



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação
Instituto de Ciências Biológicas
Instituto de Física
Instituto de Química
Faculdade UnB Planaltina
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

**LIXO PLÁSTICO DOMÉSTICO: UM ESTUDO DE
POLÍMEROS PARA O ENSINO DE QUÍMICA
NA PERSPECTIVA DA POLITECNIA**

Débora Cristina Araújo Miguel

Brasília-DF
2021



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação
Instituto de Ciências Biológicas
Instituto de Física
Instituto de Química
Faculdade UnB Planaltina
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

**LIXO PLÁSTICO DOMÉSTICO: UM ESTUDO DE
POLÍMEROS PARA O ENSINO DE QUÍMICA NA
PERSPECTIVA DA POLITECNIA**

DÉBORA CRISTINA ARAÚJO MIGUEL

Dissertação elaborada sob a orientação do Prof.º Dr. Roberto Ribeiro da Silva e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília-DF

Junho
2021

FOLHA DE APROVAÇÃO

Débora Cristina Araújo Miguel

LIXO PLÁSTICO DOMÉSTICO: UM ESTUDO DE POLÍMEROS PARA O ENSINO DE QUÍMICA NA PERSPECTIVA DA POLITECNIA

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC) da Universidade de Brasília (UnB).

Aprovada em 04 de junho de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof.º Dr. Roberto Ribeiro da Silva –UnB
(Presidente)

Prof.a Dra. Patrícia Fernandes Lootens Machado - UnB
(Membro titular)

Prof.a Dra. Renata Cardoso De Sá Ribeiro Razuck -UFRJ
(Membro titular)

Prof. Dr. Eduardo Luiz Dias Cavalcanti
(Membro suplente)

*Dedico este trabalho
à minha família, em especial aos meus filhos Elisa e Lucas, minha mãe Magda e meu marido
Vinicius;
aos meus amigos da Petrobras, em especial aos do laboratório da Regap e do Osbra;
aos amigos que fiz em Brasília, a rede de mães amigas e aos professores e professoras que
têm participado da minha vida desde que entrei na SEEDF.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu marido Vinicius, que me incentivou a me inscrever no mestrado, esteve sempre ao meu lado me apoiando e dividiu comigo todas as alegrias e angústias da pós-graduação.

À minha mãe Magda por todo apoio para que eu pudesse me dedicar as disciplinas.

Aos professores do PPGEC, em especial aos professores Ricardo, Gerson, Malu, Patrícia, Jeane e Márcia por todos os ensinamentos compartilhados durante as disciplinas cursadas no mestrado.

Aos colegas do PPGEC, em especial à Mariana, Valéria, Claudia, Iago, Luciana e Ângela pela parceria desde o início do curso e pela amizade que não se encerra após o término do mestrado.

Ao grupo de orientação do professor Bob, em especial à Verenna, Mayara e Nara pela amizade e por todas às nossas discussões sobre Ensino de Ciências que tanto me ajudaram para a conclusão deste trabalho e para minha formação no mestrado.

À professora Deliane Leite pelas contribuições na revisão do texto.

Às professoras da banca, Patrícia Machado e Renata Razuck pela disponibilidade e pelas importantes contribuições para a realização deste trabalho.

Por fim, faço um agradecimento especial ao meu orientador, professor Roberto Ribeiro da Silva, meu querido professor Bob, por tudo que aprendi desde o primeiro dia do mestrado, por estar comigo em todas as etapas da elaboração deste trabalho. Por toda sua generosidade em me transmitir seus saberes e experiências sempre compreendendo minhas dificuldades. Um exemplo de orientador, professor, pesquisador a quem sou eternamente grata.

RESUMO

Este trabalho buscou investigar uma abordagem politécnica do conteúdo de polímeros para estudantes do ensino médio por meio da temática do lixo plástico, visando contribuir para uma melhor compreensão por parte dos estudantes, sobre a importância da redução do consumo, e do destino deste resíduo. Para isso, foram planejadas oficinas temáticas de forma a possibilitar a assimilação teórica e prática dos princípios científicos envolvidos desde a fabricação, uso, descarte e destino final deste material. Nas oficinas foram utilizadas atividades experimentais que contemplaram princípios da ciência envolvidos na produção, na separação e na reciclagem de plásticos. Adicionalmente, foram abordados aspectos históricos da produção de plásticos e da limpeza urbana. A importância da relação ciência-tecnologia-sociedade foi enfocada com a discussão sobre a atividade dos catadores de material reciclado. O levantamento prévio realizado com os alunos sobre a temática mostrou que havia um entendimento de que o plástico é um problema em nossa sociedade. Entretanto eles não conseguiam relacionar esse problema com os conceitos científicos aprendidos na escola. Os resultados mostraram que a abordagem politécnica visando à formação integral dos estudantes proporcionou uma incorporação de conceitos científicos sobre os polímeros e uma postura crítica por parte dos estudantes em relação ao uso deste material. Também observamos que a politecnia possui aproximações com as premissas da educação ambiental crítica.

Palavras-chave: Ensino de Química, Polímeros, Politecnia, Lixo Plástico

ABSTRACT

This work sought to investigate a polytechnic approach to the content of polymers for high school students through the theme of plastic waste can contribute to a better understanding by students, on the importance of reducing consumption, and the destination of this waste. For that purpose, thematic workshops were planned to enable theoretical and practical assimilation of the scientific principles involved since the manufacture, use, disposal, and final destination of this material. In the workshops, experimental activities were used that included principles of science involved in the production, separation, and recycling of plastics. Additionally, historical aspects of plastics production and urban cleaning were addressed. The importance of the science-technology-society relationship was focused on with the discussion about the activity of recycled material collectors. The previous survey carried out with students on the subject showed that there was an understanding that plastic is a problem in our society. However, they were unable to relate this problem to the scientific concepts they learned at school. The results showed that the polytechnic approach aiming at the integral formation of the students provided an incorporation of scientific concepts about the polymers and a critical posture on the part of the students in relation to the use of this material. We also observed that polytechnic approaches the premises of critical environmental education.

Keywords: Chemistry Teaching, Polymers, Polytechnic, Plastic Waste

LISTA DE SIGLAS

ABIPLAST	Associação Brasileira da Indústria do Plástico
ANCAT	Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
MNCR	Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis
PC	Polycarbonato
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietilenos de Baixa Densidade
PET	Poli(Tereftalato de Etileno)
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PU	Poliuretano
PVC	Poli(Cloreto De Vinila)
SEMA	Secretária de Meio Ambiente
SLU	Serviço de Limpeza Urbana

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Três níveis do conhecimento químico	28
Figura 2: Um mero é a unidade de repetição no polímero polietileno.	40
Figura 3: Representação da reação de polimerização.	40
Figura 4: Exemplo de polimerização por adição para formação do polietileno.	40
Figura 5: Exemplo de polimerização por condensação para formação da baquelite.	41
Figura 6: Estrutura das ligações nas cadeias poliméricas nos plásticos.	43
Figura 7: Divisões e subdivisões dos materiais encontrados nos resíduos sólidos urbanos.	52
Figura 8: Fluxo da reciclagem de resíduos não orgânicos.	54
Figura 9: Separação manual de resíduos.....	56
Figura 10: Classificação de polímeros por códigos	56
Figura 11: Fluxograma de separação de plásticos por densidade	59
Figura 12: Esquema de separação automática por diferença de densidade.....	60
Figura 13: Esquema de separação automática por espectroscopia.....	61
Figura 14: Grânulos reciclados de PEBD	62
Figura 15: Etapas da reciclagem mecânica	63
Figura 16 : Símbolo Universal da Reciclagem.....	69
Figura 17: Análise das respostas do questionário inicial.	85
Figura 18: Avaliação das oficinas	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Propriedades de plásticos industriais importantes	47
Quadro 2: Algumas propriedades de plásticos avaliadas no teste de chama.	58
Quadro 3: Densidade de alguns tipos de plástico	58
Quadro 4: Solubilidade de alguns tipos de plástico	59
Quadro 5: Perguntas para levantamento das concepções prévias	78
Quadro 6: Perguntas realizadas aos alunos para avaliação das oficinas.	79
Quadro 7: Classificação das respostas dos estudantes participantes da pesquisa antes da realização das oficinas.	84
Quadro 8: Classificação das respostas dos alunos após a realização das oficinas.	88

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E REFERENCIAL TEÓRICO	17
1 TRABALHO COMO PRINCÍPIO EDUCATIVO	17
1.1 A POLITECNIA	21
2 ESTRATÉGIAS DE ENSINO DE QUÍMICA	25
2.1 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS	25
2.2 A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS	32
3 ABORDAGEM DOS PLÁSTICOS NA PERSPECTIVA DA POLITECNIA	36
3.1 MACROMOLÉCULAS, POLÍMEROS E PLÁSTICOS	39
3.3 PRODUÇÃO E PROPRIEDADES DE PLÁSTICOS	43
3.4 A POLUIÇÃO CAUSADA PELO DESCARTE PLÁSTICO	50
4 RECICLAGEM	51
4.1 COLETA SELETIVA E RECICLAGEM	53
4.2 RECICLAGEM DE PLÁSTICOS	54
4.3 RECICLAGEM E OS CATADORES	64
4.4 UMA BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DA LIMPEZA URBANA E DA RECICLAGEM	67
4.5 RECICLAGEM PARA ALÉM DA POLITECNIA: APROXIMAÇÕES COM A EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA	71
CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA	74
2.1 PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS	74
CAPÍTULO 3 – ANÁLISE DOS RESULTADOS	84
3.1 ANÁLISE DO LEVANTAMENTO DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS	84
3.2 AVALIAÇÃO DAS OFICINAS	88
CONSIDERAÇÕES FINAIS	96

REFERÊNCIAS	98
APÊNDICE A - FOLDER DE APRESENTAÇÃO E TERMO DE AUTORIZAÇÃO	105
APÊNDICE B – PROPOSTA DE AÇÃO PROFISSIONAL DOCENTE	107

INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, o lixo produzido nas cidades tem ganhado destaque devido aos problemas ambientais causados por este. Lixo é uma palavra que tem origem no latim *lix*, que significa cinzas. São restos de atividades humanas, sem valor para seus produtores, ou seja, é tudo o que não tem serventia e se descarta. A palavra lixo é um termo popular para os materiais descartados, que são chamados tecnicamente de resíduos sólidos (MUCELIN; BELLINI, 2008).

Nos resíduos urbanos, de acordo com Santaella et al. (2014), o plástico representa cerca de 13,5% do total. O lixo plástico gerado em residências e estabelecimentos comerciais, em sua maior parte, é composto por embalagens descartáveis de sacos, potes, filmes, frascos, garrafas, dentre outros, que representam volumes consideráveis nos resíduos sólidos gerados nas cidades.

O plástico presente nesses materiais é muito resistente à degradação natural, pois seus índices de decomposição são quase desprezíveis quando expostos à luz, umidade, calor e microrganismos (FORLIN; FARIA, 2002). Depois do descarte, permanecem por dezenas e até centenas de anos sem serem degradados, e causam sérios danos ao meio ambiente (CANGEMI; SANTOS; NETO, 2005).

Mesmo quando a acomodação dos resíduos é realizada em aterros sanitários, considerada uma disposição legalmente adequada para os resíduos sólidos, os plásticos continuam causando problemas ambientais, além de dificultar a compactação dos resíduos, estes prejudicam a decomposição dos materiais biodegradáveis. O plástico cria camadas impermeáveis que afetam as trocas de líquidos e gases gerados no processo de biodegradação da matéria orgânica presentes nos resíduos (SANTAELLA et al., 2014).

Pode-se dizer, portanto, que a redução do volume de lixo plástico por medidas de gestão para se minimizar sua produção, reuso e reciclagem desse material representam formas de atenuar os problemas ambientais gerados pelo seu descarte.

O Distrito Federal (DF), segundo sua Secretaria de Meio Ambiente SEMA, é a unidade da federação que mais produz resíduos sólidos no Brasil. Cada habitante produz em média 1,6

kg de lixo por dia¹. De acordo com o relatório de atividades do Serviço de Limpeza Urbana (SLU), em 2020 a produção de lixo convencional doméstico e comercial foi de 786,1 mil toneladas e o resíduo resultante da coleta seletiva foi de 36,4 mil toneladas (SLU 2020).

A produção diária de lixo aliada a um baixo índice de reciclagem pode ser reflexo do pouco conhecimento da população dos processos de destinação dos resíduos recolhidos nas Regiões Administrativas do Distrito Federal. Na visão de Eigenheer (2010), em virtude de limitada circulação de informação sobre os fundamentos da limpeza urbana, há pouca compreensão por parte do cidadão do seu papel na gestão de resíduos.

A escola, neste sentido, tem o importante papel de discutir as questões referentes a temática do lixo plástico. É necessário que os alunos tenham uma posição crítica sobre a quantidade de plástico que é disposto no ambiente, e conheçam as possíveis soluções individuais e coletivas para esse problema.

A área de Ciências da Natureza possui conteúdos que vão ao encontro da problemática do lixo plástico. Conforme a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o estudo das Ciências da Natureza deve ir além do aprendizado de conceitos científicos. A contextualização, a articulação entre as disciplinas bem como os processos de práticas de investigação, devem ser enfatizados, e desta forma, poderão privilegiar o protagonismo dos estudantes no enfrentamento de questões sobre consumo, energia, segurança, ambiente e saúde, entre outras.

É importante destacar que, para Wharta e Alário (2005), contextualizar está relacionado à construção de significados a partir de conhecimentos aprendidos. Esses significados não são neutros e auxiliam na resolução de problemas de cunho social e cultural. Deve-se levar o aluno à compreensão da importância de utilizar o conhecimento científico no entendimento de fatos, tendências, fenômenos nos quais eles estão inseridos. Segundo Sá e Silva (2008), ao se apresentar o conhecimento científico de forma problematizada e voltado para questões vivenciadas pelos alunos, naturalmente outras áreas do conhecimento serão abordadas, e se contempla, dessa forma, a interdisciplinaridade e a contextualização.

Também conforme a BNCC, há recomendações para o uso da experimentação e da abordagem histórica para o desenvolvimento das atividades de ensino. De acordo com Silva, Machado e Tunes (2019), a experimentação permite unir fenômenos e teorias, de forma articulada, contextualizada e interdisciplinar, proporcionado aos alunos uma melhor compreensão dos conteúdos abordados.

¹ Informação disponível em <http://www.sema.df.gov.br/coleta-seletiva-2/>. Acesso em 29 mar 2020.

Já a abordagem histórica permite que os conceitos sejam apresentados “como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura” (BRASIL, 2018, p.550). Conforme Pereira e Silva (2009), fatos históricos mostram que as escolhas dos cientistas também são baseadas em contextos sociais, políticos e culturais, e favorecem assim, a desmistificação da ciência e sua neutralidade, presentes no ensino tradicional de ciências.

Diante do cenário exposto, este trabalho propôs a seguinte questão de pesquisa: Em que perspectiva o estudo de propriedades dos polímeros plásticos pode contribuir para maior compreensão, por parte dos estudantes, sobre a necessidade da redução e dos processos de separação do lixo gerado?

