



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE QUÍMICA**

**Gecimar Oliveira Gomes**

**A ABORDAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA SOBRE A  
COMBUSTÃO DOS POLÍMEROS E A QUESTÃO  
AMBIENTAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Brasília – DF**

**2.º/2013**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE QUÍMICA**

**Gecimar Oliveira Gomes**

**A ABORDAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA SOBRE A  
COMBUSTÃO DOS POLÍMEROS E A QUESTÃO  
AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso em Ensino de Química apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

**Orientador: Prof. Roberto Ribeiro da Silva**

**2.º/2013**

## ***AGRADECIMENTOS***

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me abençoado, me mostrado o caminho e mostrado que tinha capacidade para realizar esse trabalho.

Agradeço à minha família, aos meus pais Luiz e Lúcia, às minhas irmãs Rejane e Karolina, pela dedicação, preocupação e orientação que sempre demonstraram por mim.

Agradeço à Thatiane pelo seu companheirismo e pelo seu incentivo.

Agradeço também, todos os professores que me auxiliaram na vida acadêmica, em especial aos da Divisão de Ensino de Química.

## *SUMÁRIO*

Introdução.....	6
Capítulo 1 – Apresentação dos polímeros.....	9
1.1 – Plásticos, fibras e borrachas.....	10
1.2 – Algumas curiosidades sobre os plásticos.....	12
1.3 – Produtos naturais e seus derivados.....	12
1.4 – As principais aplicações dos plásticos.....	13
1.5 – Plásticos e a questão ambiental.....	14
1.5.1 – Toxicidade dos plásticos.....	14
1.5.2 – Poluição atmosférica.....	15
Metodologia.....	18
Resultados.....	20
Análise dos livros.....	20
Pirólise dos plásticos recicláveis.....	36
Considerações Finais.....	39
Referências.....	41

## ***RESUMO***

Este trabalho se dedica a abordar o tema polímeros no ensino de Química com duas finalidades. A primeira consiste em analisar a abordagem dos polímeros nos livros didáticos do PNLD de 2012, percebendo suas contribuições e limitações. Constatou-se poucas atividades experimentais abordando a decomposição térmica de polímeros e os resíduos experimentais gerados. A partir dessa constatação, foram realizadas as pirólises de sete tipos de plásticos recicláveis presentes no cotidiano dos alunos, observando na sua decomposição os produtos térmicos formados e a liberação dos gases; a análise do pH caracterizou a natureza ácida dos produtos. Experimentos demonstrativos podem ser realizados para abordagem desse tema em sala de aula, servindo de introdução a alguns conceitos químicos, como por exemplo, equilíbrio ácido-base, pH, indicador ácido-base, a natureza ácido-base dos produtos domésticos, os problemas ambientais causados pela incineração, degradação de polímeros durante o processo da reciclagem. A segunda finalidade, foi propor a utilização da decomposição térmica dos polímeros para ressaltar a influência maléfica da combustão dos plásticos para a nossa saúde. Foram abordados ainda, temas das áreas de químicas geral e ambiental, abordando aspectos econômicos, sociais e industriais que influenciam na produção e tratamento dos resíduos de polímeros. Este trabalho visa contribuir para ensino-aprendizagem de Ciências através da conscientização das causas de um dos grandes problemas ambientais, a poluição atmosférica, e assim auxiliar os cidadãos na tomada de decisão no cotidiano.

**Palavras-chaves:** Polímeros, poluição atmosférica e questão ambiental.

## *INTRODUÇÃO*

Desde os primórdios, a humanidade têm utilizado vários instrumentos para desempenhar suas atividades cotidianas com mais conforto, mais praticidade e até mesmo para a sua sobrevivência. Algumas civilizações antigas produziram objetos usando metais como matéria-prima, para o trabalho e armas etc. A partir do século XX, as indústrias começaram a fabricar os plásticos, materiais poliméricos substituinte para vidros, madeiras e metais, em várias aplicações do cotidiano.

Os polímeros são gerados a partir da união de unidades estruturais de grupos de átomos, os meros, através de ligações covalentes, que se repetem formando longas cadeias poliméricas. Os polímeros naturais estão presentes nos seres vivos, como por exemplo, os ácidos nucleicos que constituem o DNA, as proteínas e os polissacarídeos. Materiais poliméricos estão presentes há muito tempo em nossa cultura, o amido é utilizado desde a pré-história e a celulose, o polímero do algodão, é utilizado há pelo menos 150 mil anos. A partir da metade do século XIX os químicos começaram a produzir moléculas sintéticas que se assemelham às moléculas naturais.

Uma das vantagens dos plásticos, é justamente em relação às suas propriedades mecânicas, as que os diferenciam dos outros polímeros como borrachas e fibras. Ele pode ser moldado em sua fabricação, através de calor e pressão. Os plásticos são materiais econômicos, possuem resistência mecânica, facilidade de fabricação e capacidade para variação de cor. Podem ser utilizados para diversas aplicações, a partir da composição das suas propriedades particulares e da forma do objeto. Hoje, os plásticos são utilizados principalmente para a fabricação de roupas, calçados, embalagens etc.

No seu uso pode existir algumas desvantagens, como um exemplo, diversas substâncias adsorvidas nos materiais plásticos, por serem tóxicas podem causar danos à saúde humana, interferindo no sistema nervoso, hormonal, reprodutivo e causar câncer etc. Algumas pesquisas mostraram que alguns compostos presentes nos plásticos estão causando aumento da frequência dos problemas de saúde da população mundial. Alguns compostos químicos artificiais como o Bisfenol A, ftalatos e alquifenóis têm provocado anomalias genéticas em seres humanos. Essas substâncias foram proibidas, e pela falta

de fiscalização, ainda podem ser encontradas em outros produtos feitos de materiais plásticos.

A poluição atmosférica é um problema que afeta todo o planeta, traz consequências prejudiciais à fauna e à flora. Uma das fontes para a poluição atmosférica é a incineração dos plásticos descartados no lixo e conseqüentemente a liberação de gás carbônico, agravando o efeito estufa e a liberação de substâncias perigosas. Um exemplo, é a combustão do PVC que libera o gás clorídrico (HCl), um gás altamente letal.

Os plásticos são materiais constituídos por polímeros, que são macromoléculas que apresentam em sua estrutura, os meros, unidades que se repetem. Os plásticos têm reconhecida relevância e presença em nossos dias, sendo utilizados em diversas aplicações, por exemplo, em garrafas PET, mamadeiras e garrafas de água. Muitos são usados e são descartados no ambiente, sem passar por reciclagem ou tratamento químico, poluindo rios, as ruas e as florestas.

Milhões de sacolas de plástico são fabricadas pela praticidade que elas proporcionam para transportar as mercadorias que a população brasileira faz em suas compras. Essa grande quantidade de plásticos, o índice pequeno de reciclagem dos plásticos e um descarte inadequado feito no passado e ainda feito no presente, tem causados vários danos ao meio ambiente.

Este Trabalho de Conclusão de Curso tem dois objetivos: o primeiro é a análise de cinco livros didáticos do PNLD 2012, principalmente em relação a esses aspectos: como os livros abordam os polímeros, como abordam a poluição causada a partir do descarte inadequado dos plásticos e a questão ambiental, como os plásticos estão degradando o meio ambiente e se há atividades experimentais abordando sobre a decomposição térmica dos polímeros, e ainda, os resíduos experimentais e como tratá-los.

Sobre o segundo objetivo, a realização de sete testes químicos através da pirólise de sete tipos de plásticos, os chamados sete grupos ou categorias de plásticos recicláveis, entre eles PET, PEAD, PVC, PEBD/PELBD, PL, PP, PS e outros. Observando na sua decomposição os produtos formados, principalmente a liberação de alguns gases tóxicos e ácidos, após a degradação dos plásticos, realizando a comparação

do pH dos produtos da pirólise dos diferentes plásticos, para abordar sobre a natureza ácida dos produtos de decomposição desses plásticos. O procedimento deste experimento será feito de acordo com a metodologia de “Experimentação no Ensino de Química” da revista Química Nova na Escola, sobre a decomposição térmica do PVC.

Abaixo será apresentado um capítulo abordando sobre: os polímeros, sua relevância histórica, suas aplicações, suas propriedades, classificações em plásticos fibras e borrachas, algumas das principais aplicações dos plásticos, mostrar o plástico e sua influência na questão ambiental, a toxicidade de algumas substâncias presentes nos plásticos e a poluição atmosférica que estes causam após serem queimados.

Este trabalho quer demonstrar as principais influências dos plásticos na vida humana, sejam benéficas ou maléficas, a contribuição por serem bastante úteis em nosso cotidiano, mas também abordar o aumento dos resíduos plásticos descartados nos lixões, representando um grande volume do total de resíduos sólidos, agravando a poluição da atmosfera a partir da queima de diferentes plásticos, com a liberação de substâncias perigosas ao ser humano e suas principais consequências no meio ambiente.

