos a ocorrência

de doenças, os níveis de poluição e a demanda por áreas para o depósito de tais resíduos. Cresce a cada dia a preocupação dos moradores com a melhoria de sua qualidade de vida, portanto torna-se importante e necessário saber que existem várias maneiras de diminuir o impacto, sobretudo do lixo urbano (resíduos sólidos) resultante das atividades humanas no meio ambiente. O gerenciamento integrado do lixo tem sido pauta de discussão entre movimentos sociais organizados e Estado como saída viável para que a vida nos grandes centros urbanos ganhe em qualidade. As formas de tratamento do lixo que serão abordadas nos projetos que seguem são as seguintes: reutilização, redução do peso das embalagens, compostagem, reciclagem, incineração e aterros sanitários.

**Público alvo:** alunos de EJA ou do 1º ano do ensino médio regular (ou 9º ano do ensino fundamental).

**Instituição onde foi desenvolvido:** colégio de ensino médio regular e de EJA.

#### **Conteúdos abordados:**

- O Antropoceno e o lixo.
- O Antropoceno e as relações de consumo.
- Constituição dos materiais e resíduos sólidos urbanos: *relação entre o macroscópico e o microscópico*: plásticos, vidro, metais, materiais eletrônicos, por exemplo.
- Diferenciação entre lixo orgânico e reciclável.
- Ciclos de vida dos materiais.
- Tipos de Tratamento do lixo e de reciclagem.
- Os aspectos sociais da reciclagem no Brasil.

**Objetivos:** Possibilitar o entendimento dos diferentes tempos e processos do início da decomposição dos materiais orgânicos em comparação com os inorgânicos recicláveis (vidros, plásticos, metais, papéis) e entre esses inorgânicos;

Proporcionar uma reflexão sobre a importância do gerenciamento integrado do lixo urbano para a diminuição do volume de resíduos nos aterros sanitários e para o controle da poluição ambiental.

#### **Desenvolvimento**

**Materiais Necessários:** material para isolar e sinalizar a área do experimento, pequena quantidade de tipos diferentes de materiais e embalagens vazias (vidro, plásticos, metais - alumínio e aço, papéis e embalagem longa vida) e um pouco de lixo orgânico.

**Início:** o professor indaga os alunos sobre o tipo de lixo produzido pela classe, pela sociedade, pela escola e mesmo em casa, questiona as respostas obtidas (Para onde vai e o que acontece com tudo aquilo? Isso é inevitável?), convidando-os a fazer o experimento.

#### **Etapas:**

##### *1. Realizando a experiência*

a) Propor aos alunos a seleção e separação do material orgânico e inorgânico a ser utilizado na experiência, a partir da leitura do texto "A Embalagem e o Ambiente"<sup>29</sup>; organização do local para o experimento (incluindo placas indicando data de início e tipos de material); e montagem do experimento.

b) Observação sistemática das transformações sofridas pelos diferentes materiais, em um mesmo intervalo de tempo – ciclos de vida que devem ser discutidos/definidos com os alunos. Essa etapa inclui anotações, desenhos, fotografias e/ou filmagens do que foi observado; concomitantemente a essas observações, pesquisar sobre o tema em outros meios acessíveis (livros paradidáticos, enciclopédias,

Internet, Cadernos) incluindo gráficos e imagens de acompanhamento das transformações.

## 2. Pesquisando sobre o tratamento do lixo

a) Propor aos alunos, logo após as primeiras transformações dos materiais, uma pesquisa, nas fontes citadas no item "b" da etapa anterior e entre os órgãos públicos responsáveis pelo tratamento do lixo de sua cidade, abordando, por exemplo, os seguintes questionamentos: Qual o tratamento adequado para cada tipo de resíduo sólido (orgânicos e inorgânicos)? Qual deles (aterro sanitário, compostagem, incineração e reciclagem) existe em sua cidade? Como são realizados? Qual sua importância para a vida útil dos aterros sanitários? b) Promover, na classe ou na escola, discussões interdisciplinares sobre a importância do gerenciamento integrado do lixo urbano para o desenvolvimento das cidades, enfatizando a melhoria da qualidade de vida;

c) Mediar a organização dos resultados da coleta de informações e discussões em pequenos textos e imagens (desenhos, fotografias ou vídeo), o material que comporá o relatório.

## 3. Integrando as informações

Mediar a elaboração de painéis com todo esse material, incluindo os resultados da experiência. Pode-se também propor aos alunos a realização de um vídeo ou organização de uma apresentação oral ou palestra para os pais e/ou para outras séries sobre o tema e o desenvolvimento do projeto.

### 4.3. Os Plásticos e o ensino de Química

#### Problematização/Sensibilização:

Polímeros e plásticos.

Propor aos alunos a pesquisa prévia sobre os problemas ambientais ocasionados pelo descarte inadequado de resíduos sólidos e orgânicos oriundos dos plásticos para ser

utilizada como fundamentação de debates em sala de aula.