A hipótese norteadora da investigação da questão de pesquisa é que o estudo dos processos de separação dos resíduos plásticos na perspectiva da politecnicidade, pode contribuir para uma melhor compreensão dos estudantes, sobre a importância da redução do consumo, e do destino do lixo plástico.

A Politecnicidade diz respeito ao domínio dos fundamentos científicos das diferentes técnicas que caracterizam o processo de trabalho produtivo moderno. Segundo Saviani (1989), é necessária uma compreensão não apenas teórica, mas também prática do modo como a Ciência é produzida, e do modo como ela incorpora-se à produção de bens visando à formação integral do estudante.

Acrescento ainda que minha trajetória profissional tem aproximações com a escolha da abordagem politécnica. Cursei o ensino médio concomitante com a educação profissional, me formei Técnica Química Industrial e com esta formação trabalhei na indústria de combustíveis por 15 anos. Após meu desligamento, passei a dar aulas no ensino público do DF. O fato de ter atuado por tantos anos na indústria química, me proporcionou uma experiência privilegiada, ou seja, do mundo do trabalho para o mundo da sala de aula. Essa experiência profissional trouxe grandes contribuições para a construção deste trabalho.

Para a investigação da hipótese proposta foi traçado o seguinte objetivo geral: investigar os processos de separação e reciclagem dos resíduos plásticos na perspectiva da politecnicidade e suas relações com a coleta seletiva e a atividade dos catadores.

Neste sentido, os objetivos específicos desta pesquisa são: a) realizar um estudo sobre os processos de separação e reciclagem dos plásticos; b) selecionar experimentos que contemplem propriedades físicas e químicas de polímeros envolvidos na produção e tratamento dos resíduos plásticos; c) abordar aspectos históricos da produção de plásticos e da limpeza urbana.; d) investigar o trabalho dos catadores de materiais recicláveis.

A partir dos resultados encontrados foi elaborada uma Proposta de Ação Profissional Docente (PAPD), disponível no apêndice B, a partir da problemática do lixo urbano e da reciclagem de plásticos, voltada para o Ensino Médio, cujos eixos norteadores são a interdisciplinaridade, contextualização, a experimentação e a história da Ciência em uma visão externalista.

Nesta proposta, o aluno poderá compreender a importância do conhecimento científico para explicar as atividades cotidianas nas quais ele está inserido. A PAPD também pretende ampliar o horizonte dos estudantes, incluindo questões importantes a serem discutidas na escola como o consumismo, o papel dos catadores e suas condições de trabalho.

Apesar da construção da PAPD ser voltada para o Ensino Médio, os conteúdos referentes a atividade de limpeza urbana, lixo plástico e reciclagem se adequam a qualquer etapa da Educação Básica. Dessa forma, o módulo poderá também ser utilizado por professores de outras componentes curriculares, como também em conjunto com professores de Química na elaboração de projetos voltados ao tema.

Diante do exposto, no capítulo a seguir, apresentamos uma abordagem teórica que deu suporte a realização desta pesquisa.

CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo apresentaremos um levantamento bibliográfico sobre o referencial teórico que deu suporte a essa pesquisa, bem como das estratégias de ensino de Química utilizadas para sua realização. O capítulo está dividido em 4 sessões e aborda os fundamentos teóricos da politecnia; a experimentação no Ensino de Ciências e a importância de uma abordagem histórica; e conteúdo referente a produção, propriedades e descarte de plásticos presente nos resíduos sólidos urbanos.

1 TRABALHO COMO PRINCÍPIO EDUCATIVO

Segundo Saviani (2007), trabalho e educação são atividades intrinsecamente humanas. Neste sentido, o trabalho diferencia o homem dos outros animais. De acordo com Frigotto (2005), fundamentado em Marx², os animais se adaptam à natureza, e têm sua existência garantida por ela, podem até reproduzi-la, mas o fazem por instinto, sem objetivos. Já o homem, ao contrário, se constitui ao agir sobre a natureza e a transformá-la em função das suas necessidades e guiado por objetivos.

“Antes, o trabalho é um processo entre o homem e a natureza, um processo em que o homem, por sua própria ação, medeia, regula e controla seu metabolismo com a Natureza. Ele mesmo se defronta com a matéria natural como uma força natural. Ele põe em movimento as forças naturais pertencentes à sua corporeidade, braços, pernas, cabeça e mãos, a fim de se apropriar da matéria natural numa forma útil à própria vida. Ao atuar, por meio desse movimento, sobre a natureza externa a ele e ao modificá-la, ele modifica, ao mesmo tempo, sua própria natureza” (MARX, 1983, p. 149 citado por FRIGOTTO, 2005)

O sentido ontológico do trabalho é então definido como a ação do homem sobre a natureza.

²MARX, K. O Capital. Volume I. São Paulo, Abril, Cultural, 1983.

O ser humano para existir precisa continuamente produzir seus meios de vida. Isso impõe a transformação da natureza na satisfação de necessidades materiais e simbólicas, biológicas e socialmente estabelecidas ao longo da história. Esse processo de transformação da natureza, denominado de trabalho, não só determina dialeticamente o modo como satisfazemos necessidades como o nosso próprio modo de existir como indivíduos em sociedade. Nesse movimento ontológico, o ser natural se constitui também como ser social (LOUREIRO e TOZONI-REIS, 2016, p. 72).

De acordo com Saviani (2007), a essência humana é constituída pelo trabalho. Este é um feito humano, que não precede sua existência, nem é uma dádiva da natureza. “O que o homem é, é-o pelo trabalho” (p.154). O homem não nasce sabendo, precisa aprender a produzir sua própria existência. Essa produção coincide com sua formação, é um processo educativo. Para o autor, a origem do homem, neste sentido, coincide com a origem da educação, por meio de uma relação de identidade.

A produção da existência implica o desenvolvimento de formas e conteúdos cuja validade é estabelecida pela experiência, o que configura um verdadeiro processo de aprendizagem. Assim, enquanto os elementos não validados pela experiência são afastados, aqueles cuja eficácia a experiência corrobora necessitam ser preservados e transmitidos às novas gerações no interesse da continuidade da espécie (SAVIANI, 2007, p. 154).

Esta concepção ontológica do trabalho, para Frigotto (2005), não se reduz à atividade laboral ou um emprego, é uma produção que transpassa todas as dimensões da vida humana. Ademais, não deve ser confundido com outras formas que o trabalho assumiu ao longo da história, como a servil, escrava e a assalariada.

Segundo Saviani (1989), por meio do trabalho o homem produz sua existência histórica. Os diferentes modos de produção desenvolvidos ao longo do tempo: o modo comunitário; o modo de produção escravista; o modo de produção feudal, e o modo de produção capitalista modificaram sucessivamente a forma como os homens produziam sua existência ao longo do tempo.

Esta concepção histórica do trabalho, também estrutura o princípio educativo. Conforme Ramos (2017 p. 26), “isto implica que a escola tem uma relação histórica como o mundo da produção, de modo que, a cada nova fase da produção humana, da ciência e da tecnologia, novas possibilidades e necessidades educativas vão surgindo”.

Nas comunidades primitivas, tudo era feito coletivamente e não existia a divisão de classes. Nas tribos, os homens produziam e se educavam em um mesmo processo. A educação era uma atividade espontânea, que tinha o mesmo valor de outras ações realizadas pelos homens. Ela era partilhada com todos os membros da comunidade unindo-se ao trabalho (SAVIANI, 2007).

Este autor também relata que com a apropriação privada da terra surgem duas classes na sociedade, os proprietários e os não-proprietários, e como consequência a divisão do trabalho. Os proprietários, senhores das terras, passaram a viver do trabalho dos não-proprietários. Na Grécia e na Roma antiga, os donos de terra passam a fazer parte da aristocracia, e os não-proprietários se tornam escravos, configurando-se assim o modo de trabalho escravo.

Na antiguidade, essa divisão de classes além de provocar ruptura na unidade educação e trabalho, divide a educação em duas modalidades distintas. Uma voltada para os homens livres, proprietários das terras, e a outra direcionada a escravos e serviçais. A primeira, voltada para as atividades intelectuais e exercícios físicos de caráter lúdico ou militar. Já a segunda direcionada ao próprio processo de trabalho.

A primeira modalidade de educação deu origem à escola. A palavra escola deriva do grego *scholé*, significa, etimologicamente, o lugar do ócio, tempo livre. Era, pois, o lugar para onde iam os que dispunham de tempo livre. Desenvolveu-se, a partir daí, uma forma específica de educação, em contraposição àquela inerente ao processo produtivo. Pela sua especificidade, essa nova forma de educação passou a ser identificada com a educação propriamente dita, perpetrando-se a separação entre educação e trabalho (SAVIANI, 2007, p. 155).

Na Idade Média, com o fim do modo de produção escravista, o sistema de produção feudal realizou-se no regime servil. Este trabalho predominantemente agrícola e manual utilizava técnicas simples que não requeriam muitos conhecimentos. Neste sentido, a educação intelectual era restrita a uma parcela muito específica da população, ligada à Igreja Católica.

Na sociedade moderna, com o modo de produção capitalista houve uma revolução nas técnicas de produção, e a Ciência foi incorporada nos processos indústrias. Com a industrialização da sociedade e a mecanização dos processos de produção há uma necessidade da universalização da escola, já que o conhecimento era necessário para o processo de produção (SAVIANI, 1989).

Entretanto, a sociedade capitalista desenvolveu mecanismos para que o conhecimento fosse disseminado de forma parcelada e o controle continuasse nas mãos das classes dominantes, detentoras dos meios de produção. Como consequência há uma divisão dos que controlam o processo e dos que executam. Uma destas expressões é o “Taylorismo”. Taylor aprofunda a divisão do trabalho ao instituir que cada trabalhador só domine a parcela que ele opera no processo de produção coletiva.

O ensino científico intelectual fica a cargo dos proprietários dos meios de produção, e o ensino profissional aos trabalhadores executantes. Na escola, os trabalhadores são formados

para executar as tarefas exigidas pelo mercado de trabalho. Nessa formação é necessário apenas um preparo intelectual específico mínimo para o desenvolvimento das atividades produtivas. Em contraponto, o trabalho intelectual requer amplo domínio dos fundamentos teóricos.

Esta concepção dualista tem como base a separação do trabalho intelectual e manual. “Funda-se o que chamamos de dualidade educacional, expressão, no plano da educação, da dualidade social.” (RAMOS, 2017, p. 24).

Desta forma,

[...] o sistema de ensino bifurcou-se entre as escolas de formação geral e as escolas profissionais. Essas, por não estarem diretamente ligadas à produção, tenderam a enfatizar as qualificações gerais (intelectuais) em detrimento da qualificação específica, ao passo que os cursos profissionalizantes, diretamente ligados à produção, enfatizaram os aspectos operacionais vinculados ao exercício de tarefas específicas (intelectuais e manuais) no processo produtivo considerado em sua particularidade (SAVIANI, 2007, p. 159).

Segundo Saviani (1989), Marx propõe a união entre educação e trabalho no sentido de abolir a separação entre trabalho intelectual e trabalho manual.

Essa concepção Marxista de educação tem como conceito a politecnia. De acordo com Moura, Lima Filho e Silva (2015), Marx não sistematizou necessariamente um texto especificamente sobre questões pedagógicas. Nas Instruções aos Delegados do Conselho Central Provisório, da Associação Internacional de Trabalhadores, Marx faz a seguinte citação:

Primeiramente: Educação mental [intelectual]. Segundo: Educação física, tal como é dada em escolas de ginástica e pelo exercício militar. Terceiro: Instrução tecnológica, que transmite os princípios gerais de todos os processos de produção e, simultaneamente, inicia a criança e o jovem no uso prático e manejo dos instrumentos elementares de todos os ofícios (MARX, 1982³ citado por MOURA; LIMA FILHO; SILVA, 2015).

Para Rodrigues (2009), essas indicações são o ponto de partida do trabalho como princípio educativo. Neste sentido, ao abordar a educação intelectual, física e tecnológica, Marx faz referência a uma formação integral do ser humano, ou seja, uma formação omnilateral, ponto de partida para sua transformação social.

A união entre trabalho intelectual e trabalho manual só poderá se realizar sobre a base da superação da apropriação privada dos meios de produção, com a socialização dos meios de produção, colocando todo o processo produtivo a serviço da coletividade, do conjunto da sociedade (SAVIANI, 1989, p. 15)

³Marx, K. Instruções para os delegados do Conselho Geral Provisório. **As diferentes questões**. Lisboa: Avante Edições, 1982.

Na década de 1930, Antônio Gramsci, fez suas contribuições na concepção da politecnia. Defendia a escola unitária ao se opor ao regime fascista italiano, defendeu a união de qualquer etapa de ensino desde a elementar até a superior com a educação profissional. A escola unitária não propunha a profissionalização da educação básica. Ao contrário, a dualidade do trabalho manual e intelectual é superada por ela, a partir do trabalho como princípio educativo, por meio da integração entre trabalho, ciência e cultura (CIAVATTA; RAMOS, 2011).

[...] a escola unitária ou de formação humanista (entendido este termo, “humanismo” em sentido amplo e não apenas em sentido tradicional) ou de cultura geral deveria propor a tarefa de inserir os jovens na atividade social, depois de tê-los levado a um certo grau de maturidade e capacidade, à criação intelectual e prática e a uma certa autonomia na orientação e na iniciativa. (GRAMSCI, 1991, p. 123 citado por CIAVATTA; RAMOS, 2011).

Segundo Kuenzer (1989), fundamentada nos trabalhos de Gramsci (1968)⁴, com o desenvolvimento da ciência e da tecnologia não se permite mais uma rígida divisão entre funções intelectuais e instrumentais, trazendo novas formas de relação entre ciência e trabalho.

À medida que, na sociedade contemporânea, a ciência se faz técnica e esta se complexifica, ou as atividades se fazem complexas e a teoria se faz operativa, trabalho e ciência, antes dissociados, voltam a formar uma nova unidade através da mediação do processo produtivo, exigindo uma nova concepção da sociedade que unifique ciência, técnica e cultura. Em decorrência exige-se um novo princípio educativo para a escola em todos os níveis, que tome o trabalho como ponto de partida, concebido como atividade teórico/prática síntese entre ciência técnica e humanismo histórico (KUENZER, 1989, p. 23).

Pela politecnia ser a perspectiva escolhida para a abordagem desta pesquisa, um maior detalhamento do tema será feito a seguir.

1.1 A POLITECNIA

Segundo Saviani (1989), a politecnia se fundamenta na união indissolúvel entre trabalho manual e trabalho intelectual. Neste sentido toda a educação e, por consequência, toda a organização escolar, tem por fundamento a questão do trabalho.

A palavra politecnia, tem o sentido literal de múltiplas técnicas ou multiplicidade de técnicas. Mas a noção de politecnia, entendida como princípio educativo, não deve ser

⁴GRAMSCI, A. **Os intelectuais e a organização da cultura por Antônio Gramsci**. Rio de Janeiro, Civilização Brasileira, 1968.

interpretada neste sentido. Se essa fosse o conjunto da totalidade das técnicas disponíveis, estaria sempre sujeita a acréscimo, já que a cada tempo mais habilidades poderiam ser inseridas e haveria uma relação sempre incompleta.