Então, outra contribuição deste trabalho é contribuir para uma maior conscientização do descarte inadequado dos plásticos, os prejuízos que eles causam ao meio ambiente. Por exemplo, os produtos de decomposição térmica dos polímeros podem ser tóxicos e ácidos e, os gases liberados em lixões e aterros sanitários geram chuvas ácidas. Também contribui para o ensino-aprendizagem, trabalhando conceitos nas áreas de química geral e ambiental; equilíbrio ácido base, o indicador ácido-base, problemas ambientais causados pela pirólise dos diferentes plásticos durante a reciclagem destes. Outra possibilidade a partir desse trabalho, é auxiliar educadores de química a propor debates em sala de aula sobre as alternativas de destinação para os resíduos plásticos e sólidos, as vantagens e desvantagens dos lixões, aterros e incineração para o tratamento dos plásticos.

## CAPÍTULO 1 – POLÍMEROS

Os polímeros contribuíram imensamente para o desenvolvimento industrial do século XX. Em 1920, Staudinger mostrou que a borracha natural e outros produtos de síntese, eram materiais que continham moléculas de cadeias longas. Em 1928, os cientistas constataram que os polímeros eram substâncias de elevada massa molar. Exemplos de moléculas muito grandes são as *macromoléculas*, são moléculas grandes, de elevada massa molar, podendo ou não terem unidades repetidas, já os polímeros são macromoléculas, que possuem unidades químicas, os meros, repetidas regularmente ao longo da cadeia, ligadas por ligações covalentes. Com isso, todos os polímeros são macromoléculas, mas nem todas as macromoléculas são polímeros (MANO; MENDES, 1999).

Os *monômeros* são compostos químicos que são suscetíveis para reagirem, através da *polimerização*, se ligam e formam os polímeros. As reações de polimerização são geralmente em cadeia, várias moléculas vão se ligando e aumentando a cadeia, com os centros ativos nas extremidades, por fim podem ser interrompidas pela adição de um agente de terminação, através de algum mecanismo. Os polímeros podem ser fabricados a partir de duas principais reações: *adição* e *condensação*. Na reação de condensação algumas pequenas moléculas como HCl, H<sub>2</sub>O e KCl são retiradas dos meros e polimerização de adição ocorre o inverso (MANO; MENDES, 1999).

Os polímeros podem ser lineares, ramificados ou reticulados. Os polímeros reticulados apresentam ligações cruzadas em suas cadeias, com isso cria-se uma dificuldade de aproximação entre as cadeias e impedindo o deslizamento entre as cadeias aumentando a resistência mecânica e diminuindo a solubilidade e a fusibilidade. Em relação a origem do polímeros, estes, podem ser naturais ou *sintéticos*. Os polímeros naturais foram os primeiros polímeros utilizados para várias aplicações e para a fabricação de produtos sintéticos similares (MANO; MENDES, 1999).

Os polímeros termoplásticos podem ser fundidos por aquecimento e solidificados por resfriamento, de um modo reversível, os polímeros lineares e ramificados são exemplos de termoplásticos e esses polímeros termoplásticos também podem ser dissolvidos dependendo dos solventes. Os plásticos termorrígidos por

aquecimento ou através de outro processo pode adquirir a forma reticulada, com ligações cruzadas, não permitindo o desmembramento dessa estrutura, assim são infusíveis (MANO; MENDES, 1999).

Para a nomenclatura de polímeros são utilizados três sistemas: a *origem do polímero*, a *estrutura do mero*, e as siglas, onde geralmente as abreviações dos meros estão escritos em inglês. Para o sistema baseado na origem do polímero, se tratando de homopolímeros, coloca-se o prefixo *poli*, seguido do nome do mero. Exemplo: Poliestireno. Quando o nome do mero é uma expressão, deve estar contido entre parênteses. Exemplo: poli(metacrilato de metila) (MANO; MENDES, 1999).

## 1.1 PLÁSTICOS, FIBRAS E BORRACHAS

Em relação à mecânica dos polímeros, estes podem ser divididos em fibras, borrachas e plásticos. Fibra é: “um termo geral que designa um corpo flexível, cilíndrico, com pequena seção transversal, com elevada razão entre os comprimentos e o diâmetro (superior a 100).” A *borracha*, também chamada de *elastômero*, é um material que apresenta elasticidade em longa faixa, à temperatura ambiente. *Plástico* (do Grego, “adequado à moldagem”), pois em alguma etapa de sua fabricação ou processamento passou por uma fase fluida ou moldável, devido a uma “ação isolada ou conjunta de calor e pressão” (MANO; MENDES, 1999, p. 15).

O termo “fibra” se referia à fibra feita a partir de materiais naturais, porém, ultimamente também pode se referir à fibra sintética, com isso foram incluídos também as fibras celulósicas e as polifibras. Alguns exemplos de fibras são: a nitrocelulose, o náilon, as fibras *spandex*, as fibras de vidro etc.

<b>Exemplos de fibras</b>	<b>Aspectos relevantes</b>	<b>Aplicação</b>
Fibras de poliamida ou náilon	Se o náilon tiver a forma de polifilamento, será mais resistente que uma fibra natural.	Resistente, porém flexível, por isso é muito utilizado para a fabricação da <i>lingerie</i> .
Poliésteres	O exemplo mais comum é	Geralmente utilizado em

	o tereftalato de polietileno. Suas principais características são: a sua resistência mecânica e a sua recuperação após dobras.	tecidos de roupas, camisas, vestidos, suéteres, no setor de pneumáticos, em sacos de dormir etc.
Fibras de vidro	Podem estar nas formas lã de vidro ou como fibra têxtil de vidro,	Isolamento elétrico de motores elétricos e geradores, em parede à prova de fogo e na carroceria de automóveis.

Fonte: SHREVE, R. N. & BRINK, J. A. Jr., 1980.

A borracha é muito usada em pneus de caminhões devido a sua resistência ao aquecimento por atrito. A sua composição é determinada para ser útil à determinada aplicação. As propriedades mais desejáveis são plasticidade, elasticidade, resistência, dureza, resistência à abrasão, impermeabilidade, e a mistura dessas propriedades.

<b>Exemplos de borrachas</b>	<b>Aspectos relevantes</b>	<b>Aplicação</b>
Silanas e Siloxanas	Resistentes ao calor, solúveis em solventes orgânicos, insolúveis em água e álcoois, estáveis ao calor até 204°C.	Fluidos hidráulicos, em lubrificantes e graxas, em resinas para iluminação, em borrachas de silicone, em ceras, polidores etc.
As borrachas de uretana, as poliuretanas.	São produtos de diisocianatos orgânicos e poliglicóis.	Espuma flexível e fibras elásticas, em estofados, travesseiros, isolamentos, amortecimento de vibrações.

A borracha de polisopreno	O produto sintético é mais limpo e de qualidade mais uniforme.	Possui propriedades similares à da borracha natural, pode substituí-la, por exemplo, em pneus.
---------------------------	--	--

Fonte: SHREVE, R. N. & BRINK, J. A. Jr., **Indústrias de processos químicos**. 4a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980.

## 1.2 ALGUMAS CURIOSIDADES SOBRE OS PLÁSTICOS

De acordo com o Dicionário de Polímeros, plástico é o “termo geral dado a materiais macromoleculares que podem ser moldados por calor e/ou pressão” (ANDRADE et al., 2001, p. 116). Com isso, foram surgindo os plásticos, materiais econômicos, que podem substituir ou serem usados com outros materiais, como por exemplo, a madeira, os metais e as fibras naturais (SHREVE; BRINK JR, 1980). Segundo Shreve e Brink Jr, o plástico:

pode ser definido como um material que contém como ingrediente essencial uma substância orgânica polimerizada de grande massa molecular, que é sólida no seu estágio terminal e, numa certa etapa da sua fabricação ou do seu processamento, pode ser moldada ou conformada no artigo acabado mediante um processo de fluxo (1980, p. 510).

## 1.3 PRODUTOS NATURAIS E SEUS DERIVADOS

Além dos plásticos sintéticos, temos alguns derivados de produtos naturais. Um exemplo é a celulose, essa possui uma cadeia de unidades glicídicas, as cadeias longas podem chegar a um total de 3.500 unidades. As cadeias longas e os álcoois polihidratados formam os plásticos celulósicos, conferindo resistência e flexibilidade.

Aliás, o nitrato de celulose foi a primeira resina plástica, preparada por

Bracconot em 1833, é extremamente inflamável, este produto deve ter o teor de nitrogênio entre 10,7 e 11,2%, por isso Schutzenberger, Cross e Bevan descobriram o acetato de celulose, material que o substituiu e é aplicado em filmes fotográficos desde 1912. Geralmente seu plastificante é a cânfora, utilizada por Hyatt em 1868, muito utilizado como base plástica por Hyatt, em 1869, para substituir o marfim. Após se tornar um produto finalizado é conhecido como celuloide. (SHREVE; BRINK JR, 1980).