**Público alvo:** alunos do EJA e do 3º ano do ensino médio regular.

**Instituição onde foi desenvolvido:** colégio de ensino médio regular e de EJA.

#### Conteúdos abordados:

- O Antropoceno e os plásticos.
- Limites planetários e os plásticos.
- Constituição química dos diferentes plásticos.
- Funções orgânicas presentes nos diferentes tipos de plásticos.
- Conceito de biodegradabilidade.
- Pesquisas sobre bioplásticos e novos substituintes para os plásticos.

**Objetivo:** Discutir os problemas ambientais causados pela grande quantidade de lixo plástico no meio ambiente, buscando soluções para diminuir o seu descarte indiscriminado, associando estas questões com a compreensão do conteúdo químico relacionado à temática "lixo e reciclagem" e o Antropoceno.

**Desenvolvimento:** 1ª etapa – Exemplificar diferentes tipos de plásticos usados no cotidiano e desenvolver com os alunos o conceito de polímeros, os seus tipos, estruturas e aplicações dos polímeros termoplásticos e termofixos.

2ª etapa – Motivar a discussão sobre biodegradação e os plásticos. Sugestão de leitura do texto Biodegradação: Uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos.<sup>30</sup> Questionar os alunos acerca da relação entre o Antropoceno e a poluição causada pelos

plásticos contidos no lixo e indagá-los sobre as possíveis soluções.

3º etapa - Debate sobre o texto.

## 5. Considerações Finais

O conceito de Antropoceno e o debate que isto pode suscitar no meio acadêmico, no ensino e na sociedade devem nos remeter a um necessário processo de reconhecimento da realidade e de reflexões críticas. Os contextos locais e globais precisam ser inseridos nas mais diversas formas de se discutir o conhecimento humano, as suas potencialidades e consequências. Os espaços para estas discussões podem ser construídos a partir da *práxis* de uma educação ambiental crítica e social, desenvolvida ou fomentada em comunidades e nos espaços escolares.

A dimensão da atuação da Química ambiental no processo formativo e conscientizador é muito significativa e pode ser diferenciadora para esta discussão. A Química, como disciplina fundamental do ciclo básico de cursos de graduação ou do ensino médio, pode e deve contribuir para este espaço de reflexão, de tomada de consciência da nova complexidade planetária, das novas atitudes a serem abraçadas, não necessariamente pelos outros, pelas futuras gerações, mas, por todos nós, atores sociais do momento presente.

### Referências Bibliográficas

- <sup>1</sup> Issberner, L-R; Lena, P.; *Brazil in the Anthropocene*, Routledge: New York, 2017.
- <sup>2</sup> Wee, C.; Schönenach, J.; Arndt, O.; *Supramarket: A micro-toolkit for disobedient consumers, or how to frack the fatal forces of the Capitlocene*, Irene Books: Gothenbug, 2015.
- <sup>3</sup> Bonneuil, C., Tous responsables-Le Monde Diplomatique. Disponível em: <<http://www.monde-diplomatique.fr/2015/11/BONNEUIL/54139>>. Acesso em: 20 setembro 2018.
- <sup>4</sup> Hornborg, A.; *The political ecology of the technoceno: uncovering ecologically unequal Exchange in the world-system. The Anthropocene and the Global Environmental Crisis: Rethinking Modernity in a new Epoch*; Hamilton, C., Bonneuil, C; Gemenne, F. (eds), Routledge: UK, 2015.
- <sup>5</sup> Latour, B.; *Face à Gaia. Huit conférences sur le Nouveau Régime Climatique*, La Découverte: Paris, 2016.
- <sup>6</sup> Guimarães, M.; *Caminhos da educação ambiental*, 5a ed, Editora Papirus: Campinas, 2011.
- <sup>7</sup> Sítio do Ministério do Meio Ambiente, Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pr.gov.br/modulos/conteudo/conteudo.php?conteudo=73>>. Acesso em: 20 setembro 2018.
- <sup>8</sup> Santos, V. M. N.; Jacobi, P. R. Aprendizagem social e formação de professores em educação para a sustentabilidade socioambiental. *Revista do Instituto de Geociências-USP*, **2013**, 6, 5. [[link](#)]
- <sup>9</sup> Santos, V. M. N.; Jacobi, P. R. Educação, ambiente e aprendizagem social: metodologias participativas para geoconservação e sustentabilidade. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*. **2017**, 98, 522. [[CrossRef](#)]
- <sup>10</sup> Loureiro, C. F. Alguns apontamentos sobre a educação ambiental in Oliveira, G. C.G.; Miranda, J. L.; Moreira, L. M., Santos, P. M. L.(Orgs.). *Ensino de Química em revista: o papel social de Química*. 1a ed., UFRJ - Instituto de Química: Rio de Janeiro, 2017, Cap.18. [[link](#)]
- <sup>11</sup> Steffen, W.; Richardson, K.; Rockström, J.; Cornell, S.; Fetzer, I.; Bennett, E. M.; Biggs, R.; C., Stephen; De Vries, W.; Wit, C. D.; Folke, C; Gerten, D.; Heinke, J.; Mace, G. M.; Linn, M. P.; Ramanathan, V.; Belinda, R.; Sörlin, S. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* **2015**, 347, 6223. [[link](#)]