A noção de politecnia está relacionada ao domínio dos fundamentos científicos das diferentes técnicas que caracterizam o processo de trabalho produtivo moderno. As diversas modalidades de trabalho são baseadas em determinados princípios científicos, ao dominar esses princípios o trabalhador irá compreender a essência do trabalho. Desta forma, a politecnia não se trata de uma instrução mínima, para o desenvolvimento de habilidades para que o trabalhador execute tarefas exigidas pelo mercado de trabalho. Esta se baseia na formação integral.

O currículo da educação básica, na concepção da politecnia é norteado pelo trabalho no sentido ontológico, de transformação da natureza pelo homem. Para existir o homem precisa conhecer a natureza e ao produzir sua existência histórica estabelece relações com outros homens constituindo a sociedade.

Neste sentido, para Saviani (1989), o currículo constitui-se por dois blocos, o das Ciências Naturais, envolvendo os conhecimentos científicos relativos às leis naturais e o das Ciências Sociais, que envolvem os conhecimentos que estudam as leis que regem a sociedade. Sendo necessário o bloco da Matemática e da Linguagem, pois esses são os instrumentos de expressão destes conhecimentos.

No Ensino Fundamental, antigo Primeiro Grau, o trabalho aparece de forma implícita, ele é um instrumento para a compreensão da sociedade e determina a estrutura do currículo.

Aprender a ler, a escrever e a contar, além dos rudimentos das Ciências Naturais e das Ciências Sociais, constitui-se como condição para compreender o mundo em que se vive, inclusive para entender a própria incorporação pelo trabalho dos conhecimentos científicos no âmbito da vida e da sociedade (SAVIANI, 1989, p. 12).

Já no Segundo Grau, atual Ensino Médio, o trabalho deixa de ser o pressuposto e passa a ser o fundamento. O arranjo curricular desta etapa é organizado no sentido de se explicitar a questão de como o trabalho constitui a sociedade moderna e assim se baseia a concepção da politecnia.

A produção na sociedade moderna é baseada na Ciência e a noção de politecnia diz respeito aos fundamentos das diferentes técnicas que caracterizam o trabalho produtivo moderno.

O ensino de segundo grau, sobre a base da politecnia, não se trataria de multiplicar as habilitações ao infinito para se cobrir todas as formas de atividade que se possa detectar na sociedade. Trata-se de organizar sim, oficinas, quer dizer, processo de trabalho real, porque a politecnia supõe a articulação entre o trabalho manual e o intelectual. Isto será organizado de

modo a que se possibilite a assimilação não apenas teórica, mas também prática, dos princípios científicos que estão na base da organização moderna. Aqueles princípios científicos que o aluno já conheceu a partir do primeiro grau, aquelas noções das Ciências da Natureza, das Ciências Sociais, que ele assimilou em seu sentido teórico, como expressão do modo como a natureza está constituída, como se comporta e do modo como a sociedade está constituída, como se comporta, agora ele terá que compreendê-los não apenas no seu caráter teórico, mas também no seu funcionamento prático, numa compreensão teórica e prática desses princípios (SAVIANI, 1989, p. 18).

Desta forma, ao assimilar estes princípios, os alunos adquirem a compreensão do funcionamento da sociedade em que vivem e como o trabalho está organizado nela e ainda qual o significado das diferentes especialidades do trabalho moderno. Como os princípios básicos foram assimilados, os alunos serão capazes de desenvolver, futuramente, habilidades específicas.

No Brasil, o debate da politecnicidade foi amplamente discutido na regulamentação da nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB)⁵ na década de 1980. Segundo Moura (2007), nessas discussões, que nortearam os princípios e concepções do Ensino Médio, havia duas disputas, uma em defesa de um ensino médio politécnico com um projeto de escola unitária, e outra que defendia a separação entre educação básica e formação profissional.

No texto aprovado em 1996, a separação foi consolidada, prevaleceu a dualidade entre o Ensino Médio e a Educação Profissional. O Ensino Médio passa a vigorar estritamente propedêutico, enquanto os cursos técnicos foram obrigatoriamente separados deste mediante o Decreto nº 2.208/1997⁶.

Segundo Ramos (2008), apesar da dualidade entre formação geral e profissional, nas finalidades do Ensino Médio, expressas pela LDB, dois artigos preservaram o trabalho como princípio educativo, conforme defendido na educação politécnica. O artigo 35 inciso IV, cuja redação é “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos”, e no inciso I do parágrafo primeiro do artigo 36, que traz como um dos objetivos do Ensino Médio o “domínio dos princípios científicos e tecnológicos que compreendem a produção moderna.”

Em 2004, após discussões sobre a permanência do Decreto nº 2.208/1997 houve um retorno dos debates sobre a politecnicidade na educação profissional, quando então deu-se um entendimento de que seria necessário um Ensino Médio que garantisse uma educação básica

⁵ BRASIL. Lei nº 9394 de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República.

⁶BRASIL. Decreto-lei nº 2.208, de 17 de abril de 1997. Regulamenta o § 2º do art. 36 e os arts. 39 a 42 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

integral. E esse deveria incluir conforme Moura (2007, p. 19), “os conhecimentos científicos produzidos e acumulados historicamente pela sociedade, como também objetivos adicionais de formação profissional numa perspectiva da integração dessas dimensões”.

Essa perspectiva adotou a ciência, a tecnologia, a cultura e o trabalho como eixos estruturantes do Ensino Médio Brasileiro, pois assim seria possível o desenvolvimento de uma educação politécnica. Com o Decreto nº 5.154/04⁷ o Ensino Profissional passa a ter a possibilidade de integração com o Ensino Médio, e ainda com princípios que apontam na direção de um Ensino Médio Politécnico.

Para Ciavatta e Ramos (2011), o conceito de que a educação integra o trabalho, a ciência e a cultura, tendo o trabalho como princípio educativo, não é, necessariamente, profissionalizante. Segundo estas autoras é uma finalidade necessária a ser imposta na educação brasileira.

Em 2012, são instituídas novas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio⁸, cuja base conceitual tem como princípios o trabalho como princípio educativo, e a articulação ciência-cultura-trabalho-tecnologia como base da proposta e do desenvolvimento curricular no Ensino Médio. De acordo com Ciavatta (2014), com essas proposições retomou-se a ideia de formação politécnica, debatida nas discussões que antecederam a atual LDB.

Em 2018, com a publicação da reforma do Ensino Médio, a LDB passou por alterações sendo instituída a BNCC. No texto da BNCC é descrito a necessidade de uma recontextualização das finalidades dessa etapa. Neste sentido:

[...] o Ensino Médio deve garantir aos estudantes a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática. Para tanto, a escola que **acolhe as juventudes**, por meio da articulação entre diferentes áreas do conhecimento, deve possibilitar aos estudantes: compreender e utilizar os conceitos e teorias que compõem a base do conhecimento científico-tecnológico, bem como os procedimentos metodológicos e suas lógicas; conscientizar-se quanto à necessidade de continuar aprendendo e aprimorando seus conhecimentos; apropriar-se das linguagens científicas e utilizá-las na comunicação e na disseminação desses conhecimentos; e apropriar-se das linguagens das tecnologias digitais e tornar-se fluentes em sua utilização (BRASIL, 2018, p. 467, grifo do autor).

A BNCC adota a noção ampliada e plural de juventudes. Isso significa que é preciso entender as culturas juvenis em sua singularidade. Os jovens devem ser reconhecidos como

⁷ BRASIL. Decreto-lei nº 5.154, de 23 de julho de 2004. Regulamenta o § 2º do art. 36 e os art. 39 a 41 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

⁸BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2012.

participantes ativos das sociedades nas quais estão inseridos. Neste sentido, a organização da escola precisa contemplar as diversidades, promovendo, de modo intencional e permanente, o respeito à pessoa humana e aos seus direitos.

O conceito de politecnia permite dialogar com os sujeitos, jovens (adultos) do ensino médio, na medida em que considera a multidimensionalidade da formação humana e, com isso, permite tomar como referência esses sujeitos em suas diferenças (de classe, gênero, idade, sexo, cor, etc.); possibilita, ainda, atribuir sentido aos conhecimentos que circulam na escola, seja de natureza científica, artística, ética, estética na medida em que toma a historicidade das práticas de produção da existência humana, a cultura, em suas bases material e imaterial sobretudo em um momento em que a ciência e a tecnologia impulsionam para a fusão dos clássicos campos das ciências de referência que compõem os currículos até o presente momento (SILVA, 2012, p. 10-11).

No tópico a seguir, abordaremos as estratégias de ensino que foram utilizadas no desenvolvimento desta pesquisa.

2 ESTRATÉGIAS DE ENSINO DE QUÍMICA

2.1 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Segundo Silva, Machado e Tunes (2019) as atividades experimentais têm potencial para favorecer o protagonismo dos estudantes, estimular o diálogo em sala de aula, auxiliando no despertar do pensamento crítico, necessário para a transformação da sociedade. Entretanto, realizar atividades experimentais em sala de aula, sem a compreensão de seus objetivos, repetindo roteiros prontos, não distancia essa atividade da mera transmissão de conteúdo.

Na BNCC, para a área de Ciências da Natureza, o aprendizado deve ir além do repasse de conceitos científicos. A contextualização, a articulação entre as disciplinas e os processos de práticas de investigação devem ser enfatizadas, privilegiando o protagonismo dos estudantes.

[...]a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe um aprofundamento nas temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. Os conhecimentos conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. Dessa forma, os estudantes podem reelaborar seus próprios saberes relativos a essas temáticas, bem como reconhecer as potencialidades e limitações das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BRASIL, 2018. p. 548).

A BNCC destaca que processos e práticas de investigação devem ser enfatizados nesta etapa de ensino; “A abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na

aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido” (BRASIL, 2018, p. 551).

Documentos oficiais anteriores a BNCC, como os Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN⁹ e PCN⁺, também preconizavam a experimentação abarcando a interdisciplinaridade e a contextualização no ensino de Ciências.

Para Silva, Machado e Tunes (2019), a ausência da experimentação no Ensino de Ciências contribui para a queda de sua qualidade. Segundo Maia et al. (2013), apesar da importância e das diretrizes oficiais a respeito da experimentação no ensino de Ciências, pesquisas têm apontado para a ausência em sala de aula de atividades experimentais, como também buscado um posicionamento crítico em relação ao uso deste recurso.

No processo de ensino aprendizagem, seu uso ainda não é frequente e quando ocorre, a tendência dos professores é utilizá-la para comprovar a teoria pela prática. Entretanto, de acordo com Silva, Machado e Tunes (2019), é um equívoco considerar que as atividades experimentais concretizam as teorias científicas que facilitam a aprendizagem dos alunos.

Na realização de uma atividade experimental, os alunos discutem os fenômenos observados utilizando uma teoria. Isto não prova se ela é ou não verdadeira, mas permite observar sua capacidade de previsão e generalização.

Para Hodson (1994), no atual ensino de ciências prevalece a visão positivista de que a experimentação contribui automaticamente para a aquisição do conhecimento científico pelos alunos. A ciência é posta tendo como ponto de partida a observação empírica. As práticas experimentais são apresentadas como fenômenos a serem descobertos pela observação, distorcendo o que é realizado pelo cientista e desconsiderando o método científico. Este como sendo único capaz de gerar conhecimentos válidos.

Neste sentido, segundo Silva e Zanon (2000), na década de 1980, muitas reformas curriculares deram ênfase aos procedimentos da Ciência em aulas experimentais, sem preocupação com a discussão dos conceitos científicos relacionados aos experimentos.

A experimentação em sala de aula, vista desta forma, é falha, pois na Ciência o conhecimento avança a partir de indagações. Os alunos não irão compreender fenômenos apenas por observá-los, é preciso que eles sejam estimulados pelo professor a explicá-los. Desta forma, as aulas experimentais têm o potencial para gerar problematizações, discussões e

⁹ Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio. Brasília: MEC; SEMTEC, 1999. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002.

questionamentos na sala de aula, contribuindo assim para a melhor compreensão do conhecimento científico.

Não faz sentido realizar aulas experimentais e não destinar um tempo para a discussão entre a teoria e o fenômeno observado, para que o conhecimento científico seja apropriado em situações do cotidiano dos alunos. Concepções simplistas sobre atividades experimentais a transformam em “mera atividade física dos alunos, em detrimento da interação e da atividade prioritariamente cognitiva mental” (SILVA; ZANON, 2000, p. 121).

Para Gaspar (2009), os alunos estão mais propensos a participarem de discussões nas atividades experimentais do que em aulas discursivas. Um experimento pode ser conduzido sem condições idealizadas como propostas em um livro, promovendo discussões em que as respostas não estão prontas. Neste sentido é importante que todos os envolvidos discutam as mesmas ideias e tentem responder as mesmas perguntas, compartilhando os conhecimentos abordados.

As atividades experimentais podem ser desenvolvidas de forma a auxiliar o processo de construção das aprendizagens por meio do questionamento, requerendo a superação do ensino fragmentado e desarticulado das situações de vida. Os alunos podem ser instigados a pesquisar e propor hipóteses para explicar os fenômenos observados, estimulando-os a tomar decisões e propor respostas para problemas (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004).

Em outra perspectiva Silva, Machado e Tunes (2019), afirmam que os professores têm algumas crenças sobre a realização de experimentos. Para muitos a realização de uma atividade experimental implica que a escola disponha de laboratórios adequados, com aulas destinadas a atividades experimentais que necessitam de tempo para preparação e organização do laboratório após a realização.

Ademais, muitos professores acreditam que a atividade experimental é intrinsecamente motivadora, pois os alunos gostam de ir ao laboratório, principalmente quando o experimento tem resultados que impressionam, como explosões, gases coloridos e cheiros característicos. Outra crença associada a execução de atividades experimentais entre professores são que os experimentos concretizam as teorias apresentadas na sala de aula .

Quando os alunos realizam uma atividade experimental e observam determinados fenômenos, geralmente, pede-se que os expliquem. A explicação de um fenômeno utilizando-se de uma teoria é o que denominamos de relação experimento-teoria, ou seja, é a relação entre fazer e pensar. O uso de uma teoria para explicar um fenômeno não significa que se está provando sua veracidade, mas testando sua capacidade de generalização. Por exemplo, ao explicarmos o acender de uma lâmpada ligada à rede elétrica, usando o conceito de elétrons (teoria), não estamos provando que a teoria está correta, mas testando sua generalidade, já que o conceito de elétron foi introduzido,

inicialmente, na Ciência para explicar a condução da corrente elétrica por gases nos tubos de raios catódicos (SILVA; MACHADO; TUNES, 2019, p. 198).

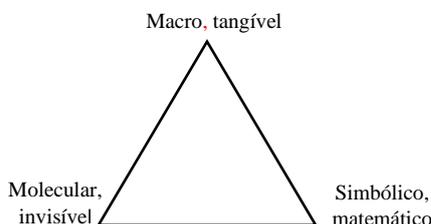
Diante destas concepções equivocadas é necessário aumentar a compreensão sobre as atividades experimentais.

Concordando com Silva, Machado e Tunes (2019), a experimentação, se desenvolvida adequadamente, permite articular fenômenos e teorias e possibilita desenvolver o pensamento analítico dos alunos, de forma orientada, ao proporcionar a eles a obtenção de uma melhor compreensão dos conteúdos abordados. Segundo Silva e Zanon (2000), experimentar exige que o aluno associe conceitos a fenômenos, e isto só pode ser atingido pela ação do professor, por meio de intervenções que promovam o diálogo com a teoria e os fenômenos.