#### **1.4 AS PRINCIPAIS APLICAÇÕES DOS PLÁSTICOS**

O homem desde a antiguidade, vem adquirindo da natureza materiais como madeira, borracha, couro entre outros, para confeccionar artigos que ele pudesse utilizar no cotidiano. Com o desenvolvimento da tecnologia, o homem foi aperfeiçoando o processamento dos materiais naturais, para a produção de móveis, roupas e calçados etc. Dessa forma, diversos materiais foram criados, entre eles os plásticos (CANTO, 2004). Os plásticos possuem diversas aplicações devido à sua resistência mecânica, resistência à água, facilidade de fabricação e notável variação de cor (SHREVE; BRINK JR, 1980).

Outros plásticos foram sendo fabricados, como os *poliésteres*: como por exemplo o, náilon, uma fibra formada por moléculas de poliamidas, um plástico com baixa densidade, pequena velocidade de combustão, boa resistência, flexibilidade, resistência à abrasão e à tensão dos monofilamentos orientados. Os náilons foram desenvolvidos por Carothers e “introduzidos no mercado em 1938, na forma de fios para pincéis e escovas e de fibras para tecidos finos” (SHREVE; BRINK JR, 1980).

Outro material produzido foi o *polietileno*, uma resina termoplástica produzida a partir da polimerização de compostos com uma ligação insaturada entre os seus átomos de carbono. Em 1943, começou a produção em grandes quantidades, vários tipos são produzidos, uma das classificações é feita de acordo com a densidade – de baixa, média e alta densidade. O polipropileno é o plástico mais leve, com uma densidade de 0,90, é aplicado em utensílios de mesa, como por exemplo, copos, pratos e talheres e no setor das fibras têxteis. O polietileno se utilizado na forma de folha devido à sua flexibilidade, é usado em embalagens de alimentos, de têxteis, de brinquedos, de

mercadorias perecíveis, de substâncias químicas, de maquinaria etc. (SHREVE; BRINK JR, 1980).

A resina vinílica de maior utilização é o cloreto de polivinila, o PVC, seu grande uso é devido as suas boas propriedades físicas, capacidade de combinação com outros materiais, além da facilidade de processamento e custo relativamente baixo. Se o PVC apresentar alguma limitação prática, copolímeros de cloreto de vinila podem ser fabricados, pois apresentam maior flexibilidade (SHREVE; BRINK JR, 1980).

## **1.5 OS PLÁSTICOS E A QUESTÃO AMBIENTAL**

### **1.5.1 TOXICIDADE DOS PLÁSTICOS**

Os plásticos têm reconhecida relevância e presença em nossos dias, sendo utilizados em diversas aplicações e para produzir diversos produtos, como por exemplo, garrafas PET, mamadeiras e garrafas de água. Muitos desses plásticos são usados pela população humana e são descartados no ambiente, sem passar por reciclagem ou tratamento químico, poluindo rios, as ruas e as florestas. Existem diversas substâncias químicas que estão presentes em um grande número de materiais plásticos, essas substâncias podem causar danos à saúde humana, devido a sua toxicidade, pode interferir no sistema nervoso hormonal, reprodutivo e ainda causar câncer (HESS, 2012).

Algumas pesquisas apontam que as anomalias genéticas em seres humanos são decorrentes da exposição a alguns compostos químicos artificiais, como por exemplo, o Bisfenol A, ftalatos e alquifenóis. No Brasil foi proibida a fabricação e venda de mamadeiras contendo o Bisfenol A, mas essa substância ainda é encontrada em outros produtos. O Bisfenol atua no corpo humano, principalmente na atividade hormonal, podendo causar câncer de mama (HESS, 2012).

Outro plástico de grande influência e que pode causar danos à nossa saúde é o PVC. “Segundo o Instituto do PVC, [...] em 2008 o Brasil consumiu 1,04 milhão de toneladas de plásticos contendo esse material”. (HESS, 2012, p. 25). O PVC é usado em

várias casas e construções, em forros, cadeiras etc. Também pode causar riscos à saúde pública, como por exemplo:

a queima desse composto a temperaturas entre 450°C e 850°C provoca a formação de dioxinas e furanos, substâncias extremamente tóxicas aos humanos (causam câncer, malformações congênitas, infertilidade, disfunções sexuais e outros problemas). (HESS, 2012, p. 25).

No Brasil as restrições legais são pequenas ao uso de plásticos que contenham substâncias que causam danos ao corpo humano. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) proibiu a fabricação e a venda de mamadeiras contendo a substância Bisfenol A, medida já adotada em outros países. Enquanto na Europa e nos Estados Unidos foram proibidos alguns usos de ftalatos, no Brasil ocorrem apenas algumas restrições. Por isso é necessário uma reflexão sobre as consequências das substâncias tóxicas nos plásticos, ao meio ambiente e ao nosso corpo, bem como sobre as mudanças necessárias na legislação brasileira e mundial em relação às substâncias tóxicas, contidas nos plásticos (HESS, 2012).

### **1.5.2- POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA**

Os plásticos têm sido muito úteis em nosso cotidiano, afinal, possuem várias aplicações. Cada vez mais, nos deparamos com notícias sobre a poluição gerada pelo descarte inadequado dos plásticos no meio ambiente, trata-se de um problema mundial, com consequências muito graves à fauna e à flora e que aliás, está aumentando, devido a demanda da população por materiais feitos a partir de plásticos, por trazerem praticidade para nossa vida. Os plásticos após serem jogados no ambiente, poluem as ruas, rios e os mares (COLABUONO, 2010).

As sacolas plásticas tem sido uma das maiores fontes de poluição, poluem principalmente as ruas das grandes cidades. Devido à praticidade milhões de sacolas ainda são fabricadas (FREITAS, 2012). Além disso, o crescente consumo de comidas, produtos de limpeza e tecnológicos, a falta de reciclagem do plástico e um descarte abundante de sacolas no meio ambiente, tem provocado o acúmulo de uma quantidade crescente de material plástico nos lixões e aterros sanitários. Além de tudo, por não serem biodegradáveis permanecem por décadas sem se degradar (CANTO, 2004).

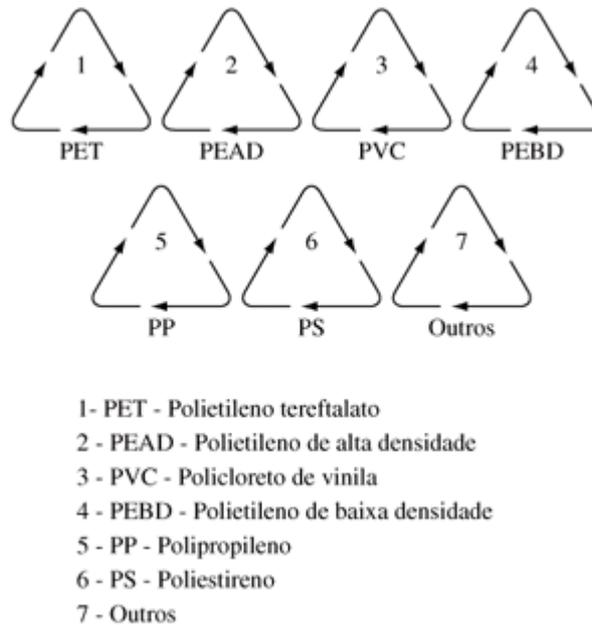
A combustão de alguns plásticos ao ar livre, intensifica o efeito estufa, liberando substâncias tóxicas e letais, como a liberação de gás carbônico, intensificando o efeito estufa. Por exemplo, no caso do PVC, na sua combustão libera: “gás cloreto de hidrogênio (HCl), e também com a poliacrilonitrila e as poliuretanas, que produzem o altamente letal gás cianídrico (HCN)”. Essas substâncias desencadeiam uma série de problemas, então é aconselhável a queima de plásticos numa usina de incineração de lixo, local adequado para a coleta de diversas substâncias perigosas (CANTO, 2004, p. 74).

Outra medida é a proibição da distribuição de sacolas plásticas para embalar e transportar mercadorias, feita somente em poucas cidades do Brasil. Inclusive podemos citar outras alternativas, como a utilização das sacolas biodegradáveis e das sacolas de pano em substituição às tradicionais sacolas de polietileno. As sacolas biodegradáveis têm a vantagem de se degradar mais rapidamente que as de polietileno, pois estas últimas, demoram aproximadamente cem anos para se decompor. Na biodegradação, o exemplo mais comum é o da mistura de polietileno com amido, este pode ser decomposto pelos microrganismos, aumentando a velocidade de degradação do polietileno e, assim, produzindo um material reduzido a pó (FREITAS, 2012).

Uma grande parte do lixo é material plástico. O descarte inadequado dos plásticos, em quantidades exageradas no meio ambiente, além da sua baixa velocidade de degradação, têm representado um problema ambiental crescente, causado de forma antrópica, ou seja, pelo próprio homem. Assim, a reciclagem desses materiais poderia representar um menor impacto ambiental, numa tentativa de atenuar o problema. Embora, sejam necessárias várias ações a serem feitas para superar as dificuldades e implementar a reciclagem desses materiais, esse esforço vale a pena, pois pode-se reduzir a demanda por matérias-primas e os gastos energéticos, além de tudo, o material reciclado é mais barato do que o novo (CANTO, 2004).