- <sup>12</sup> Silva, C. M.; Arbilla, G. Antropoceno: Os Desafios de um Novo Mundo. *Revista Virtual de Química* **2018**, *10*, 1619. [CrossRef]
- <sup>13</sup> Pivetta M. Um mapa do risco no mundo. *Revista Pesquisa Fapesp* **2016**, 249. [Link]
- <sup>14</sup> Westphalen, A. P. C.; Corção, G.; Benetti, A. D. Utilização de carvão ativado biológico para o tratamento de água para consumo humano. *Engenharia Sanitária e Ambiental* **2016**, *21*, 425. [link]
- <sup>15</sup> Anastas, P.T.; Zimmerman, J. L. The United Nations Sustainability Goals: How Can Sustainable Chemistry Contribute? *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* **2018**, *13*, 150. [Link] Artaxo, P. Uma nova era geológica em nosso planeta: O Antropoceno? *Revista USP, São Paulo* **2014**, *103*, 13. [link]
- <sup>16</sup> Sítio do SEEG- Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa, Emissões de GEE do Brasil Período 1970 – 2015. Coordenação Técnica Observatório do Clima Equipe Técnica Tasso Rezende de Azevedo, Revisão Carlos Ritt, Claudio Agelo, Documento-síntese e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o Acordo de Paris. [link]
- <sup>17</sup> Falabella, E.; Arroyo, P. A.; Barros, M. A.; De Miranda, Jussara L. The future of zeolites and MOF materials. In: Vincent Blay; Luis Francisco Bobadilla; Alejandro Cabrera. (Org.). *Zeolites and Metal-Organic Frameworks From Lab to Industry*. 1ed. Amsterdam: Amsterdam University Press 2018.
- <sup>18</sup> Morin, E.; Viveret, P. Como viver em tempo de crise? 2a ed., tradução Clóvis Marques, Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2015.
- <sup>19</sup> Freire, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. Paz e Terra: São Paulo, 1996.
- <sup>20</sup> Morin, E.; *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. Tradução de Catarina Eleanora F. da Silva e Jeanne Sawaya, 2a ed., Editora Cortez: São Paulo, 1921.
- <sup>21</sup> Mccright, A. M., Katherine Dentzman, K.; Charters, M.; Dietz, T. The influence of political ideology on trust in Science. *Environmental Research Letters* **2013**, *8*, 1. [CrossRef]
- <sup>22</sup> Mychajliw, A. M.; Kemp, M. E.; Hardly, E. A. Using the Anthropocene as a teaching, communication and community engagement opportunity, *The Anthropocene Review* **2015**, *2*, 267. [link]
- <sup>23</sup> Boiko, V. A. T.; Zamberlan, M. A. T. A perspectiva sócio-construtivista na psicologia e na educação: o brincar na pré-escola. *Psicologia em Estudo* **2001**, *6*, 51. [link]
- <sup>24</sup> Mahaffy, P. G.; Holme, T. A.; Martin-Visscher, L.; Martin, B. E. Versprille, A.; Kirchoff, M.; Mckenzie, L.; Town, M. J. Beyond “Inert” Ideas to Teaching General Chemistry from Rich Contexts: Visualizing the Chemistry of Climate Change. *Journal of Chemical Education* **2017**, *94*, 1027. [link]
- <sup>25</sup> Berendonk, M.; Miranda, J. L. Em *Resíduos sólidos e educação ambiental: desafios na busca da transdisciplinaridade* in Ensino de Química em Revista: o papel social do ensino de Química, Oliveira, G. C. G.; Miranda, J. L.; Moreira, L. M.; Santos, P. M. L. S. (eds.). Editora Instituto de Química – UFRJ: Rio de Janeiro, 2017, cap. 9. [link]
- <sup>26</sup> Sítio do Portal eCycle. Disponível em: <[https://youtu.be/LkHvR\\_dL3iA](https://youtu.be/LkHvR_dL3iA)>. Acesso em: 20 janeiro 2018.
- <sup>27</sup> Sítio de TV FOLHA. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=x2iXXqYD0zo>>. Acesso em: 20 outubro 2017.
- <sup>28</sup> Sítio da Tetra Pak- Cultura Ambiental nas Escolas. Caderno do aluno: A embalagem e o Ambiente. Disponível em: <[http://www.planetareciclavel.com.br/sala\\_de\\_aula/Tetra\\_Pak/Caderno\\_do\\_aluno.pdf](http://www.planetareciclavel.com.br/sala_de_aula/Tetra_Pak/Caderno_do_aluno.pdf)>. Acesso em: 10 de março de 2018.
- <sup>29</sup> Cangemi, J. M.; Santos, A. M.; Salvador, C. N. Biodegradação: uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos. *Química Nova Na Escola*, 2005, *22*, 17. [link]