Nesses diálogos, para Melo e Silva (2019), é importante que a discussão tenha como fundamento os três níveis do conhecimento químico: o macro e tangível, o molecular e invisível, e o simbólico e matemático. Na pesquisa realizada, esses autores observaram que os que os alunos têm dificuldade de realizar a transição entre os três níveis do conhecimento e, nesse sentido foram propostas estratégias para auxiliá-los na transição entre cada um deles.

Johnstone (1982, 2010)¹⁰, citado por Melo e Silva (2019), propôs estes níveis em um modelo em que cada um representa o vértice de um triângulo (FIGURA 1). O nível macro tangível relaciona-se aos fenômenos observados pelos alunos; o molecular invisível diz respeito a conceitos e teorias que já necessitam de abstração por parte dos alunos. Quando é necessário fazer descrições em linguagem específica o nível abordado é o simbólico matemático.

Figura 1: Três níveis do conhecimento químico



Fonte: Melo e Silva (2019)

¹⁰ JOHNSTONE, A. H. Macro and Microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, 1982, p. 377-379.

JOHNSTONE, A. H. You Can't Get There from Here. **Journal of Chemical Education**, v. 87, n. 1, 2010, p. 22-29.

O professor durante as discussões com seus alunos na explicação de um fenômeno, deve partir de cada um dos vértices. Entretanto, para que o processo de aprendizagem dos alunos não seja comprometido, é preciso estar atento para que na discussão os três níveis não sejam abordados ao mesmo tempo, sem que os estudantes consigam perceber a diferença entre cada um.

Para Silva, Machado e Tunes (2019), com base nos trabalhos de Johnstone (2006¹¹, 2010), sobre os três níveis do conhecimento químico, a condução da discussão dos experimentos deve ter como base a observação macroscópica, a interpretação submicroscópica e a expressão representacional. A observação macroscópica é o fenômeno observado no experimento. Os alunos observam e descrevem as mudanças que ocorreram durante a realização do experimento. Na interpretação submicroscópica, os alunos associam a teoria ao fenômeno observado. A expressão representacional é a descrição dos fenômenos observados com uso da linguagem científica, fazendo-se uso de fórmulas, modelos, gráficos, dentre outros.

No desenvolvimento de atividades experimentais, Silva, Machado e Tunes (2019, p. 204) sugerem “atividades demonstrativo-investigativas, experiências investigativas, simulações em computadores, vídeos e filmes, horta na escola, visitas planejadas, estudo de espaços sociais e valorização de saberes populares”.

Essas atividades têm como princípios orientadores o processo de ensino-aprendizagem, a união da teoria-experimento, a interdisciplinaridade e a contextualização. Neste sentido, a atividade experimental deve ser vista para além do laboratório. Experimentos podem ser realizados em sala de aula, em espaços externos da escola, no entorno da escola e em visitas programadas como em museu indústrias e parques.

Essa pluralidade de espaços aproxima o aluno dos fenômenos e faz com que a interdisciplinaridade e a contextualização sejam inseridas de forma natural. Ao se ampliar o conceito de laboratório, ampliam-se também os conteúdos, não sendo restritos somente a uma disciplina.

Nas atividades demonstrativo-investigativas, o professor apresenta o experimento, durante as aulas. Ele deve então conduzir uma discussão com os alunos no sentido de relacionar o experimento com a teoria. Essas atividades são estratégias para o professor que não dispõe de um laboratório específico na escola. Já nas experiências investigativas, o objetivo é solucionar

¹¹ JOHNSTONE, A. H. Chemical Education research in Glasgow in perspective. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 7, n. 2, p. 49-63, 2006

uma questão proposta. Neste caso, a programação desta atividade tem que levar em conta os recursos disponíveis na escola, como o uso do laboratório e dos materiais disponíveis.

O detalhamento das atividades demonstrativo-investigativas e experiências investigativas seguem os roteiros descritos a seguir:

Atividades Demonstrativo-Investigativas (SILVA; MACHADO; TUNES, 2019, p. 205-206):

Etapa 1 – Pergunta inicial: o professor faz uma pergunta que deve despertar o interesse dos alunos.

Etapa 2 – Observação macroscópica: o professor orienta os alunos na observação do fenômeno a ser apresentado no experimento.

Etapa 3 – Introdução da interpretação submicroscópica: o professor pede que os alunos elaborem hipóteses para explicar o que observaram. Neste momento, o professor pode tentar identificar nestas respostas as concepções prévias dos alunos sobre o conteúdo a ser abordado. É preciso atenção nas respostas que diferem muito do conhecimento científico. O professor poderá elaborar questões que instiguem os alunos na reformulação de suas ideias prévias, exercitando, assim, suas habilidades argumentativas para que os estudantes expliquem os fenômenos observados com base nos conceitos teóricos associados a estes. Nesta etapa, as dúvidas dos estudantes devem ser sanadas.

Etapa 4 – Expressão representacional do fenômeno: síntese de tudo que foi observado e discutido já em linguagem científica.

Etapa 5 – Resposta à pergunta feita no início do experimento: finalização da interpretação submicroscópica.

Etapa 6 – Importância para sociedade: relacionar o fenômeno abordado com suas implicações culturais, ambientais, políticas, dentre outras. É importante que nesta etapa sejam discutidos aspectos positivos e negativos do conhecimento científico e tecnológico e a relação com a sociedade. A discussão destes aspectos torna o experimento, em si, interdisciplinar.

Etapa 7 – Abordagem dos resíduos gerados no experimento, no sentido de se diminuir ou evitar possíveis impactos no meio ambiente.

Mesmo atividades que envolvam fenômenos simples devem ser realizadas em uma perspectiva investigativa, com a discussão fundamentada na relação entre os três níveis do conhecimento químico. São essas discussões que irão dar o caráter problematizador ao experimento.

Experiências Investigativas para Silva, Machado e Tunes, (2019, p. 209-210) passam pelas etapas:

Etapa 1 – Proposição do problema: o professor apresentar a questão a ser respondida pelos alunos.

Etapa 2 – Levantamento de hipóteses: os alunos irão propor hipóteses, para a resolução do problema. As concepções prévias dos alunos durante a proposição são debatidas coletivamente na sala de aula. O professor deve conduzir a discussão direcionando os alunos para proposição de ideias que sejam possíveis de serem planejadas e executadas por eles.

Etapa 3 – Definição dos experimentos: os alunos apresentam o roteiro de ações para a execução da solução do problema de acordo com a hipótese a ser testada. No roteiro, as ações devem estar detalhadas. O professor deve auxiliar os alunos propondo leituras adicionais referentes aos aspectos teóricos e conceituais das hipóteses levantadas.

Etapa 4 – Execução do roteiro planejado: com o acompanhamento do professor os alunos irão testar as hipóteses por meio dos experimentos selecionados. A turma pode ser dividida em grupos, se for selecionado mais de um experimento. O professor deve orientar os alunos para que a coleta de dados seja organizada e permita a análise após a realização. É importante nesta etapa que experimentos que não comprovaram a hipótese selecionada não sejam considerados errados. O professor pode a partir deles discutir com os alunos aspectos sobre a natureza da ciência.

Etapa 5 – Análise de dados: nesta etapa, os dados obtidos são dispostos, por exemplo, em tabelas e gráficos para facilitar a interpretação. Depois devem ser relacionados com a teoria discutida na questão proposta. É uma etapa fundamental, porém em virtude de sua dificuldade, o professor precisa acompanhar de perto as discussões para que os alunos consigam estabelecer a relação fenômeno-teoria. Nesta discussão é desejável considerar os três níveis do conhecimento químico que foram apresentados anteriormente neste texto.

Etapa 6 – Resolução da questão inicial proposta: os alunos são chamados a responder à questão inicialmente proposta com base na hipótese levantada, o método de comprovação e os resultados obtidos.

Etapa 7 – Abordagem dos resíduos gerados no experimento, no sentido de se diminuir ou evitar possíveis impactos no meio ambiente.

As etapas da atividade investigativa podem envolver mais de uma aula. É desejável que as questões selecionadas sejam simples, para que os alunos resolvam com facilidade, evitando-se assim a demora na execução de cada etapa. Se a escola dispuser de laboratórios, os equipamentos utilizados devem ser de fácil manuseio e montagem para a otimização do tempo de planejamento.

Estas duas atividades apresentam alguns aspectos semelhantes. O professor em seu planejamento decide qual delas é mais adequada a sua realidade escolar. Ele pode, por exemplo, propor um projeto investigativo a ser realizado pelos alunos logo após realização de um experimento demonstrativo.

É importante acrescentar a visão de Maia et al. (2013, p. 1004-1005) a respeito das atividades experimentais:

[...] as aulas experimentais podem ser usadas como ferramenta importante para estimular não só o aprendizado, mas também a convivência em grupo, propiciando trocas entre os sujeitos, necessariamente mediadas pela cultura na qual estes indivíduos estão inseridos que comumente não são alcançadas em uma aula meramente expositiva.

O professor deve estar atento no planejamento das atividades e na clareza dos objetivos, para que as atividades experimentais não se resumam a simples repetição de roteiros pré-determinados (SILVA; MACHADO; TUNES, 2019).

A abordagem da História da Ciência no ensino é a segunda ferramenta utilizada na pesquisa e será descrita no tópico a seguir.

2.2 A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A abordagem histórica é justificada pela importância da História da Ciência no ensino atual. De acordo com Matthews (1995), apesar do ensino de ciências se desenvolver distanciado da história, da filosofia e sociologia da ciência, iniciativas recentes têm feito essa reaproximação. Este autor cita a inclusão destes conteúdos em currículos de ciências na Inglaterra, com o projeto 2061 nos EUA, e ainda com conferências em vários países sobre o tema.

Essa inclusão pode combater a falta de significação dos conceitos científicos ao relacionar o ensino de ciências com elementos sociais, éticos, políticos e culturais. Neste sentido, as aulas se tornam mais reflexivas e promovem o pensamento crítico e uma melhor compreensão da natureza das ciências.

Pereira e Silva (2009), afirmam que recomendações para o uso da história da ciência no ensino com uma perspectiva filosófica e cultural não são recentes, pois datam do fim do século XIX e início do século XX. Apesar disso, em alguns momentos do século passado, uma abordagem baseada em aspectos técnicos, focada apenas na passagem de conceitos, deixou de lado a visão humanista da Ciência. Entretanto, a falta de sucesso do ensino por transmissão, e

a necessidade de atender novas exigências na formação dos cidadãos para o mundo atual têm motivado a necessidade de incorporação de elementos históricos e filosóficos no ensino de Ciências.

No Brasil, observa-se também essa reaproximação nos currículos. Abordagens de aspectos sociais, culturais e históricos no ensino de Ciências foram recomendadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, e continuam presentes nos atuais documentos norteadores que regem a Educação Brasileira. De acordo com a BNCC é fundamental que no aprendizado de conhecimentos científicos, seja feita uma contextualização histórica da Ciência. Desta forma, os conceitos serão apresentados “como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura” (BRASIL, 2018, p.550).

Para Forato, Pietrocola e Martins (2011), das diversas abordagens sobre a Ciência, a história vem sendo recomendada como um recurso didático positivo que contempla os aspectos de construção da Ciência.

[...] destaca-se a importância de se aprender sobre o que caracteriza a ciência como um empreendimento humano, e defende-se a história da ciência como uma estratégia pedagógica adequada para discutir certas características da natureza da ciência (NDC).[...] Nesse sentido, a história da ciência (HC) tem sido amplamente considerada como adequada para atingir vários propósitos educacionais na formação científica básica, por exemplo, a compreensão da construção sócio-histórica do conhecimento, da dimensão humana da ciência, e, especialmente, promover o entendimento de aspectos da NDC (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p.29).

Pereira e Silva (2009) apresentam justificativas para a contribuições da História da Ciência elencadas por Matthews (1995) e seu uso no ensino, descritas a seguir:

a) Melhora da compreensão de conceitos científicos: fatos históricos mostram que os conceitos são resultados de um processo e não um produto pronto, o que auxilia a compreensão dos alunos;

b) Conecta o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento científico: ao apresentar o processo de produção de uma teoria pelos cientistas, seus erros e acertos. Isso faz com que o aluno compreenda suas próprias dificuldades no entendimento do conhecimento científico;

c) É motivadora: pois fatos históricos importantes que envolvem ciências são conhecidos pelos alunos;

d) É necessária para a compreensão da natureza da Ciência: por meio da história é possível mostrar ao aluno que o conhecimento científico não é uma representação explícita do mundo real, obtida através da observação dos fatos, mas sim uma construção abstrata do mundo real;

e) Contradiz o cientificismo e o dogmatismo presentes nos textos escolares: a história mostra que as escolhas dos cientistas também são baseadas em contextos sociais, políticos e culturais. O que favorece a desmitificação da ciência e sua neutralidade, presentes no ensino tradicional de ciências;

f) Humaniza os objetos de estudos da Ciência, tornando-os menos abstratos e mais envolventes: pois apresenta aspectos históricos da vida do cientista. O que propicia ao aluno associar o conhecimento científico como resultado da imaginação e criatividade do cientista, e não apenas baseado em deduções matemáticas;

g) Favorece a interdisciplinaridade: pois o trabalho de muitos cientistas não é baseado em apenas uma área do conhecimento. Conhecer o processo de aquisição do conhecimento auxilia o aluno a superar a fragmentação do ensino de Ciências por meio da divisão de disciplinas.

Os autores acrescentam ainda que a História da Ciência é um instrumento eficiente na oposição ao “presenteísmo”, ao desfazer ideias e concepções erradas que os estudantes têm sobre a Ciência. Muitos jovens consideram que o presente é apenas uma continuação do passado sem qualquer relação de um com o outro. Eles concluem que a História da Ciência contribui para a análise da diversidade cultural, pois auxilia a desvinculação de uma visão cientificista e eurocêntrica desta, ao mostrar que por diversas vezes a origem do conhecimento científico esteve ligada a religião, a mitologia e os saberes populares.

É importante destacar que a BNCC faz um alerta ao citar que “a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história” (BRASIL, 2018, p.551). Neste sentido, o objeto de estudo da História da Ciência são as formas de “elaboração, transmissão de conhecimentos sobre a natureza, as técnicas e a sociedade em diferentes épocas e culturas” (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014, p. 16). Assim, a História da Ciência se constitui como uma área específica do conhecimento, com três esferas de atuação: a epistemológica, a historiográfica e a contextual. A esfera epistemológica ocupa-se do conhecimento sobre a natureza. A historiografia é a forma de se escrever a história, e a contextual faz referência entre a Ciência e a Sociedade.

Em relação à historiografia, é importante que se leve em consideração que a História da Ciência não se encontra pronta e acabada. Existem diferentes histórias da Ciência, que foram

escritas em contextos e épocas distintos, influenciadas também pela concepção de ciência de quem a escreve e, desta forma, as narrativas históricas não são neutras.