Portanto os plásticos reciclados podem servir para várias aplicações e tem um grande potencial, com algumas medidas efetivas pode-se estimular esse mercado. A humanidade vem cada vez mais utilizando recursos não renováveis, então, a reciclagem pode ser uma boa alternativa. Durante a produção de plásticos muita energia é gasta, esta, também proveniente de recursos naturais não renováveis, logo, a reciclagem pode amenizar o agravamento do quadro da crise energética do mundo (CANTO, 2004).

No processo de reciclagem há a etapa de separação de acordo com o tipo de polímero. Cada objeto confeccionado a partir de plásticos recicláveis, é classificado e marcado com um código de reciclagem, este indica o tipo de material utilizado na sua confecção. Abaixo está uma figura com os símbolos de identificação de materiais plásticos recicláveis:



**Figura 1.** Símbolos de identificação dos materiais plásticos segundo a norma ABNT NBR 13230<sup>21</sup>.

Outra alternativa para reduzir os danos causados pelo excesso de descarte dos plásticos é consumir menos, assim reduzir as emissões de gases do efeito estufa, alguns exemplos como “utilizar sacolas de compras reutilizáveis [...], comprar gêneros alimentícios em grande quantidade, para reduzir a quantidade de embalagens. Às vezes, comprar mais significa consumir menos.” (BIELLO, 2008). Ou seja, é melhor comprar um produto em um embalagem de 500g do que comprar dois produtos em embalagens de 250g cada.

Uma das questões mais importantes e que tem gerado discussões frequentes no mundo todo, são as questões ambientais aliadas ao desenvolvimento sustentável. As medidas implementadas são poucas e de difícil implementação, a discussão entre a sociedade, o governo e as fábricas de plásticos sobre a temática da poluição deve ser mais abordada no cotidiano (CANTO, 2004). Assim, o uso dos plásticos pela sociedade e um motivo de interesse público, é necessário portanto, que a sociedade se mostre mais

crítica e participativa para garantir os direitos do consumidor, o consumo consciente e o exercício da cidadania.

## **METODOLOGIA**

Um dos objetivos desse trabalho foi a análise de cinco livros didáticos do Programa Nacional do Livro Didático – PNLD 2012, programa que entrega livros didáticos recomendados para a rede pública de ensino.

Os livros analisados no trabalho foram:

### **Química na abordagem do cotidiano – Volume 3.**

Eduardo Canto, Francisco Peruzzo

### **Química – Meio Ambiente – Cidadania – Tecnologia – Volumes 1 e 3.**

Martha Reis

### **Química – Volume 1 e 3.**

Andréa Machado, Eduardo Mortimer

### **Química Cidadã – Volumes 1, 2 e 3.**

Wildson L. P. Santos, Gerson S. Mól, Siland M. F. Dib, Roseli T. Matsunaga, Sandra M. O. Santos, Eliane N. F. Castro, Gentil S. Silva, Salvia B. Farias

### **Ser protagonista química – Volume 3.**

Julio Cesar Lisboa

A análise foi feita para investigar sobre a abordagem dos polímeros seguindo os seguintes aspectos: suas propriedades e aplicações, como retratam os plásticos, se há experimentos sobre os polímeros, principalmente sobre a combustão destes, se há indicação no experimento para a disposição e tratamento de resíduos, além disso, a questão ambiental e as alternativas para diminuir a degradação do meio ambiente.

Foram utilizados alguns critérios análogos ao trabalho de “Análise de livros didáticos de Química do PNLEM 2012” (SILVA, et al) como: imagens; linguagem cotidiana e científica; atividades experimentais; evolução histórica do conteúdo; contextualização do conteúdo; abordagem metodológica do conteúdo; relacionamento do conteúdo com o desenvolvimento tecnológico; qualidade dos exercícios e problemas.

Posteriormente, após a constatação da ausência de experimentos sobre a pirólise de polímeros nos livros didáticos, foi feito um teste químico com o objetivo de observar os produtos da decomposição térmica dos polímeros, para sugerir experimentos sobre esse tema, alternativas para a disposição e tratamento dos resíduos experimentais.

## RESULTADOS

Nesse trabalho foi feito uma análise comparativa dos produtos formados, a partir de um teste químico, ou seja, da pirólise de sete tipos de plásticos recicláveis, analisando a natureza ácida dos produtos de decomposição dos diferentes plásticos, através da escala de pH, e da mudança de cor do indicador. Assim, a partir desse experimento, deseja-se mostrar quais gases são liberados na atmosfera, o quanto agravam o efeito estufa e a chuva ácida, mostrando o quanto são tóxicos.

Foi realizada pesquisa em uma vasta bibliografia, foram selecionados cinco livros didáticos incluídos no catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio – PNLD 2012, com o objetivo de investigar como esses livros abordam os polímeros, suas propriedades e aplicações, e também como retratam os plásticos, se mostram experimentos sobre os plásticos, principalmente sobre a combustão destes, além disso, também será investigado se trazem informações sobre a questão ambiental e alternativas para diminuir a degradação do meio ambiente.

Também foi realizado um teste químico através da pirólise de sete tipos de plásticos recicláveis, observando na sua decomposição os produtos formados, analisando o pH, para abordar sobre a poluição atmosférica, os gases que são liberados durante o tratamento dos plásticos e os consequentes problemas ambientais. O procedimento deste teste será feito de acordo com a metodologia da “Experimentação no Ensino de Química” da revista “Química Nova na Escola”, o experimento de nome “Decomposição Térmica do PVC e Detecção do HCl Utilizando um indicador Ácido-Base Natural: Uma proposta de Ensino Multidisciplinar” (MARCONATO; FRANCHETTI). O tempo para o procedimento dessa decomposição dos plásticos será padronizado, será utilizado como indicador fenolftaleína ou azul de bromotimol, para evidenciar a formação de ácidos.

## ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD 2012

Os livros serão analisados de acordo com alguns critérios: (1) as imagens, se são meramente ilustrativas ou relacionam-se com o tema abordado; (2) a linguagem, se o(s) autor(res) utiliza(m) linguagem científica, explicando alguns conceitos químicos; (3) as atividades experimentais, se estas podem ser feitas nas escolas ou em casa, com materiais de fácil acesso; (4) a evolução histórica dos polímeros, mostrando também a contribuição política, econômica e social ao longo do tempo; (5) contextualização do conteúdo; se há relação com o cotidiano do aluno; (6) abordagem metodológica do conteúdo, se a sequência e a forma como abordam o tema propicia aprendizagem ao aluno; (7) a relação entre o conteúdo e a tecnologia, as contribuições da tecnologia para a produção de plásticos; (8) a qualidade dos exercícios, se estes permitem reflexão e debate por parte dos alunos.

Fazendo a análise do **livro 1 (Química na abordagem do cotidiano), volume 3 dos autores Canto e Peruzzo (2010)**, em relação ao primeiro critério, o livro apresenta em quase todas as suas páginas, imagens contextualizadas e relacionando-se com os temas de interesse para esse trabalho, nos capítulos 9 e 11 “Polímeros sintéticos” e “A Química Orgânica e o ambiente”. Destacam-se uma sequência de fotos da síntese da baquelite (p. 246), o PVC, fotos de lixões, aterros sanitários, coleta seletiva e reciclagem, foto de uma *ecobag*, abordando sobre a redução do desperdício de plástico (p. 320-322).

Em relação ao segundo critério, o livro desde o início do capítulo já apresenta uma linguagem científica para abordar sobre: a síntese de polímeros; o polietileno, polímeros vinílicos, o poliéster, a poliuretana, os termoplásticos e os termofixos, os plásticos não serem biodegradáveis. A atividade humana e o agravamento do efeito estufa, o lixo e o seu destino, a cidadania e o desenvolvimento sustentável.

Em relação ao terceiro critério, nos dois capítulos de interesse, o livro não apresenta nenhuma atividade experimental sobre os polímeros no livro do aluno. Somente no suplemento para o professor experimentos e descrições de artigos sobre experimentos abordando a polimerização, a decomposição térmica do PVC etc. Aborda o correto descarte de resíduos das atividades experimentais de um modo geral. Em

relação ao capítulo “a Química Orgânica e o ambiente” o livro do aluno não apresenta atividades experimentais e nem práticas sobre o tema.

Em relação ao quarto critério, o livro aborda como os químicos produziram polímeros sintéticos semelhantes aos naturais, a sua importância para a nossa vida e o seu impacto ambiental. Um exemplo é o náilon, utilizado para a confecção de várias roupas, para fins militares, as meias de náilon femininas, artigos de pesca etc.

Em relação ao quinto critério, o livro apresenta o conteúdo de forma bem contextualizada abordando algumas aplicações de polímeros, presentes com frequência no cotidiano, relacionando com as suas propriedades e estrutura. Cita polietileno rígido de galões, tubos e conexões para encanamento feitos de PVC etc. Sobre a incineração do lixo, Canto e Peruzzo (2010, p. 320) “Queimar o lixo é mais caro que enterrá-lo. Além disso, quando o lixo é queimado, produz gases tóxicos. Nas grandes cidades, onde o ar já é bastante poluído, a incineração agrava ainda mais a poluição.”. Cita a liberação de substâncias cancerígenas como os hidrocarbonetos aromáticos de anéis conjugados, após a incineração. Além de citar as vantagens da reciclagem.