Diante deste aspecto, é importante que professores se atentem para a defasagem de relatos históricos presentes nos livros didáticos. Para Forato, Pietrocola e Martins (2011), é importante que o professor reflita diante de abordagens históricas que disseminam apenas a concepção empírico-indutivista da construção do conhecimento científico, e coloquem a Ciência como produtora de verdades absolutas. “Conhecer alguns pressupostos básicos da historiografia pode auxiliar nos usos da História da Ciência no Ensino de Ciência, contribuindo para uma leitura mais crítica das versões históricas presentes no ensino de ciências” (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p 36).

Segundo Beltran, Saito e Trindade (2014), a historiografia tradicional, influenciada por uma visão positivista da Ciência, tornou-se hegemônica durante o início do século XX, após a institucionalização da História da Ciência por volta de 1910. Narra-se uma história linear e progressista, que dá ênfase nos acertos e considera os cientistas como verdadeiros gênios solitários.

O resultado deste modelo historiográfico continuísta, que obrigava a ciência a olhar para o passado e selecionar apenas o que havia permanecido, é anacrônico e indica que todo conhecimento do passado tinha como objetivo evoluir para chegar à ciência de hoje. [...] desconsiderando-se debates ocorridos, convivência de diferentes ideias num mesmo período e mesmo as influências sócias e econômicas que norteiam a ciência (BELTRAN;SAITO;TRINDADE, 2014, p. 35).

Essa abordagem tradicional é conhecida como abordagem internalista. Essa corrente parte do princípio de que a Ciência é autônoma, neutra e independente do contexto da época que foi produzida. Conforme Silva (2014), a abordagem internalista é anterior à profissionalização da História da Ciência e era escrita pelos próprios cientistas. A partir do momento que historiadores e sociólogos passaram a escrever sobre o desenvolvimento científico, sua história foi influenciada por aspectos culturais e sociais da época.

Consolida-se então uma nova forma de se escrever a História da Ciência, conhecida como a abordagem externalista. Nesta abordagem “a ciência é vista como uma atividade humana que, para ser compreendida, precisa ser estudada no conjunto social, político e econômico da época” (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014, p. 37). Entretanto, esta abordagem, segundo os autores, diminui a complexidade do processo de construção do conhecimento científico ao não considerar os debates entre cientistas envolvendo diferentes teorias.

Segundo Silva (2014), a corrente internalista propõe que a Ciência seja independente da sociedade que a gerou, e a externalista inclui a conjuntura política, social e econômica na análise da Ciência.

Para alguns autores, ambas as abordagens devem ser consideradas e embates entre elas são desnecessários: “a análise epistemológica, interna de um documento, deve ser minuciosamente estudada, bem como suas fontes, mas sem esquecer as questões sociais, econômicas, políticas e religiosas” (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014, p. 38).

Um estudo completo sobre a criação de teorias científicas envolve as duas abordagens. A internalista buscando responder se uma teoria foi fundamentada de acordo com seu contexto científico. E, caso uma teoria fosse rejeitada, a abordagem externalista ao considerar aspectos sociais, políticos e econômicos seria mais adequada (MARTINS 2005 citado por OLIVEIRA e SILVA, 2012).

Outro ponto a ser considerado nas abordagens da História da Ciência foram as discussões relacionadas ao continuísmo e o descontinuíssimo da historiografia da Ciência. A partir dos trabalhos de Bachelard introduz-se a ideia de que a Ciência não se desenvolve de uma maneira contínua e acumulativa. Depois da década de 1960, houve uma ruptura entre as ideias continuístas após a publicação da obra *A estrutura das revoluções científicas* de Thomas Kuhn.

Para a história da Ciência abriram-se novas possibilidades, pois permitiu que a ciência fosse estudada no contexto de sua produção, buscando o historiador compreendê-la como fruto de uma determinada cultura, num dado período de tempo [...] (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014, p. 41-42)

Na mesma década, além de Kuhn, outros historiadores delinearam novos contornos para a historiografia da História da Ciência, realizando análises que não rompem definitivamente com o desenvolvimento contínuo da Ciência. “Essa nova abordagem historiográfica propõe mapear e contextualizar os eventos do passado, considerando-se não só as continuidades, como as descontinuidades” (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014, p. 46).

Na próxima seção deste capítulo os conteúdos relacionados ao estudo dos plásticos serão discutidos tendo como referência as premissas da abordagem politécnica.

3 ABORDAGEM DOS PLÁSTICOS NA PERSPECTIVA DA POLITECNIA

Como estão presentes em quase todos os produtos do mundo moderno é impossível imaginar uma vida sem os plásticos. Não há como ignorar a importância dos plásticos na sociedade atual, tanto no sentido de estarem presentes em quase todos os produtos que utilizamos, quanto no problema que seu descarte causa ao meio ambiente.

Suas propriedades e características, como leveza, durabilidade e baixo custo de produção, comparados a outros materiais como vidro e metais, tornaram esse material parte dos artefatos usados em nosso cotidiano. Desde embalagens, utilidades domésticas e brinquedos, até computadores, partes de automóveis e aviões, dentre milhares de outros produtos com as quais temos contato, todos estes sem exceções, contêm plástico na sua constituição (CANTO 2004).

Porém o uso dos plásticos não traz somente vantagens para a sociedade. Muitas de suas aplicações têm uso de curto prazo, como no caso das embalagens, o que potencializa assim, a produção de resíduos. Como os plásticos são materiais de difícil decomposição, seu descarte tem causado a poluição em diversos ambientes e ecossistemas.

O lixo plástico, gerado em residências e estabelecimentos comerciais, em sua maior parte, é composto por embalagens descartáveis de sacos, potes, filmes, frascos, garrafas, dentre outros. Este representa um volume considerável nos resíduos sólidos das cidades, em geral, 13,5% de todos os resíduos produzidos nas cidades brasileiras (SANTAELLA et al., 2014).

Plásticos são polímeros, conteúdo geralmente estudado na 3ª série do Ensino Médio, mas de acordo com Santa Maria et al. (2003), a abordagem de polímeros é realizada enfatizando-se classificações e definições, sem envolvimento de situações reais, tornando-se desestimulante para os alunos.

Nesse sentido, dada a importância do plástico no mundo moderno, faz-se necessário buscar por abordagens que contribuam mais efetivamente para a aprendizagem e que propiciem um posicionamento crítico dos alunos em relação ao consumo e descarte de plásticos. De acordo com Pereira e Silva (2008), o ensino de Ciências deve proporcionar a formação integral do educando, considerando aspectos técnicos, culturais e sociais, além de considerarem sua importância para a sociedade.

Ainda em relação ao ensino de Química, Silva, Razuck e Tunes (2008), citam que muitos alunos não gostam desta Ciência. A quantidade de informações, passadas apenas com foco na memorização e com a finalidade de realização de provas é uma possibilidade de explicação desta repulsa pela disciplina.

Entendemos que o estudo dos plásticos, por meio da abordagem do trabalho como princípio educativo na perspectiva da politecnia, poderá promover uma maior significação deste conteúdo. O trabalho como princípio educativo “é uma forma se superar um ensino

enciclopédico que não permite aos estudantes estabelecer relações concretas entre a ciência que aprende e a realidade em que vive” (RAMOS, 2008, p. 9).

A educação politécnica, ou politecnia tem como principais eixos:

1. Educação pública, gratuita, obrigatória e única para todas as crianças e jovens, de forma a romper com o monopólio por parte da burguesia da cultura, do conhecimento.
2. A combinação da educação (incluindo-se aí a educação intelectual, corporal e tecnológica) com a produção material com o propósito de superar o hiato historicamente produzido entre trabalho manual (execução, técnica) e trabalho intelectual (concepção e ciência) e com isso proporcionar a todos uma compreensão integral do processo produtivo.
3. A formação omnilateral (isto é, multilateral, integral) da personalidade de forma a tornar o ser humano capaz de produzir e fruir ciência, arte, técnica.
4. A integração recíproca da escola à sociedade com o propósito de superar o estranhamento entre as práticas educativas e as demais práticas sociais (RODRIGUES, 2009, p.169).

Ao se tomar os principais eixos da politecnia como orientadores, acreditamos que uma proposta a partir da atividade de limpeza urbana e da reciclagem será possível contextualizar o ensino de polímeros. O estudo sobre os plásticos, na perspectiva da politecnia abarca sua produção, usos, problemas ambientais associados ao descarte dos plásticos e possibilidades de resolução, como a reciclagem industrial deste material.

Os alunos poderão compreender a importância do conhecimento científico na explicação dos fenômenos presentes em atividades cotidianas nas quais eles estão inseridos. Ademais, será possível ampliar o horizonte dos estudantes, ao incluir na discussão da problemática do lixo, questões importantes como o consumismo, o papel dos catadores e suas condições de trabalho.

Na legislação atual, competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos são estabelecidas na BNCC. No campo das Ciências da Natureza, para o Ensino Médio é descrita a competência específica 1:

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global (BRASIL, 2018, p .554).

Conforme Brasil (2018), na competência específica descrita, os processos tecnológicos devem ser analisados de forma a possibilitar aos alunos identificarem os limites e os riscos do uso de materiais e tecnologias, de forma a tomarem decisões responsáveis diante de problemas no mundo atual. Como adquirir esta habilidade, apenas memorizando conteúdos por meio de

classificações e definições? Para a tomada de decisão, é preciso que o conhecimento científico esteja articulado a situações presentes na sociedade, como o descarte de plásticos e ainda de como resolver problemas relacionados por meio dos processos que permitem sua reciclagem, mas de sobremaneira possibilitem repensar o consumo de objetos que contenham esse material.

Segundo Ramos (2008), a educação politécnica propicia o acesso aos conhecimentos e à cultura construídos pela humanidade, de forma que os alunos realizem escolhas, construa caminhos para sua formação. Neste sentido, a abordagem politécnica do conteúdo de polímeros, por meio da temática da limpeza urbana com enfoque nos plásticos presente no lixo, também pode contribuir para o alcance desta competência específica prevista na BNCC.

Diante do exposto, como a abordagem politécnica se baseia nos princípios científicos dos processos produtivos faz se necessário um detalhamento da natureza química deste material.

3.1 MACROMOLÉCULAS, POLÍMEROS E PLÁSTICOS

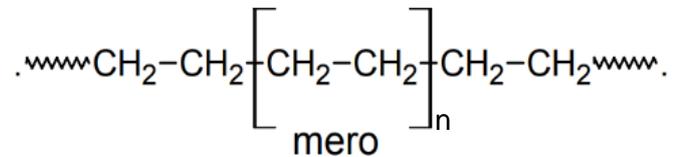
Plástico é um termo usado para designar materiais que podem ser facilmente moldados, deriva do grego *plastikos*, que significa “adequado a moldagem”. Na definição química, os plásticos são materiais macromoleculares chamados polímeros. Estes representam uma extensa classe de materiais sintéticos produzidos em quase sua totalidade por matérias primas extraídas do petróleo (MANO; MENDES, 1999).

As macromoléculas estão presentes na natureza e podem ser sintetizadas em laboratórios e indústrias. São constituintes de materiais naturais como o látex, o algodão, o cabelo, a madeira e a lã, como também de materiais sintéticos, componentes de plásticos, borrachas, espumas e fibras.

As macromoléculas contêm acima de cem átomos, possuem elevada massa molar e, podem ou não ter unidades químicas repetidas. Elas possuem propriedades específicas que as distinguem das moléculas menores. As proteínas e os polissacarídeos são exemplos de macromoléculas.

Os polímeros são macromoléculas formado por unidades químicas repetidas. Nestes materiais, as unidades de repetição, denominadas mero (FIGURA 2), estão ligadas covalentemente e formam a cadeia polimérica. Na cadeia, a repetição do mero é representada pela letra *n*, que pode variar 500 a 1000 unidades de repetição. As cadeias poliméricas contêm milhares de átomos.

Figura 2: Um mero é a unidade de repetição no polímero polietileno.



A palavra polímero deriva do grego *poli* que significa muitos e *mero*, que significa unidade de repetição.

Os polímeros podem ser naturais ou sintéticos. Como exemplo de polímeros encontrados na natureza temos a madeira, a lã, a seda e o látex. A produção de polímeros sintéticos se dá por meio de uma reação química denominada reação de polimerização (FIGURA 3). Nestas reações, moléculas pequenas, denominadas monômeros, reagem entre si ou com outras moléculas na presença de catalisadores, em condições específicas de temperatura e pressão, quando estas formam então as cadeias poliméricas. As reações de polimerização mais comuns são de adição e condensação.

Figura 3: Representação da reação de polimerização.



Na polimerização por adição (FIGURA 4), o monômero precisa possuir pelo menos uma insaturação, que normalmente é uma ligação dupla C=C. A polimerização ocorre por meio da união dos monômeros formando a macromolécula. São exemplos de polímeros produzidos por adição, o polietileno e o poliestireno.

A polimerização por condensação acontece pela reação entre dois monômeros diferentes, que reagem entre si, e eliminam outras substâncias (FIGURA 5). O poli(tereftalato de etileno), o náilon e a baquelite são exemplos de polímeros produzidos pela reação de condensação (CANEVAROLO JR., 2002).

Figura 4: Exemplo de polimerização por adição para formação do polietileno.

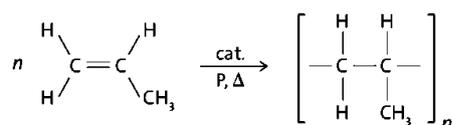
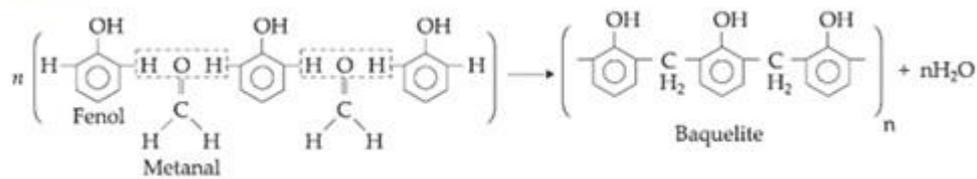


Figura 5: Exemplo de polimerização por condensação para formação da baquelite.



É também possível sintetizar polímeros a partir da modificação de outro polímero por meio de reações químicas. Este processo é muito comum na modificação de polímeros naturais.

Quando um polímero é sintetizado a partir de um único monômero, este é chamado de homopolímero. Se mais de um monômero participar da reação de polimerização, o produto formado é chamado de copolímero.

Os polímeros, diferentemente de substâncias de baixa massa molar, não são substâncias puras, pois em sua composição há moléculas de diferentes massas moleculares, mas com a mesma estrutura química. Isto ocorre, pois a reação de polimerização irá gerar cadeias poliméricas de tamanhos diferentes. Neste sentido, esses materiais não possuem a massa molar fixa, e sim a média das massas molares dos diferentes polímeros nele presentes.

A composição química dos polímeros, a estrutura das cadeias e a massa molar influenciam diretamente nas propriedades deste material. Neste sentido, é necessário conhecer a natureza do monômero e o processo de preparação da macromolécula, para que a escolha do polímero seja direcionada conforme as propriedades esperadas no produto final.

As ligações covalentes presentes nas macromoléculas e as forças intermoleculares entre as cadeias influenciam no grau de compactação e determinam a resistência mecânica do polímero. O aumento da massa molar provocará o aumento de propriedades físicas, como viscosidade, resistência à tração e resistência ao calor. Entretanto, em polímeros cujas massas moleculares são da ordem de 10^5 g/mol, o aumento da massa não irá provocar variações expressivas.

Para organizar a designação dos polímeros, tanto nas pesquisas, quanto na indústria, são estabelecidas regras para a nomenclatura dos polímeros. O nome é formado com a inclusão do prefixo *poli* anterior ao nome ou a estrutura do monômero que originou o polímero. Como exemplos temos o poliestireno, que é formado a partir do monômero estireno, e o polietileno, que é formado a partir do monômero etileno (MANO; MENDES, 1999).

Quando o monômero é representador por uma expressão, como em “cloreto de vinila”, este deverá vir entre parênteses e o nome do polímero será poli(cloreto de vinila). Se mais de

um monômero está presente, o prefixo *co* deve ser incluído antes do monômero, como no poli[(metacrilato de metila) -co-estireno].

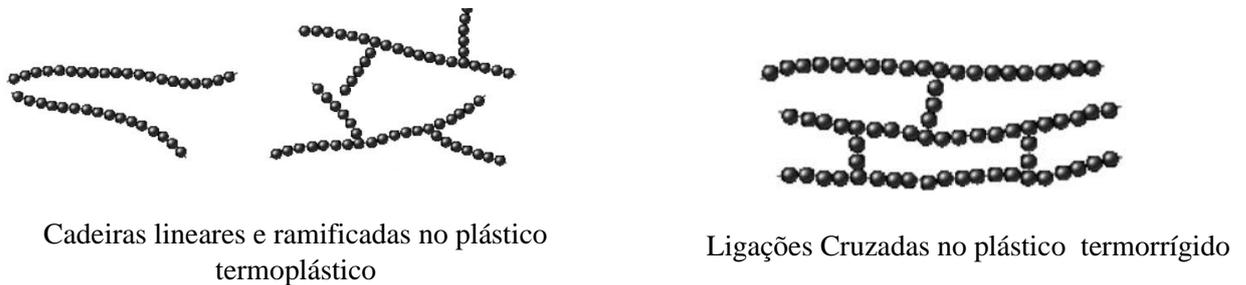
Para simplificar os nomes dos polímeros, principalmente na linguagem técnica, utiliza-se uma nomenclatura baseada em siglas, com abreviações dos nomes mais comuns dos polímeros na língua inglesa. Como exemplos, temos o PVC poli(*vinyl chloride*) e o PET poli(*ethylene terephthalate*). Alguns polímeros fogem à regra da nomenclatura pela composição dos monômeros e possuem nomes comerciais, como o náilon e a baquelite.

Os polímeros são divididos em três grandes classes: borrachas, fibras e plásticos. Esta divisão tem relação com o monômero e o tipo de ligação covalente, e ainda irá definir o comportamento mecânico do polímero. As borrachas são materiais que possuem elasticidade, podem ser deformados, porém, com a retirada do esforço que foi aplicado, estas voltam ao formato original. As fibras possuem alta resistência à deformação e podem ser esticadas. Os plásticos têm propriedades intermediárias entre as borrachas e as fibras, e podem ser moldados em função da aplicação de calor e pressão.

Na classe dos plásticos, os materiais são subdivididos em termorrígidos e termoplásticos. Os plásticos termorrígidos ou termofixos são polímeros que se solidificam durante a reação de polimerização. Estes são materiais insolúveis, que além de se não fundirem, também não são recicláveis. A baquelite é um exemplo de polímero termorrígido. Os plásticos termoplásticos amolecem ao serem aquecidos, e assim podem ser moldados. Estes se solidificam após o resfriamento e ainda podem ser fundidos novamente (MANO; MENDES, 1999). Estes são os mais encontrados em resíduos sólidos domésticos, pois fazem parte da composição de embalagens, garrafas, materiais descartáveis, sacos e sacolas (ZANIN; MANCINI, 2015).

Essa diferença de comportamento tem relação com as ligações e interações formadas entre as cadeias poliméricas (FIGURA 6). Os termoplásticos possuem cadeias lineares e ramificadas unidas apenas por forças intermoleculares, que necessitam de baixa quantidade de energia para serem rompidas. Não há alteração na estrutura química destes materiais, apenas um enfraquecimento das interações intermoleculares entre as cadeias poliméricas. Quanto aos termorrígidos, estes possuem ligações químicas covalentes entre átomos de cadeias vizinhas, chamadas ligações cruzadas. Estas ligações impedem o deslizamento das cadeias e assim, quando aquecidos, esses materiais queimam e se degradam (CANEVAROLO JR, 2002).

Figura 6: Estrutura das ligações nas cadeias poliméricas nos plásticos.



Fonte: Canto (2004)

Os plásticos mais importantes na sociedade atual são de origem sintética. No próximo tópico abordaremos como se dá produção desse material e como isso afeta suas propriedades.

3.3 PRODUÇÃO E PROPRIEDADES DE PLÁSTICOS

De acordo com Canto (2004), até a segunda metade do século XIX, muitos artefatos foram produzidos a partir de cascos e chifres de animais. A queratina presente em cascos e chifres, ao ser aquecida, pode ser moldada para a fabricação de objetos, como pentes, fivelas e botões.

O uso de cascos e chifres foi substituído pelo marfim, oriundo das presas de elefantes, por isso, na costa oeste da África, milhares de animais foram mortos para abastecer a indústria da época. Com a diminuição destes animais e a consequente redução da matéria-prima, uma empresa norte-americana de bolas de bilhar ofereceu um prêmio de 10 mil dólares a quem encontrasse um material que fosse capaz de substituir o marfim.

De acordo com Canto (2004), o inventor americano, John Hyatt, realizou a síntese de um material, em 1870, a partir de vários testes com a nitrocelulose, e o patenteou com o nome de celuloide. Segundo Canevarolo Jr. (2002), a nitrocelulose havia sido sintetizada em 1846, pelo químico alemão Schonbien, também com o propósito de se buscar por materiais que substituíssem os polímeros naturais. Para Hyatt, a característica de maleabilidade do celuloide permitiria que este fosse um substituto para o marfim. Entretanto, por ser altamente inflamável, ele acabou por não receber o prêmio oferecido pelos fabricantes.

A despeito de sua periculosidade, o celuloide foi utilizado em vários artefatos, como bolas de bilhar, cabos para faca, janelas, teclas de piano e filmes fotográficos. Em especial, os

filmes fotográficos foram os responsáveis pela popularização da fotografia e impulsionaram a indústria cinematográfica. O celuloide, posteriormente, foi substituído pelo acetato de celulose.

No entanto, esses polímeros foram produzidos a partir da modificação de outros polímeros naturais. O primeiro polímero plástico, obtido por meio de uma reação de polimerização, foi produzido em 1912, a partir da reação entre fenol e formaldeído pelo químico Baekeland. Este ficou conhecido como baquelite, graças ao nome de seu inventor. A baquelite é um material sólido, muito utilizado como isolante elétrico e térmico, utilizado até os dias atuais (CANEVAROLO JR., 2002).

Em 1929, o náilon foi sintetizado nos Estados Unidos e provocou uma revolução na indústria americana ao substituir a seda. Nesta época, houve um grande avanço na indústria de derivados de petróleo (indústria petroquímica), o que resultou no aumento da oferta de insumos para produção de monômeros. Durante a Segunda Guerra Mundial, a demanda por matéria-prima provocou a aceleração do desenvolvimento de polímeros sintéticos. Na década de 1950, houve um grande desenvolvimento da química de polímeros. Quando foram então criados o polietileno, o polipropileno e o policarbonato.

A matéria-prima para a produção de um plástico pode ser obtida de fontes não renováveis, como o petróleo, o gás natural e o carvão mineral, bem como das renováveis, como a cana de açúcar, o milho e a mandioca. Em virtude do desenvolvimento da indústria aliado ao baixo custo de produção, a maior parte do plástico produzido no mundo tem como matéria-prima básica o petróleo, seguido pelo gás natural. Estas precisam passar por uma sequência de transformações físicas e químicas antes de se chegar ao plástico, da forma como o conhecemos (WASSERMAN; PLACHTA, 1999).

A transformação do petróleo bruto ocorre em uma refinaria, onde este material passa por processos de separação por meio da destilação. As frações do petróleo são separadas em função dos pontos de ebulição, quando são então obtidos, o gás liquefeito de petróleo (GLP), a nafta, a gasolina, o querosene e o diesel, dentre outros produtos. A nafta, também conhecida como nafta petroquímica, é o destilado mais importante para a produção do plástico. Esta é composta por hidrocarbonetos em maior parte insaturados, de 5 a 12 átomos de carbono, com pontos de ebulição na faixa de 38°C a 200°C.

A segunda matéria-prima mais importante é o gás natural, que tem em sua composição 95% de hidrocarbonetos, dos quais, no mínimo 70% são compostos de metano, e em proporções decrescentes, contêm etano, propano e butano, além hidrocarbonetos mais pesados. No processamento do gás natural, após a separação do metano, que é utilizado como combustível, o etano é a fração mais utilizada na produção de plásticos.

Das fontes renováveis empregadas na produção de plásticos, a cana-de-açúcar é a mais utilizada no Brasil. A biomassa presente nesta é convertida em etanol por meio de processos bioquímicos. Para a produção de monômeros, o etanol é posteriormente convertido em eteno, e incorporado pela indústria petroquímica para a produção de monômeros.

Na indústria petroquímica, os produtos são classificados como básicos, intermediários e finais. Os produtos básicos são obtidos a partir de matérias-primas, como a nafta, o etano, e os compostos aromáticos e, no caso das fontes renováveis, o etanol. Estes passam por transformações químicas visando à produção de monômeros.

Na produção dos plásticos, os monômeros mais importantes são eteno, propeno, butenos e aromáticos. Os produtos básicos são também precursores de produtos intermediários e, a partir deles, são produzidos outros monômeros utilizados na síntese das macromoléculas. O cloreto de vinila, monômero utilizado na síntese do poli(cloreto de vinila) é um exemplo de produto intermediário que é sintetizado a partir do eteno.

Os produtos básicos e intermediários, por meio das reações de polimerização, são transformados nos diferentes polímeros, com diferentes propriedades que irão determinar a aplicação de cada um. Nesta fase, há uma distinção na produção de polímeros termorrígidos e termoplásticos. Os termorrígidos após o resfriamento não podem ser moldados, logo o plástico formado já recebe aditivos e é produzido na forma do produto final. Quanto aos termoplásticos, estes recebem o nome de resina plástica após a produção das macromoléculas. E essa resina recebe então, aditivos para produzir o plástico ainda na forma de grânulos. Os grânulos passarão por diversos processos de moldagem em máquinas denominadas injetoras e extrusoras, que são utilizadas na produção dos diversos artefatos plásticos (CANEVARLORO JR, 2002).

Os plásticos possuem propriedades que fazem com que este material se destaque em relação ao vidro, a madeira e aos metais, quando comparados para um mesmo uso. São materiais leves, que podem ser processados em baixas temperaturas e que apresentam baixas condutibilidades térmica e elétrica, sendo considerados bons isolantes. São muito resistentes à corrosão, à tração e aos impactos. Essas propriedades ainda podem ser otimizadas com a introdução de aditivos no processo de produção, de forma a melhorá-las de acordo com a aplicação do material.

Porém nem todas as propriedades dos plásticos geram apenas efeitos positivos. Os plásticos são materiais porosos, pois a distância entre as cadeias poliméricas permite a penetração de outras substâncias na estrutura do polímero, como de gases, por exemplo. Em determinadas aplicações, esta é uma propriedade indesejada. Sua estabilidade química faz com que esse material seja muito resistente à degradação, ou seja, de difícil decomposição. Em

virtude desta característica, a grande quantidade de plástico que é hoje utilizada na sociedade moderna, resulta em um efeito negativo deste para o meio ambiente.

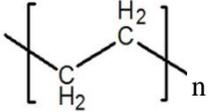
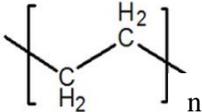
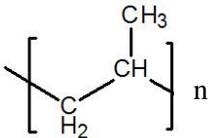
Dentre os plásticos industriais mais importantes destacam-se: o polietileno de alta e baixa densidade (PEAD e PEBD); o poliestireno (PS); o polipropileno (PP); o poli(cloreto de vinila) (PVC); o poli(tereftalato de etileno) (PET); o poli(tetrafluoretileno) (PTFE), o poliuretano (PU) e o policarbonato (PC) (MANO; MENDES 1999).

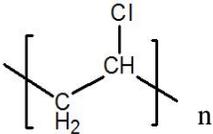
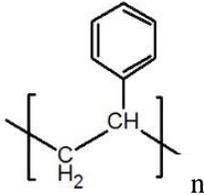
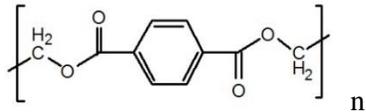
De acordo com a Associação Brasileira do Plástico, ABIPLAST, em 2019, o consumo de plásticos no Brasil foi de 7,1 milhões de toneladas. Dos plásticos consumidos, 24,6% foram de PEAD e PEBD, 20,2% de PP, 13,6 % de PVC e 5,4 % de PET. A distribuição por cada setor consumidor destes produtos foi de: 22,5% para construção civil; 20,3% para o setor de alimentos; 8,1% para o setor de comércio; 8,6% para a indústria de automóveis e 6,1 % para a indústria de bebidas.

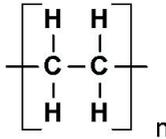
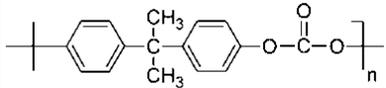
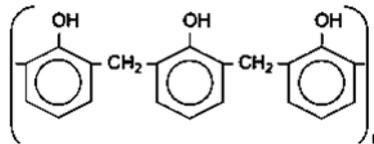
Os dados da ABIPLAST indicam que o setor de plásticos emprega 312.934 pessoas distribuídas em 11.127 empresas.

O quadro 1, mostra um resumo dos principais plásticos industriais, bem como suas características, propriedades e usos.