Em relação ao sexto critério, o livro aborda os polímeros sintéticos, logo após abordar sobre a introdução à Química orgânica e posteriormente o meio ambiente. Os conteúdos são apresentados de forma a abordar alguns conceitos previamente estudados e reapresenta-los novamente, mostrando assim a importância dos polímeros na nossa sociedade, pois são ressaltados as suas propriedades, aplicações, além de abordar a suas fórmulas estruturais, se os polímeros podem ser reciclados ou não, se são termofixos ou não.

Em relação ao sétimo critério, o livro no início do capítulo já ressalta os polímeros sintéticos e a importância para o mundo principalmente no século XX. Abordou as pesquisas para o desenvolvimento de plásticos biodegradáveis. Além de citar a incineração, a compostagem e a reciclagem, em todos esses processos há o auxílio da tecnologia para reduzir o espaço ocupado pelo lixo, produzir biogás e a produção de novos materiais respectivamente.

Em relação ao oitavo critério, grande parte dos exercícios possuem o foco na polimerização, nas estruturas, nos monômeros que constituem e pouca abordagem sobre as aplicações. Assim, alguns exercícios citam algumas aplicações, mas a

contextualização poderia ser mais presente. No capítulo sobre o ambiente a contextualização é mais presente, abordando a reciclagem, o lixo, o efeito estufa, os combustíveis fósseis, as chuvas ácidas, como minimizar problemas ambientais utilizando as melhores escolhas, entre incinerar, reciclar, fazer a compostagem, aterro sanitário, além de abordar sobre os produtos da decomposição destes.

Fazendo uma análise do **Livro 2 (Química – Meio Ambiente – Cidadania – Tecnologia) da autora Martha Reis (2010)**, Volume 1, traz dentro da unidade 4 (Poluição de interiores), traz o capítulo 19 (Compostos orgânicos) e dentro deste capítulo aborda as propriedades do carbono, a simplificação das fórmulas estruturais, das funções orgânicas mais importantes e por fim, a origem e a destinação do PVC.

Na segunda parte da seção 19.3 – Funções orgânicas importantes, a seção 19.3.2 – Haletos orgânicos, o livro ressalta os organoclorados, o PVC, alerta para o fato de alguns compostos estarem em evidência por estarem causando problemas ambientais devido ao uso exagerado. Além de abordar as propriedades, o processo de fabricação nas indústrias, alerta para o tipo de vapor a partir da emissão da combustão do PVC. O livro aponta que os plastificantes mais utilizados são os ftalatos (dietil-hexil ftalato e o di-isononil ftalato), há indícios de que, segundo Reis (2010):

Os ftalatos podem causar uma série de problemas à saúde, incluindo danos ao fígado, aos rins e ao pulmão, bem como anormalidades no sistema reprodutivo e no desenvolvimento sexual, além de serem classificados como “prováveis carcinogênicos humanos”. (p. 314).

Além de alertar também vários produtos que utilizam o PVC flexível, entre eles, embalagens para medicamentos, brinquedos, revestimentos de fios e cabos elétricos etc., ressalta a combustão de produtos médico-hospitalares em um incinerador liberando dioxinas, um dos poluentes orgânicos persistentes. Ressalta o fato de dutos e tubos rígidos para água e esgoto feitos de PVC rígido, conterem aditivos, como por exemplo, estabilizantes à base de chumbo, cálcio, zinco etc.

No texto introdutório da unidade 5 (Chuva ácida), tem o foco no aumento da concentração de gases óxidos ácidos, como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  e  $\text{NO}_3$ , gerados a partir, por exemplo, da queima dos combustíveis fósseis e que tem causados e agravados as chuvas ácidas. Cita várias cidades e florestas que estão sendo destruídas pela chuva ácida, como por exemplo, a Acrópole, em Atenas; o Coliseu, em Roma, destruição da mata atlântica em Cubatão, São Paulo etc. Além disso, alerta o fato de tanto regiões urbanas e

industrializadas quanto regiões remotas na América do Sul registraram pH médio de 4,7, podem ser afetadas.

Partindo para a análise do Volume 3, o livro aborda em duas unidades sobre polímeros mais especificamente, na unidade 3 – consumismo e na unidade 4 – alimentos e aditivos. Dentro da unidade 3, tem-se os capítulos: polímeros de adição (14) e de condensação (15). Já na unidade 4 temos três capítulos: polímeros naturais (16), carboidratos (17) e proteínas (18).

Em relação ao primeiro critério, o livro apresenta em quase todas as suas páginas ilustrações sobre os polímeros, a maioria dessas imagens são sobre as principais aplicações, em destaque os diversos materiais plásticos de brinquedos, utensílios domésticos e embalagens, outro destaque é a imagem de uma foto de vários tubos de PVC, que já tinha sido mostrada já no volume 1, citando-o como polímero de adição. Além de mostrar exemplos de modelos de garrafas PET (polietileno tereftalato), um tipo de poliéster.

Em relação ao segundo critério, por se tratar de dois capítulos que estão localizados no final da unidade e por já considerar um conhecimento prévio, a autora já inicia o capítulo com uma linguagem com vários termos e conceitos químicos, onde já cita macromoléculas, os monômeros, a polimerização, termoplásticos e termorrígidos aliando a uma linguagem cotidiana para abordar a evolução da produção de polímeros, como são fabricados, suas principais aplicações etc.

Em relação ao terceiro critério, o livro apresenta uma atividade experimental com o título de “Modificando a estrutura do polímero”, logo após ressaltar as modificações das propriedades dos polímeros para serem úteis em determinadas aplicações. Os materiais necessários citados foram: poliacetato de vinila, PVA, (cola branca), Bórax (tetraborato de sódio deca-hidratado,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), água, corante alimentício, palito de madeira, uma colher de café de plástico, três copos de plástico descartáveis para suco (copos grandes), três copos de plástico descartáveis para café (copos pequenos), um par de luvas de borracha. O livro resalta dicas de segurança para a manipulação do bórax, para não entrar em contato com a pele ou mucosa, se ocorrer ingestão pode até causar morte. Além de ressaltar ao final do texto do experimento para o descarte de rejeitos, citou: “Jogue a mistura no lixo comum. Não jogue na pia nem no vaso sanitário”. (2010, p. 279).

Em relação ao quarto critério, o livro aponta para a polimerização do celulose, em 1864, apontou como sendo o primeiro polímero com aplicações práticas. A autora ressalta que a partir do desenvolvimento da resina baquelite, em 1909, ocorreu o aumento do número de polímeros desenvolvidos. A autora afirma que devido a sua importância para a nossa sociedade, estamos vivendo na “era dos plásticos”. Cita um malefício para o meio ambiente e conseqüentemente para a nossa sociedade, a poluição gerada pelos plásticos, pois se degradam facilmente.

Em relação ao quinto critério, o livro se apresenta de forma bem contextualizada, citando várias aplicações bastante úteis no cotidiano, como: brinquedos, embalagens, utensílios domésticos etc. Cita também a baquelite, devido à sua resistência mecânica, química e térmica é muito utilizado em cabos de painéis, tomadas, plugues etc. Além de citar o poliéster, cujo principal exemplo é o PET, por apresentar boa transparência e brilho é muito utilizado na fabricação de garrafas plásticas para refrigerante.

Para abordar a forma como os plásticos são danosos ao meio ambiente e se há alternativas para substituírem os plásticos, a autora cita como alternativa o desenvolvimento dos plásticos biodegradáveis, Reis (2010) ressalta:

... os plásticos trazem em si um paradoxo: suas maiores qualidades são também seus maiores defeitos. São versáteis, resistentes, duráveis, não apodrecem como a madeira e não oxidam como o ferro. São baratos e podem ser produzidos fácil e rapidamente para atender a qualquer demanda. O problema? Praticamente, na mesma velocidade com que são produzidos, são descartados. Por serem “resistentes e duráveis”, não se degradam no ambiente e estão se tornando uma verdadeira “praga” em termos ecológicos. (p. 292-293).

Em relação ao sexto critério, o livro aborda os polímeros dentro da unidade 3 – consumismo, ressaltando que devido as várias vantagens, o plástico tem sido fabricado em um número crescente e considerável, substituindo vários utensílios e proporcionando conforto e comodidades à vida cotidiana.

Em relação ao sétimo critério, o livro aborda várias aplicações dos exemplos mais comuns de polímeros de adição e condensação. Um dos focos na descrição dos polímeros são as etapas da fabricação, cita o polietileno sintetizado a partir do etanol, chamado de “plástico verde”. Essa pesquisa é importante pois grande parte da planta de cana-de-açúcar é destinada a produção de açúcar e álcool combustível, esse plástico

verde produz alguns materiais como: tanques de combustível, filmes para fraldas descartáveis, recipientes para detergentes etc.

Em relação ao oitavo critério, o livro traz questões durante todo o capítulo, ao final do capítulo traz mais alguns exercícios, com o nome “exercitando o raciocínio”, abordando os polímeros biodegradáveis, os problemas gerados pelo descarte dos plásticos no meio ambiente, a vulcanização da borracha, a reciclagem, o reaproveitamento do lixo etc.

Fazendo uma análise do **Livro 3 (Química) dos autores Mortimer e Machado (2012)**, no manual do professor, Volume 1. De acordo com o primeiro critério, o livro apresenta em quase todas as suas páginas, imagens que se relacionam ao texto, com as legendas. Além disso, possuem quadros contendo informações adicionais para auxiliar na organização de algumas atividades.

Em relação ao segundo critério, o livro mostra uma linguagem predominante cotidiana e de fácil acesso aos alunos, com o objetivo de sensibilizar os alunos, a linguagem facilita o entendimento. Ao final do capítulo, alguns conceitos são apresentados porém não há uma abordagem com explicações.

Em relação ao terceiro critério, as atividades propostas são: planejar um acampamento, com o objetivo de sensibilizar os alunos para o destino do lixo; determinar a composição do lixo doméstico; abordar sobre a mudança nos padrões de consumo e de produção de lixo; pesquisar sobre o ciclo de vida de embalagens; mostrar o destino final do lixo, como aterros sanitários e os lixões; abordar sobre o lixo como uma fonte de renda. Nas atividades há preocupação sobre a destinação do lixo, reduzir a produção do lixo, como é feita a coleta seletiva etc.

Em relação ao quarto critério, livro mostra a evolução histórica no texto 2 com o título “Mostre-me teu lixo e eu te direi quem és”, aborda sobre a sofisticação do lixo do Rio de Janeiro após o Plano Real (MORTIMER e MACHADO, 2011, p. 92). Também, há na atividade 3 uma preocupação sobre a mudança nos padrões de consumo, comparando épocas passadas e como mudaram com o tempo.

Em relação ao quinto critério, o texto se mostra bastante contextualizado e todas as atividades propostas visam a participação dos alunos em sua própria comunidade e com materiais de fácil acesso. Sobre o sexto critério, no início do capítulo o livro aborda

sobre as atividades humanas, a consequente produção de lixo, as alternativas para o tratamento do lixo, posteriormente, apresenta vários textos e atividades para informar e sensibilizar os alunos, mostrando como funciona a produção e a destinação do lixo.

Em relação ao sétimo critério, o capítulo apresenta logo no início um esquema abordando a separação e a prensagem de latas, posteriormente aborda sobre o sistema linear e circular de produção de bens e lixo e mostra que a tecnologia tem melhorado a reciclagem desses materiais. Em relação ao oitavo critério, o livro apresenta diversas questões nas atividades e textos no capítulo, ao final do capítulo aborda os problemas ambientais gerados pelo descarte inadequado do lixo e as alternativas para a diminuição da poluição.

Fazendo uma análise do Volume 3, já no início do capítulo, traz um alerta para a conscientização: “a possibilidade de reciclagem pode ser um estímulo à descartabilidade, o que reforça a perspectiva consumista: se é possível reciclar, não é necessário reduzir o consumo” (MORTIMER e MACHADO, 2011, p. 232). Já na primeira atividade alerta para quais materiais podem ser reciclados, alguns materiais são fáceis de se classificar e outros geram dúvidas, as dificuldades da reciclagem no Brasil, para se alcançar a sustentabilidade, como: o baixo índice de reciclagem, pouca coleta seletiva e as dificuldades de separação de alguns materiais.

Posteriormente o livro segue a abordagem sobre o ciclo de vida dos materiais recicláveis, aborda sobre o ciclo de vida das garrafas PET, utilizadas para a fabricação de garrafas e embalagens. Na atividade 2, aborda sobre como reconhecer o PET, o destino do descarte das garrafas PET e a sua reciclagem, sobre os polímeros sintéticos etc. Também ressaltou que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) determinou sete tipos de plásticos recicláveis, citou a relação com os tipos de plásticos, ressaltou que todos devem estar dentro de um triângulo simbolizando materiais recicláveis.

Em relação ao terceiro critério, o livro traz várias atividades abordando sobre o ciclo de vida dos materiais recicláveis. A atividade 4 visa a produção de um polímero termorrígido, utiliza a uréia comercial, o formaldeído, a soda cáustica, o ácido clorídrico, corantes alimentícios e a fenolftaleína. Antes de iniciar os procedimentos, o livro alerta para os cuidados, como utilizar luvas e a capela para realizar o experimento, por envolver produtos tóxicos. Além de alertar para a manipulação da água quente.

Quanto ao quarto critério, o livro aborda a coleta seletiva, o índice de reciclagem e a compostagem de materiais no Brasil, embora sejam realizados em pequena quantidade, estão aumentando. Também ressalta o aumento do lixo produzido por cada habitante por dia, principalmente de embalagens e matéria orgânica. Um exemplo disso é o aumento do uso de garrafas PET, segundo o livro, a Associação Brasileira do PET (Abipet) registrou 462.000 toneladas, em 2008.

Quanto ao quinto critério, o livro apresenta o conteúdo de forma contextualizada, abordando os materiais recicláveis de casa, a coleta seletiva, os plásticos mais consumidos, de onde vem e para onde vão e coloca em destaque as garrafas PET, tão presentes no cotidiano. Sobre o sexto critério, o livro traz o quinto capítulo “Química de materiais recicláveis” logo após abordarem sobre as águas das nossas cidades e como podemos utilizar a Química para cuidar do nosso planeta e; o efeito estufa e a mudança climática. Mostrando uma sequência da abordagem da Química e a questão ambiental.

Em relação ao sétimo critério, o livro aborda que quanto mais desenvolvido for o país maior será o consumo de embalagens, graças a todo o desenvolvimento tecnológico adquirido por esse país. Para reduzir o impacto ambiental surgiu, o *ecodesign*, processo onde o produto tem seu envolvimento com o uso racional de energia, de água e matérias-primas e também; empresas começaram a fazer a Análise do Ciclo de Vida (ACV) de seus produtos. Por fim, ressalta a tecnologia melhorando a reciclagem de garrafas PET, porém seu custo ainda é alto.

Em relação ao oitavo critério, o livro aborda questões dos materiais recicláveis em várias atividades, sugere fazer um fluxograma para entender como funciona a coleta seletiva, com as funções de cada pessoa responsável; posteriormente aborda os polímeros, os plásticos, o PET e a polimerização; posteriormente as macromoléculas e o polímero reticulado. Ao final do capítulo, ressalta as questões de exames, onde aborda a reciclagem, interações intermoleculares, propriedades dos polímeros etc.

Fazendo a análise do **livro 4 (Química cidadã), dos autores Santos e Mól (2010), volumes 1 e 2**, constatou-se principalmente esses temas abordados na seção “Tema em foco”, uma seção do início dos capítulos dos livros. No volume 1, dentro da Unidade 1 “Química, materiais e consumo sustentável”, o tema em foco é o consumo sustentável, onde aborda o consumismo no século XXI, reutilizar e reciclar o lixo, o seu

tratamento e disposição final e a procura pelo consumo e desenvolvimento sustentável. Além disso, o volume 1, abordam mais dois temas em foco, de interesse nesse trabalho, são eles: poluição atmosférica, a relação com o aquecimento global e; os produtos químicos, onde aborda sobre a medida certa para evitar o desperdício.

No volume 2, há dois temas em foco de interesse nesse trabalho, a poluição das águas, onde aborda o fato da poluição hídrica serem decorrentes principalmente das atividades antrópicas, ou seja, causadas pelo homem. Em uma tabela, mostra algumas ações, como a disposição de resíduos sólidos em aterros sanitários, com o tratamento inadequado destes. Além disso, aborda sobre as consequências diretas e indiretas como a infiltração de poluentes no solo e contaminação do lençol freático; a Química, o tratamento de água e o saneamento básico, onde faz um alerta para não se jogar lixo nas ruas, pois pode ser levado pelas chuvas até o rio, entupir as redes de águas pluviais e causar enchentes.

Fazendo a análise do **livro 4 (Química cidadã), dos autores Santos e Mól et al. (2010), Volume 3**, em relação aos aspectos já citados, traz no início do capítulo 4 (Polímeros e propriedades das substâncias orgânicas), uma seção do livro “Tema em foco” com o título “Os plásticos e o ambiente”, onde mostra uma série de perguntas, para suscitar uma reflexão nos alunos sobre esse tema. Mostra uma evolução histórica e a contextualização desse conteúdo, especificamente sobre os plásticos e o ambiente. Mostra também as vantagens e desvantagens que os plásticos trouxeram para a nossa sociedade

Aborda como diminuir os problemas causados pelo descarte inadequado dos plásticos, através da redução do consumo, reutilização e reciclagem dos plásticos. Traz uma tabela com os códigos de reciclagem de alguns polímeros e suas principais aplicações. E por fim, aborda sobre os plásticos biodegradáveis, como uma alternativa para a diminuição do impacto ambiental gerados pelos plásticos de difícil decomposição. No final traz algumas questões acerca do “Tema em foco” na seção “Pense, debata e entenda”.