Quadro 1: Propriedades de plásticos industriais importantes

PLÁSTICO	MONÔMERO	POLÍMERO	PROPRIEDADES	USOS
Polietileno de alta densidade (PEAD)	Eteno $\text{CH}_2=\text{CH}_2$	 <p>Cadeia Linear</p>	Densidade: 0,96 a 0,97 g/cm ³ Temperatura de fusão: 128 a 135°C Termoplástico Resistência química Resistência mecânica	Material Hospitalar Embalagens para produtos químicos Embalagens para bebidas não carbonadas Tanque de combustível para automóveis
Polietileno de baixa densidade (PEBD)	Eteno $\text{CH}_2=\text{CH}_2$	 <p>Cadeia Ramificada</p>	Densidade 0,91 a 0,93 g/cm ³ Temperatura de fusão: 102 a 112°C Termoplástico Elevada resistência à tração Mais Flexível que PEAD	Filmes flexíveis, sacolas, sacos e frascos para embalagens Brinquedos e utensílios domésticos Junto com PEAD são os plásticos mais utilizados no mundo.
Polipropileno (PP)	Propeno $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$		Densidade: 0,85 – 0,92 g/cm ³ Temperatura de fusão: 160 a 170°C Termoplástico Alta resistência química Alta resistência a rupturas e impactos, boas propriedades elétricas	Para choque de automóvel Carcaça de eletrodoméstico Material Hospitalar Tubo para caneta esferográfica Brinquedos

PLÁSTICO	MONÔMERO	POLÍMERO	PROPRIEDADES	USOS
Poli(cloreto de vinila) (PVC)	Cloreto de vinila $\text{CH}_2=\text{CHCl}$		Densidade: 1,19 – 1,35 g/cm ³ Temperatura de fusão: 75 a 90°C Termoplástico Alta resistência mecânica e boa resistência a chama	Tubos e conexões de água e esgotos Isolante para fios Calçados, bolsas e roupas que imitam couro
Poliestireno (PS)	Estireno $\text{CH}_2=\text{CHC}_6\text{H}_5$		Densidade: 1,05 – 1,08 g/cm ³ Temperatura de fusão: 70 – 115° C Termoplástico Rígido e quebradiço Boa estabilidade térmica Na sua produção, quando incorporado substância voláteis é expandido. O material resultante é composto de 98% ar e apenas 2% de polímero.	Embalagens de Isopor Boias Isolantes térmicos
Poli(tereftalato de etileno) PET	Etileno Glicol $\text{OH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ + Ácido Tereftálico $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$		Densidade: 1,38 - 1,41 g/cm ³ Temperatura de fusão: 250 – 260 °C Termoplástico Alta resistência mecânica e química, barreira a gases e odores, transparência.	Aplicações têxteis Embalagens de alimentos, garrafas e vasilhames

PLÁSTICO	MONÔMERO	POLÍMERO	PROPRIEDADES	USOS
Poli (tetrafluoroetileno) (PTFE)	Tetrafluoreteno $CF_2=CF_2$		Densidade 2,13 a 2,19 g/cm ³ Temperatura de fusão: 310 – 320 °C Termoplástico Alta resistência térmica e química Muito pouco reativo Não propaga chamas	Válvulas, torneiras, anéis de vedação Revestimento antiaderente de painéis
Polycarbonato (PC)	Difenilol propano $OHC_6H_4-C(CH_3)_2-C_6H_4OH$ Fosfogênio $O=CCl_2$		Densidade: = 1,19 a 1,25 g/cm ³ Temperatura de fusão: 225 – 250 °C Termoplástico Alta transparência Semelhante ao vidro Alta resistência a choques e impactos	Janelas de avião Vidros à prova de balas Mamadeiras Lentes, CD e DVD Coberturas e toldos
Baquelite	Fenol C_6H_5OH + Metanal CH_2O		Densidade 0,85 a 0,98 g/cm ³ Termorrígido Pode ser laminado e moldado na fase inicial da sua produção Isolante elétrico e térmico	peças isolantes como cabos de painéis e quadros elétricos Bolas de bilhar Revestimento de móveis (fórmica)

3.4 A POLUIÇÃO CAUSADA PELO DESCARTE PLÁSTICO

O plástico representa 13,5% dos resíduos sólidos coletados na limpeza urbana. Deste total, a maior parte é composta por embalagens descartáveis, tais como sacos, potes, filmes, frascos e garrafas (VILHENA et al., 2018). De acordo com a Associação Nacional dos catadores de material reciclado (ANCAT), o PET, o PEAD e o PEBD, por serem os principais componentes de embalagens, representaram quase 70% dos tipos de plásticos encontrados no lixo urbano em 2018 (ANCAT, 2019).

Os plásticos sintéticos são muito resistentes à degradação natural e seus índices de decomposição são quase desprezíveis quando expostos à luz, à umidade, ao calor e microrganismos (FORLIN; FARIA, 2002). Após o seu descarte, estes materiais permanecem por dezenas e até centenas de anos sem serem degradados, o que causa sérios danos ao meio ambiente (CANGEMI; SANTOS; NETO, 2005).

Quando dispostos em lixões, os resíduos acabam muitas vezes sendo incinerados e alguns tipos de plástico, ao serem queimados, geram gases tóxicos. O PVC, por exemplo, quando queimado produz ácido clorídrico, que é tóxico e corrosivo.

Mesmo quando a disposição é feita em aterros sanitários, considerada uma disposição adequada para os resíduos sólidos, os plásticos causam problemas ambientais, além de dificultar a compactação dos resíduos e prejudicar a decomposição dos materiais biodegradáveis. O plástico cria camadas impermeáveis que afetam as trocas de líquidos e gases gerados no processo de biodegradação da matéria orgânica presente nos resíduos (SANTAELLA et al., 2014).

Em relação aos ambientes aquáticos, os resíduos plásticos podem causar o enredamento de animais e a intoxicação por ingestão. Os corais também são afetados por resíduos plásticos. Segundo Hatje, Costa e Cunha (2013), as praias da costa brasileira estão em menor ou maior grau de contaminação pela presença destes. Os plásticos, inteiros ou em fragmentos, estão presentes nesses ambientes e são facilmente identificáveis. Atualmente, as atenções têm se voltado para as frações menores: os microplásticos, termo usado para agrupar resíduos de poliméricos sintéticos de tamanho menor que cinco milímetros.

Os microplásticos são classificados de acordo com sua origem. O primário é produzido já em tamanho microscópico para compor a formulação de determinados produtos. E o secundário é resultante da fragmentação de resíduos plásticos descartados no meio ambiente (OLIVATTO et al., 2018). São contaminantes onipresentes no mundo atual e podem ser encontrados em ecossistemas de água salgada e no ar atmosférico. Seus impactos ecológicos

ainda estão sendo estudados pela comunidade científica, embora já se saiba que, no ambiente aquático, o maior risco é a possibilidade de ingestão destes materiais. Esta ingestão pode acarretar obstrução no trato digestivo de animais, e ainda, devido a sua grande superfície de contato, os microplásticos podem ser vetores de transporte de substâncias tóxicas. No ambiente terrestre as contaminações podem ocorrer principalmente por inalação.

Em relação aos resíduos plásticos provenientes do lixo doméstico, as sacolas de supermercados que são produzidas a partir de plásticos oxibiodegradáveis, têm agravado a contaminação do ambiente pelos microplásticos.

Os chamados plásticos oxibiodegradáveis, consistem em polímeros aditivados com a finalidade da aceleração de sua degradação na presença de luz ou calor. Entretanto, pesquisadores afirmam que este tipo de degradação apenas fragmenta os plásticos e não os elimina dos ecossistemas (BRITO et al., 2011). Segundo Olivatto et al. (2018), neste processo, o plástico após se fragmentar, não tem sua massa molar reduzida, logo a biodegradação a partir dos fragmentos não é acelerada.

No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente se posiciona contra os plásticos oxibiodegradáveis, pois entende que o plástico apenas se fragmenta e pode causar um impacto maior do que o material inteiro ¹².

Diante do exposto, a reciclagem do plástico representa uma forma de atenuar os problemas ambientais gerados pelo seu descarte. No Brasil, apenas 10% do plástico que é produzido tem como destino final a reciclagem (ABIPLAST, 2019). Entretanto, segundo Eigenheer, Ferreira e Adler (2005), esta não é uma solução isolada, capaz de substituir por si só o problema gerado pelo descarte de resíduos sólidos. É preciso que haja discussões com maior clareza conceitual para não gerar equívocos sobre esta atividade e esses aspectos serão discutidos na próxima sessão.

4 RECICLAGEM

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a reciclagem é definida como o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos

¹² Disponível em <https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/saco-e-um-saco/saiba-mais.html> acesso em 14 fev. 2014.

produtos. Essa atividade prolonga a vida útil dos aterros sanitários, além de auxiliar na diminuição da extração de matérias-primas para a confecção de novos produtos. E, desta forma, contribui para a economia de água e de energia, além da geração de trabalho e renda (LIMA, 2014).

Papel, plástico, vidro e metais são materiais que possuem valor de mercado e podem ser reaproveitados como matéria-prima no processo de fabricação de novos produtos. Entretanto, em virtude da diversidade na composição química destes materiais, cada um possui um processo específico de transformação, custos, e produto produzido.

Segundo a Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis (ANCAT), os materiais recicláveis são divididos em subcategorias (FIGURA 7), para viabilizar o processo de reciclagem. Uma vez coletados devem ser separados e enviados para as empresas recicladoras.

Figura 7: Divisões e subdivisões dos materiais encontrados nos resíduos sólidos urbanos.



Fonte: ANCAT (2019)

O material orgânico presente no lixo também pode ser reaproveitado, e o tratamento desta fração pode ser realizado por meio do processo de compostagem. Neste processo, a matéria orgânica é transformada por microrganismos em húmus, e pode ser utilizada como fertilizante natural (SANTAELLA et al., 2014).

Para Eigenheer; Ferreira e Adler (2005), a reciclagem é uma atividade econômica, que se originou da escassez de recursos, e não do ideal de proteção do meio ambiente. No Brasil, a atividade de se recolher materiais para a venda, sempre foi feita por pessoas necessitadas, presentes em ruas e em lixões, atuando na catação.

Não se deve confundir a atividade de reciclagem com avanços no tratamento e disposição do lixo produzido. O Brasil, por exemplo, é um grande reciclador de latas de alumínio, mas ainda detém indicadores negativos na gestão de resíduos.

A despeito da importância da reciclagem, esta atividade deve ser vista como um processo industrial que está sujeito as limitações ambientais e econômicas. Os gastos de água e de energia nos processos de reciclagem, por exemplo, devem ser levados em consideração para

que os custos ambientais não sejam menosprezados em relação ao benefício econômico. Outro aspecto a se considerar é a capacidade da indústria recicladora em processar todo material coletado, ou se haverá mercado para sua comercialização.

A separação dos materiais irá favorecer a reciclagem industrial e o reaproveitamento da fração orgânica presente no lixo. Neste sentido a reciclagem e a coleta seletiva são procedimentos distintos. Entretanto, de acordo Eigenheer; Ferreira e Adler (2005), estes têm sido usados de maneira equivocada como sinônimos fazendo-se necessária a diferenciação.

4.1 COLETA SELETIVA E RECICLAGEM

A coleta seletiva de lixo é um sistema de recolhimento de materiais recicláveis, como papéis, plásticos, vidros, metais e materiais orgânicos. Geralmente todos esses materiais são previamente separados na fonte geradora (VILHENA et al., 2018).

Esse tipo de coleta facilita o reaproveitamento dos materiais e assegura a sua qualidade.

São duas as formas básicas de coleta seletiva: a separação por grupos de materiais, divididos em materiais secos e úmidos, e a separação por materiais, também chamada de coleta multi-seletiva. Na separação por materiais há um sistema de cores para os coletores dos resíduos. A cor verde é destinada ao vidro, a azul para papéis, a vermelha para plásticos, a amarela para latas, a marrom para orgânicos e a cor cinza para os resíduos contaminados ou misturados, em que não há possibilidade de separação.

A coleta seletiva pode ser operacionalizada nas modalidades descritas a seguir: a) a coleta domiciliar, semelhante à coleta normal de lixo; b) a coleta realizada em postos de entrega voluntária (PEV), em que são disponibilizados locais onde o cidadão voluntariamente deposite os recicláveis; c) a coleta realizada em postos de troca, onde é realizada a permuta dos recicláveis por algum benefício para quem leva o material (ANCAT, 2019).

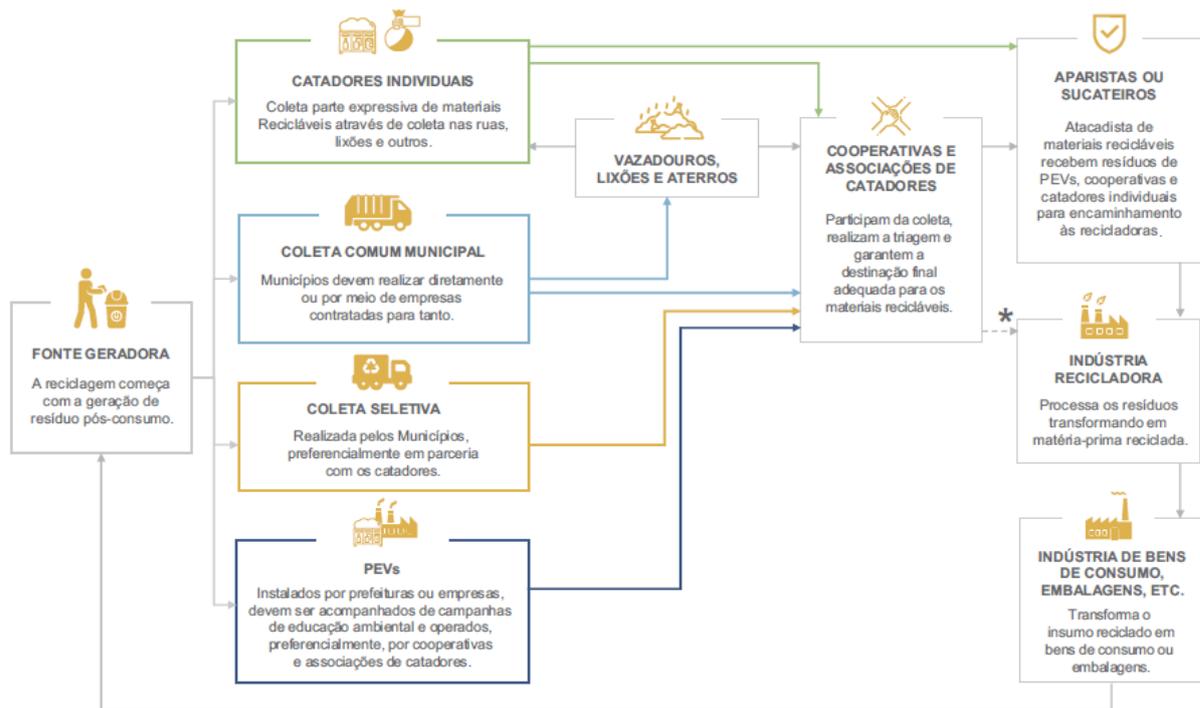
Após a coleta, a próxima etapa é realizada por cooperativas e associação de catadores, em centros de triagem ou galpões próprios. Nestes locais, os resíduos provenientes da coleta seletiva são separados de acordo com as categorias apresentadas na figura 8. Após a separação final são encaminhados para reciclagem nas indústrias. O material não aproveitado, denominado rejeito, deve ser encaminhado aos aterros sanitários. Entretanto, em virtude das condições de separação e limpeza realizadas nos centros de triagem, os resíduos recicláveis são vendidos para intermediários, para que sejam adequadas às condições exigidas pelas indústrias recicladoras.

Além das modalidades descritas acima, a coleta de resíduos para reciclagem também é realizada por catadores individuais. Eles atuam recolhendo o resíduo diretamente nas

residências ou em lixões e vendendo para entidades intermediárias para posterior envio à indústria recicladora.

O fluxo dos resíduos sólidos não orgânicos provenientes do lixo urbano, no contexto da coleta seletiva e da reciclagem, é representado na figura 8.

Figura 8: Fluxo da reciclagem de resíduos não orgânicos.



Fonte: ANCAT (2019)

Atualmente, apenas 22% dos municípios brasileiros possuem coleta seletiva pública. Além disso, uma das metas após a implantação da PNRS era a eliminação dos lixões até 2014. Entretanto, isso não ocorreu de forma automática, e 41% dos municípios do país, principalmente nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, ainda dispõem seus resíduos em locais impróprios como lixões (ANCAT, 2019).