No capítulo sobre os polímeros, em relação ao primeiro critério, o livro apresenta em quase todas as páginas, imagens com fotografias, tabelas e esquemas onde ocorrem a relação entre o tema dos textos e informações complementares. A maioria das figuras mostram materiais encontrados no cotidiano do aluno, várias aplicações dos

polímeros, esquemas de representação das cadeias poliméricas e as tabelas mostram algumas propriedades químicas adicionais.

Em relação ao critério 2, o livro apresenta no início do capítulo uma linguagem cotidiana, simples e de fácil compreensão, e no decorrer do capítulo vai acrescentando uma quantidade maior de linguagem científica, para abordar alguns conceitos sobre os plásticos e os polímeros em geral. Explica como ocorrem as reações de polimerização, além disso, ao final do capítulo abordando sobre as propriedades dos polímeros há maior presença da linguagem científica.

Sobre o critério 3, o livro apresenta a atividade prática logo após a abordagem sobre as propriedades dos plásticos e das substâncias orgânicas, além disso, a atividade tem o título de “Química na escola” e uma pergunta subsequente “Como se faz um polímero em casa?” e encontra-se na seção 4 do capítulo que aborda sobre as reações de polimerização. O objetivo dessa prática é preparar um novo polímero com propriedades físicas diferentes do polímero inicial.

Ao longo de todo o capítulo, sobre o quarto critério, a história da produção e do desenvolvimento dos polímeros é destacada, a partir do “Tema em foco” abordando principalmente sobre os plásticos e o ambiente. Ressalta também o surgimento da Química dos materiais devido ao desenvolvimento dos polímeros. Além disso, ressalta a indústria petroquímica durante a Primeira Guerra Mundial no desenvolvimento de síntese de polímeros a partir de matérias primas, como por exemplo, a borracha natural.

Sobre o critério 5, durante todo o capítulo ocorre a contextualização seja no texto em si, ou nas figuras com legendas sobre os polímeros encontrados no cotidiano. Essa forma de abordar propicia uma boa aprendizagem sobre a importância dos polímeros em nossa sociedade.

Em relação ao critério 6, a abordagem metodológica, o capítulo em questão encontra-se na unidade 1 “A Química em nossas vidas” deste volume 3, o conteúdo deste capítulo se relaciona com o dos demais capítulos por seus conteúdos terem influência sobre a nossa vida, na nossa sociedade, como por exemplo, a engenharia da vida e a ética; os alimentos, a saúde e a beleza; os plásticos e o ambiente; e a indústria química sociedade.

Durante todo o capítulo é ressaltado a relação entre o desenvolvimento tecnológico e os polímeros, o critério 7, destacando principalmente a produção dos plásticos pelas indústrias a partir do século XX, permitindo assim, grande oferta de plásticos para suprir a demanda da nossa sociedade. Aliás, ressaltou o consumo exagerado de plásticos pela nossa sociedade, porém recomenda alternativas como reduzir, reutilizar e reciclar os plásticos, além de abordar que há a tentativa de desenvolver e produzir plásticos biodegradáveis.

Sobre os exercícios, o critério 8, o livro traz exercícios dentro do “Tema em foco”, no meio do capítulo, no fim do capítulo e os exercícios de revisão. Além disso, os exercícios são questões problematizadoras, indagam sobre as características dos polímeros, por que são importantes na nossa sociedade, como identificar os problemas causados ao meio ambiente, as medidas a serem adotadas pelos consumidores para reduzir o consumo de materiais plásticos etc.

Em relação à análise do **livro 5 (Ser protagonista química), do autor Lisboa**, o volume 3 é o único que aborda os polímeros e a questão ambiental, na última unidade, a unidade 8 – Polímeros, tem o capítulo 21 – polímeros naturais sintéticos e o capítulo 22 - o ser humano e o meio ambiente.

Sobre o primeiro critério, o livro traz em quase todas as páginas imagens que auxiliam na contextualização do tema, no início do capítulo 21 “Polímeros naturais e sintéticos” traz uma imagem de várias escovas de dentes, abordando uma das aplicações do náilon. Para abordar sobre polímeros de adição, citou como exemplo o polietileno, mostrando a sua polimerização, além da imagem de sacos de lixo feitos de polietileno.

Para abordar sobre os polímeros de rearranjo mostrou a imagem de um travesseiro, além de mostrar as representações das estruturas e a imagem da reação entre o parafenileno e o etilenoglicol para gerar o poliuretano. Quando citou o amido, o livro trouxe uma imagem em um quadro mostrando uma embalagem de plástico biodegradável.

No início do capítulo 22 “O ser humano e o meio ambiente”, em relação ao primeiro critério, a primeira imagem é de vários teclados e monitores destinados à reciclagem, mostra também, uma ilustração de todas as etapas de um aterro sanitário, bem como a imagem de um incinerador. Abordando sobre políticas públicas e

cidadania, principalmente sobre a ação do Estado, mostrou figuras de plantação em um aterro sanitário, usina de compostagem, usina de captação e bombeamento de gás metano, além de mostrar uma foto de cestos de coleta seletiva. Sobre a ação dos cidadãos, mostrou imagens de lixo acumulado em um rio e uma enchente.

Em relação ao segundo critério, o livro aborda esse conteúdo com a linguagem cotidiana junto com a linguagem científica, desse modo, torna o aprendizado de fácil acesso, além de abordar novos conceitos.

Sobre o terceiro critério, o livro traz no capítulo “Polímeros naturais e sintéticos” a atividade experimental: Cola de caseína, com o objetivo de estudar sobre um das aplicações da caseína, uma das proteínas do leite. Não abordou sobre a destinação dos resíduos experimentais.

Sobre o quarto critério, no capítulo “Polímeros naturais e sintéticos” aborda a evolução histórica sobre os polímeros em todo capítulo, como por exemplo, as escovas de dentes anteriormente feitas de ramos de arbustos, atualmente feitas de náilon. Além de citar o náilon, utilizado para fabricação de roupas, devido as suas propriedades semelhantes à da seda. No capítulo “O ser humano e o meio ambiente” abordou sobre o desenvolvimento da tecnologia na informática, com a consequente renovação de computadores, falta de reciclagem e destinados ao descarte.

Em relação ao quinto critério, o livro é bem contextualizado nos dois capítulos. Ressaltando várias aplicações dos polímeros no cotidiano, como por exemplo, a escova de dente feita a partir do náilon, sacos de lixo de polietileno, tubos de encanamento feitos de PVC etc. Assim como, aborda a construção de aterros sanitários para a destinação do lixo e o reaproveitamento de gás metano, gás que agrava o efeito estufa. Também ressalta a coleta seletiva para a redução do lixo.

Em relação ao sexto critério, aborda o tema polímeros logo após abordar as funções orgânicas, demonstrando seguir uma sequência de conteúdos como pré-requisitos para os subsequentes, demonstrando assim uma boa abordagem metodológica. Abordando temas de relevância para os alunos de forma contextualizada, interdisciplinar, auxiliando os alunos a compreender conceitos químicos sobre os polímeros.

Em relação ao sétimo critério, o livro apresenta alguns exemplos da relação entre os polímeros e a tecnologia, como por exemplo, a vulcanização da borracha, a produção do neopreno, por ser mais resistente que a borracha natural etc. No capítulo seguinte também cita a relação com a tecnologia, como a troca de computadores antigos por novos, sem a reciclagem do antigo, ressaltando o fato de que 90% dos materiais do computador podem ser reciclados.

Em relação ao oitavo critério, já no início do capítulo o livro aborda questões sobre a escova de dentes, posteriormente apresenta várias atividades com questões distribuídas ao longo do capítulo, de um modo geral com questões problematizadoras, auxiliando o aluno a interpretar, refletir e debater. Além de outras questões abordando sobre as vantagens da incineração do lixo, da coleta seletiva no capítulo “O ser humano e o meio ambiente”.

## **PIRÓLISE DOS POLÍMEROS**

Sobre a pirólise dos polímeros, um trabalho análogo de Gonçalves (2007) aborda esse tema, com o título “Pirólise e combustão de resíduos plásticos”, de acordo com Gonçalves (2007), sobre a reciclagem mecânica de plástico no Brasil até 2003: “o PET é o plástico mais reciclado mecanicamente (cerca de 40%), apesar de representar menos de 20% das resinas plásticas geradas no resíduo sólido.” (p. 04). Ainda segundo Gonçalves (2007), “somente países mais desenvolvidos apresentam índices de incineração com recuperação energética mais elevados do que a disposição em aterros.” (p. 05).

Sobre as vantagens e desvantagens Gonçalves (2007) comenta sobre a conservação das fontes de matéria-prima: “qualquer forma de reciclagem é desejável e deve ser incentivada. Na prática, contudo, deve ser pesado o custo da energia usada na reciclagem e os impactos do resíduo no meio ambiente.” ( p. 06). Ainda sugere alternativas para a redução da quantidade de resíduos plásticos, nos lixões e aterros “incentivar a reciclagem mecânica, implantar a combustão com recuperação de energia em incineradores, utilizando-se para tanto as tecnologias já existentes em diversos países.” (p. 07).

Sobre a pirólise de polietileno e de poliestireno Gonçalves (2007) comenta

“Alguns polímeros podem ser parcialmente convertidos a seus monômeros precursores pelo tratamento térmico pirólítico. Por exemplo, o PS pode ser aquecido e a maior parte dividida em sua estrutura monomérica original, o estireno. Diferente do PS, o PE, e o PP produzem apenas parte de seus monômeros originais, produzindo também hidrocarbonetos leves na forma de gás.” (p. 10).

Ainda segundo Gonçalves (2007), na pirólise de polietileno, com o aumento de temperatura e com o tempo de pirólise a tendência é a geração de produtos na fração gasosa como o hidrogênio, o metano e acetileno, segundo ele por ter uma “quebra mais intensiva das frações alifáticas.” (p. 11).

Foram realizadas as pirólises de sete tipos de plásticos recicláveis, observando na sua decomposição os produtos térmicos formados e a liberação dos gases, analisando o pH. Foi determinado um tempo padrão de dois (2) minutos para a realização da pirólise para cada plástico reciclável e também foi estipulado uma massa padronizada de meio grama (0,5g) de cada polímero reciclável. Os plásticos utilizados para a realização da pirólise foram: Polietileno tereftalato (PET), Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Polietileno de Vinila (PVC), Polietileno de Baixa Densidade (PEBD), Polipropileno (PP), Poliestireno (PS), Polituretano (Outros).

Os resultados da pirólise indicaram, a maioria dos produtos de decomposição térmica dos testes químicos realizados, alteraram a cor da solução do indicador ácido-base, demonstrando a natureza ácida dos produtos térmicos dos polímeros. A partir desse experimento, experimentos demonstrativos ou práticas experimentais podem ser realizadas para abordarem esse tema em sala de aula, servindo de introdução a alguns conceitos químicos, como por exemplo, equilíbrio ácido-base, pH, indicador ácido-base, a natureza ácido-base dos produtos domésticos, polímeros, seu descarte e os problemas ambientais causados pela incineração, degradação do PET e do PVC, durante o processo da reciclagem.

Para a realização da pirólise foi montado um aparato experimental mostrado na figura abaixo:



**Fig. 2:** Decomposição térmica no início e após dois minutos.

Nessa figura fica clara a quantidade de fumaça liberada na decomposição térmica, além da alteração da cor da solução indicadora (fenolftaleína) para um tom mais claro, indício de liberação de gases ácidos que em contato com a solução indicadora reagiu clareando a sua cor. A mudança de cor do indicador ocorreu devido à reação de deslocamento do equilíbrio ácido base do indicador no sentido de formação da sua forma ácida.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os aspectos que propiciaram aos polímeros marcarem presença na nossa sociedade, devido ao conforto e comodidade que imprimem à vida cotidiana, esse trabalho envolve a temática polímeros, abordando a história, as suas propriedades, as aplicações, a poluição atmosférica gerada pela decomposição térmica a partir do descarte inadequado dos polímeros. Paralelamente, foi analisada a abordagem do tema polímeros nos livros didáticos e realizados testes químicos sobre a pirólise de alguns polímeros.

A abordagem do tema polímeros no ensino médio foi realizada a partir da análise dos cinco livros didáticos de Química, indicados no catálogo do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2012. A escolha desses livros para essa análise se justifica devido ao amplo uso desses livros na rede pública de ensino em todo o país. A análise da abordagem do tema nos livros foi feita a partir de alguns critérios como: imagens, linguagem, atividades experimentais, evolução histórica, contextualização do conteúdo, metodologia, relação com a tecnologia e os exercícios.

Na análise buscou-se investigar como os livros didáticos abordam os polímeros, ressaltando os plásticos, as suas propriedades, as contribuições que trouxeram para o cotidiano e os malefícios através do descarte inadequado, gerando a poluição e agravando a degradação do meio ambiente. Além de relatar se há práticas experimentais abordando a decomposição térmica dos polímeros.

A partir da análise dos livros e da constatação de nenhum experimento abordando a pirólise de polímeros nos livros do PNLD 2012, foram feitos testes químicos de pirólise de polímeros recicláveis, com os objetivos de observar os produtos da decomposição térmica. Além disso, objetivou sugerir experimentos sobre o tema e alternativas para a disposição dos resíduos experimentais.

Os testes químicos possibilitam uma abordagem do tema de forma contextualizada, experimentos demonstrativos podem ser realizados em sala de aula auxiliando no processo de ensino-aprendizagem ao servir para a introdução de conceitos como equilíbrio ácido-base, pH, indicador ácido-base, propriedades químicas

decorrentes das interações e estrutura dos polímeros. Além disso, possibilita abordar questões ambientais, como o descarte inadequado dos polímeros no meio ambiente e os problemas ambientais causados pela liberação de gases ácidos e tóxicos.

Por ser um tema de interesse dos alunos, professores e para a sociedade em geral, ele pode ser abordado nos livros de uma forma mais interdisciplinar e contextualizada, pois através da educação e da formação de cidadãos conscientes dos problemas ambientais. Os alunos podem despertar e exercer melhor seu papel de sujeito ativo nas tomadas de decisões no cotidiano, contribuindo assim para a diminuição da poluição hídrica, das ruas e atmosférica, gerando maior bem estar a nossa sociedade. Este trabalho pode contribuir para a relação dos sujeitos do aprendizado com o conhecimento científico, melhorar a visão dos alunos sobre a ciência.

## REFERÊNCIAS

Fig. 1: COLTRO, L; GASPARINO, B. F.; QUEIROZ, G. C. **Reciclagem de materiais plásticos: a importância da identificação correta.** Polímeros vol.18 no.2 São Carlos. Abril. 2008 Disponível em: <<http://luizmeira.com/dados/recicla/reciclagem-plasticos.htm>>. Acesso em 09 de dezembro de 2013.

ANDRADE, C.T.; COUTINHO, F.M.B.; DIAS, M.L.; LUCAS, E.F.; OLIVEIRA, C.M.F. e TABAK, D. **Dicionário de polímeros.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2001. p. 116.

BIELLO, D. **Dez soluções para a mudança climática.** Scientific American Brasil, janeiro, 2008. Disponível em: <[http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/dez\\_solucoes\\_para\\_a\\_mudanca\\_climatica\\_imprimir.html](http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/dez_solucoes_para_a_mudanca_climatica_imprimir.html)>. Acesso em: 15 de agosto de 2012.

CANTO, E. L. **Plástico: Bem supérfluo ou mal necessário?** 11ª Ed. São Paulo: Editora Moderna, 2004.

CANTO, E. L., PERUZZO, F. **Química na abordagem do cotidiano.** v. 3. Ed. Moderna, 2010.

CANGEMI, J. M., dos SANTOS, A. M., CLARO NETO, S. **Biodegradação: Uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos.** Revista Química Nova na Escola. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a03.pdf>>. Acesso em: 15 de agosto de 2012.

COLABOUNO, F. I. **Poluição por plásticos nos oceanos: uma preocupação global.** Disponível em: <<http://www.globalgarbage.org/blog/index.php/2010/06/26/poluicao-por-plasticos-nos-oceanos-uma-preocupacao-global/>>. Acesso em: 15 de agosto de 2012.

FREITAS, E. **A poluição nas grandes cidades.** Mundo Educação. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com/geografia/a-poluicao-nas-grandes-cidades.htm>>. Acesso em: 15 de agosto de 2012.

GONÇALVES, Cecília Korber. **Pirólise e combustão de resíduos plásticos**. São Paulo, 2007. 60p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

HESS, S. C. **Os plásticos podem ser perigosos?** CiênciaHoje, número 292, p. 20-25, maio de 2012.

LISBOA, J. C. F.; **Ser Protagonista Química**. 1ª ed. V. 3 Ed Sm, 2011.

MACHADO, A. H.; MORTIMER, E. F.; **Química**. 1ª ed. V. 1, 3. Ed. Scipione, 2011.

MANO, E. B.; MENDES, L. C. **Introdução a polímeros**. 2ª ed. São Paulo, Ed. Edgard, Blücher. 1999.

MARCONATO, J. C.; FRANCHETTI, S. M. **Decomposição Térmica do PVC e Detecção do HCl Utilizando um indicador ácido-base natural: uma proposta de ensino multidisciplinar**. Revista Química Nova na Escola, 2001. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc14/v14a09.pdf>>. Acesso em: 10 de dez. de 2013.

REIS, M. **Química – Meio Ambiente – Cidadania – Tecnologia**. 1ª ed. V. 1, 3. Ed. FTD, 2010.

SHREVE, R. N. & BRINK, J. A. Jr., **Indústrias de processos químicos**. 4a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S.; DIB, S. M. F.; et al. **Química Cidadã**. 1ª ed. V. 1, 2, 3. Ed. Nova Geração, 2010.

SILVA, T. P.; SOUZA, M. M.; BARROS, A. P. M.; BARBOSA, D. B. **Análise de livros didáticos de química do PNLEM 2012**. Disponível em: <<http://annq.org/eventos/upload/1362797797.pdf>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2013.