A seguir, abordaremos com mais detalhes os procedimentos relacionados a reciclagem dos plásticos, foco de estudo desta pesquisa.

4.2 RECICLAGEM DE PLÁSTICOS

A reciclagem de plástico foi iniciada pelas próprias indústrias fabricantes destes materiais, de forma a promover o reaproveitamento de perdas na produção. À medida que este

material passou a ser separado do lixo e recuperado em maior quantidade, novas tecnologias foram desenvolvidas para que o plástico recuperado do lixo urbano reciclado pudesse ser incorporado na fabricação de novos produtos (ADEODATO, 2008).

Os plásticos reciclados são utilizados como matéria-prima para a fabricação de mangueiras, sacos de lixo, utensílios domésticos e produtos industriais, tais como: fibras têxteis, pallets, tábuas, mourões e perfis de “madeira plástica¹³”. Entretanto, o plástico reciclado, ainda possui limitações de aplicação, e não deve ser utilizado nas embalagens em que há o contato deste material com bebidas, remédios e alimentos (VILHENA et al., 2018).

Segundo Spinacé e De Paoli (2005), a reciclagem de plásticos pode ser classificada em quatro categorias: primária, secundária, terciária e quaternária. A reciclagem primária ou pré-consumo acontece quando são utilizados resíduos equivalentes a produtos originais. Esta utiliza como matéria-prima aparas e restos de produção, e geralmente é realizada na própria indústria plástica. A reciclagem secundária ou pós-consumo é realizada com resíduos procedentes de resíduos sólidos urbanos, ou seja, são materiais oriundos de lixões, sistemas de coleta seletiva, dentre outros. Na reciclagem terciária ou química, os resíduos plásticos são convertidos em insumos químicos ou combustíveis. Já na reciclagem quaternária ou energética, estes resíduos são submetidos a um processo de incineração controlada para recuperação de energia.

As categorias primária e secundária são definidas como processos de reciclagem mecânica ou física. Ambas são adequadas para plásticos termoplásticos, pois uma vez que sejam aquecidos, estes amolecem e podem então ser moldados novamente. Já os plásticos termorrígidos, como não se fundem quando aquecidos, não podem ser processados por meio da reciclagem mecânica. Em determinados casos, esses materiais podem ser aproveitados, após serem triturados e incorporados diretamente na fabricação de outros produtos.

No Brasil, a indústria da reciclagem do plástico é composta, praticamente, por empresas que realizam o processo de reciclagem mecânica. Este tipo de reciclagem exige uma separação prévia, pois contaminantes como vidro, papel, metal ou outros plásticos, ainda que em baixas concentrações, podem alterar o produto final. (SPINACÉ; DE PAOLI 2005). A separação dos plásticos pode ser manual ou automatizada. A escolha irá depender das necessidades do mercado ou do custo da mão de obra.

Separação Manual – Esta pode ser feita por meio da catação em centros de triagem (FIGURA 9), e exige um treinamento do pessoal que irá atuar na separação (VILHENA et al., 2018).

¹³ Madeira plástica: uma mistura de PEBD, PEAD, PS, PVC e PP (SPINACÉ E DE PAOLI 2005).

Figura 9: Separação manual de resíduos

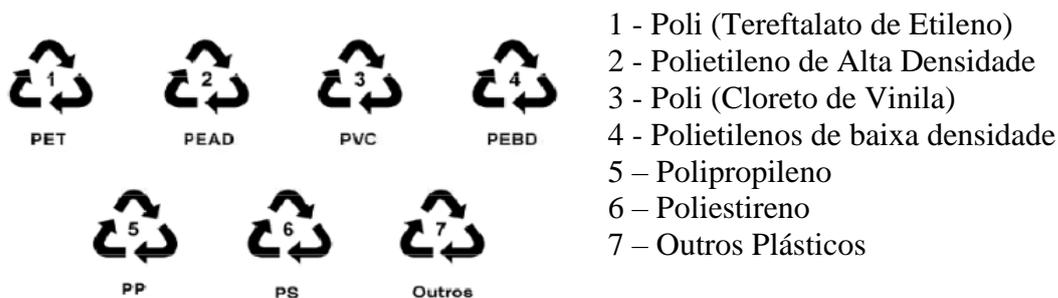


Fonte: arquivos dos autores

De acordo com Manrich et al. (2007), o treinamento de trabalhadores para a etapa de reciclagem manual introduz noções básicas para se diferenciar os diferentes tipos de plástico. Os autores sistematizaram a separação manual em três etapas, a saber, por códigos, pela associação entre o polímero-produto e por meio de testes diversos.

A separação por códigos é feita com base em uma simbologia internacional de identificação (FIGURA 10). No Brasil, essa simbologia é regida pela norma ABNT NBR 13230:2008¹⁴.

Figura 10: Classificação de polímeros por códigos



Fonte: Norma ABNT NBR 13230

Estes códigos indicam o tipo de polímero que está presente nos produtos. Após a localização da numeração, os resíduos são agrupados e segregados. O código “7 – Outros Plásticos” é usado, em geral, para produtos fabricados com polímeros menos comuns, como por exemplo, o policarbonato, a poliamida, ou uma combinação de diversos polímeros. A norma sugere, neste caso, o uso da sigla do polímero abaixo do símbolo. Na separação por códigos,

¹⁴ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14724: embalagens e acondicionamento plásticos recicláveis: identificação e simbologia. Rio de Janeiro, 2008

caso o resíduo não apresente a inscrição da simbologia, devem ser aplicadas outras formas de separação.

A associação entre o polímero e o produto relaciona o tipo de plástico mais frequentemente utilizados na fabricação de determinado produto. É necessário fazer uma revisão entre estas relações para que as mudanças feitas pela indústria nas matérias-primas utilizadas na fabricação dos produtos.

Nem sempre uma embalagem de um produto apresenta o mesmo tipo de plástico em sua composição. As garrafas de refrigerante e óleo de cozinha, por exemplo, tem a maior probabilidade de serem produzidas por PET. Já os materiais de higiene pessoal e de limpeza podem ser produzidos com PP, PVC, PEAD ou PET.

Os testes diversos, conforme com Manrich et al. (2007), são feitos com base em determinadas propriedades e características dos polímeros. Podem ser utilizados em sequência, ou após a etapa de associação entre o polímero-produto. Alguns são simples, de fácil realização, enquanto outros necessitam de equipamentos e técnicas laboratoriais mais sofisticadas. Exemplos de testes de identificação estão descritos nos itens 1 a 9:

1 – Aspecto visual: É feita uma inspeção para a avaliação da transparência do produto. Assim, o PET, o PP e o PS, por exemplo, são transparentes, já o PEAD e o PEAD são opacos.

2 – Embranquecimento: Ao ser dobrado, o material apresenta um embranquecimento. PP, PEAD, PVC e PS apresentam essa característica.

3 – Aspecto da tampa: O PP é o único plástico que permite que a tampa seja produzida na forma de uma dobradiça, pois permite o esforço repetitivo ao abrir e fechar a tampa.

4 – Barulho: Quando apertados ou amassados, filmes de PP e PEAD emitem som estridente, já os de PEBD e PVC não emitem.

5 – Maleabilidade e Dureza: O PEBD pode ser separado do PEAD e do PP pela pouca resistência à dobra. Quanto à dureza, os plásticos mais maleáveis podem ser facilmente riscados.

6 – Queima: Durante a queima dos plásticos, propriedades como o odor, vapores de queima, aparência da chama, além das diferenças de ponto de fusão (QUADRO 2), são utilizadas para se proceder a separação (BROGNOLI, 2006).

Quadro 2: Algumas propriedades de plásticos avaliadas no teste de chama.

Plástico	Temperatura de Fusão/ °C	Cor da chama	Aspecto da queima	Odor da queima
PET	80	Amarela	Fuliginosa	Aromático
PEAD	120	Amarela com fundo azul		Vela acesa
PVC	80	Laranja com verde nas bordas	Chama crepitante	Cloro
PEBD	85	Amarela com fundo azul		Vela acesa
PP	150	Amarela fundo azul	Fumaça Branca	Vela acesa
PS	80	Laranja	Fumaça preta com fuligem	Doce

Fonte: Brognoli (2006)

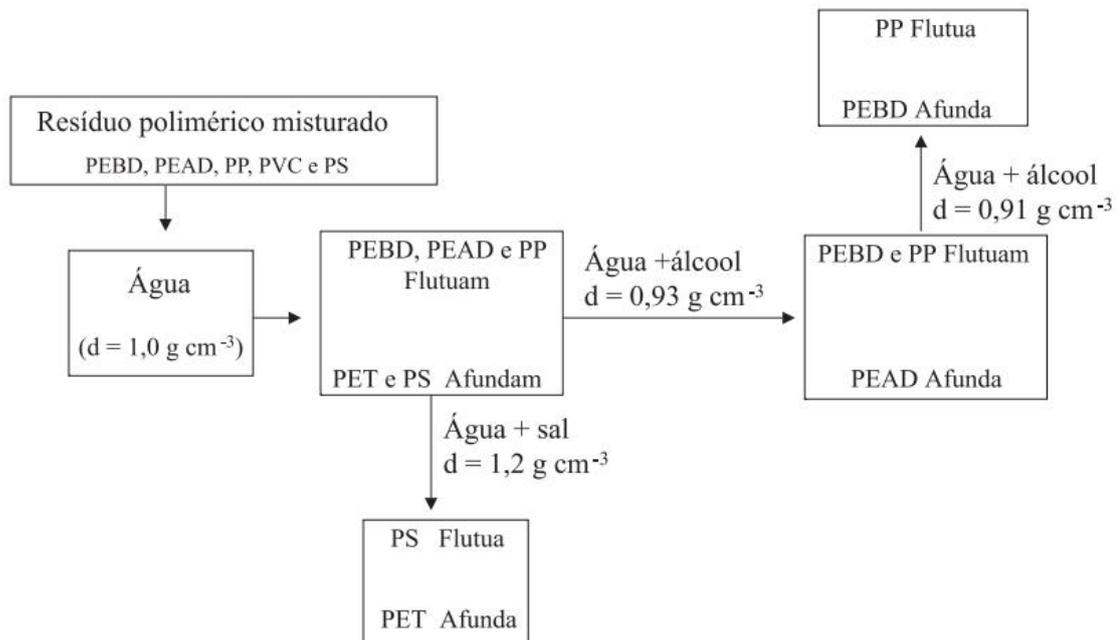
7 – Densidade: Baseia-se na diferença de densidade entre os polímeros (QUADRO 3). Os artefatos produzidos com PE, PP, PS, PVC e PET são os que mais são separados por este método.

Quadro 3: Densidade de alguns tipos de plástico

Plásticos	Densidade (g/cm ³)
1 – PET Poli (tereftalato de etileno)	1,220-1,400
2 – PEAD Polietileno de alta Densidade	0,940-0,960
3 – PVC Poli (cloreto de vinila)	1,220-1,300
4 - Polietileno de Baixa Densidade (PEBD)	0,910-0,930
5 – PP Polipropileno	0,900-0,910
6 – PS Poliestireno	1,040-1,080

FONTE: Vilhena et al. (2018)

É possível separar os plásticos com fluídos de densidade intermediária. Para um melhor entendimento da separação por diferença de densidade, um fluxograma de separação de plásticos está representado na figura 11.

Figura 11: Fluxograma de separação de plásticos por densidade

Fonte: Spinacé e De Paoli (2005)

8 – Solubilidade: Esta separação se baseia na solubilidade de cada polímero em alguns solventes específicos (QUADRO 4). De acordo com a mistura de plástico que se deseja separar seleciona-se um solvente que dissolva o material de interesse e seja insolúvel nos demais.

Quadro 4: Solubilidade de alguns tipos de plástico

Plásticos	Solúvel em	Insolúvel em
1 - PET Poli (tereftalato de etileno)	nitrobenzeno*	etanol, acetona, clorofórmio
2 - PEAD Polietileno de alta Densidade	Xileno*	etanol, acetona, clorofórmio
3 - PVC Poli (cloreto de vinila)	ciclohexanona*	álcoois, xileno
4 - Polietileno de Baixa Densidade (PEBD)	heptano, xileno**	etanol, clorofórmio, acetona
5 - PP Polipropileno	xileno**	etanol, clorofórmio, acetona
6 - PS Poliestireno	xileno, clorofórmio e éter etílico	álcoois

* acima de 50°C e ** acima de 100° C

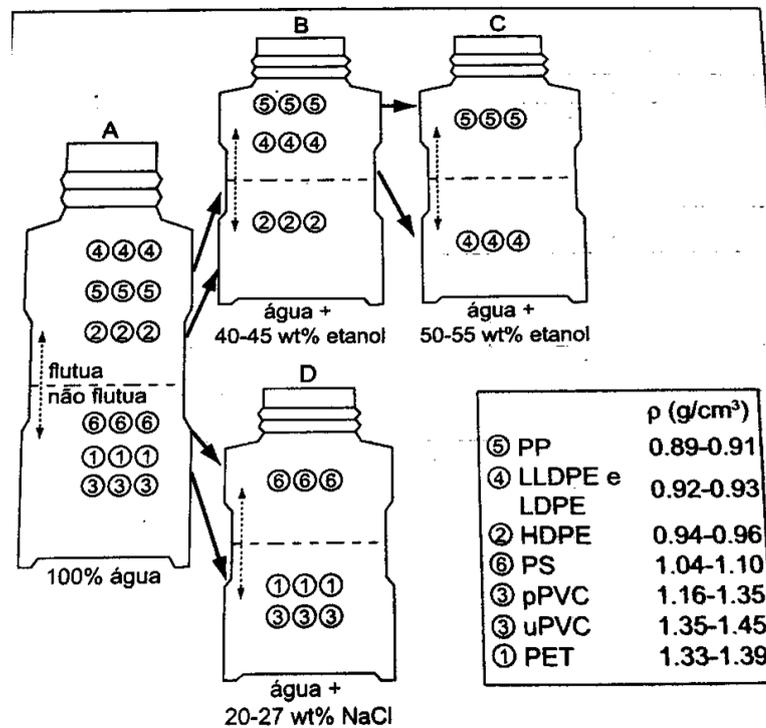
Fonte: Manrich et al. (2007)

9 – Separação por espectroscopia: Quando o método utilizado é a espectroscopia, utiliza-se as técnicas Raman e por infravermelho próximo (NIR). Nestas técnicas, é feita uma comparação do espectro obtido na amostra de resíduo, com um banco de dados de espectros de polímeros puros. Neste processo de comparação é possível identificar e separar os resíduos.

Separação Automática - As técnicas de separação automática consistem na automatização de determinados testes de identificação. Estas permitem separar os plásticos de forma eficiente e rápida, porém, possuem um custo mais elevado. No Brasil, a separação é feita principalmente de forma manual.

Segundo Spinacé e De Paoli (2005), a separação automatizada feita por diferença de densidade é utilizada pela maioria das indústrias de reciclagem. Esta consiste em tanques de separação contendo fluidos de densidades variadas (FIGURA 12). O resíduo pode ser transportado pelo próprio fluido separador.

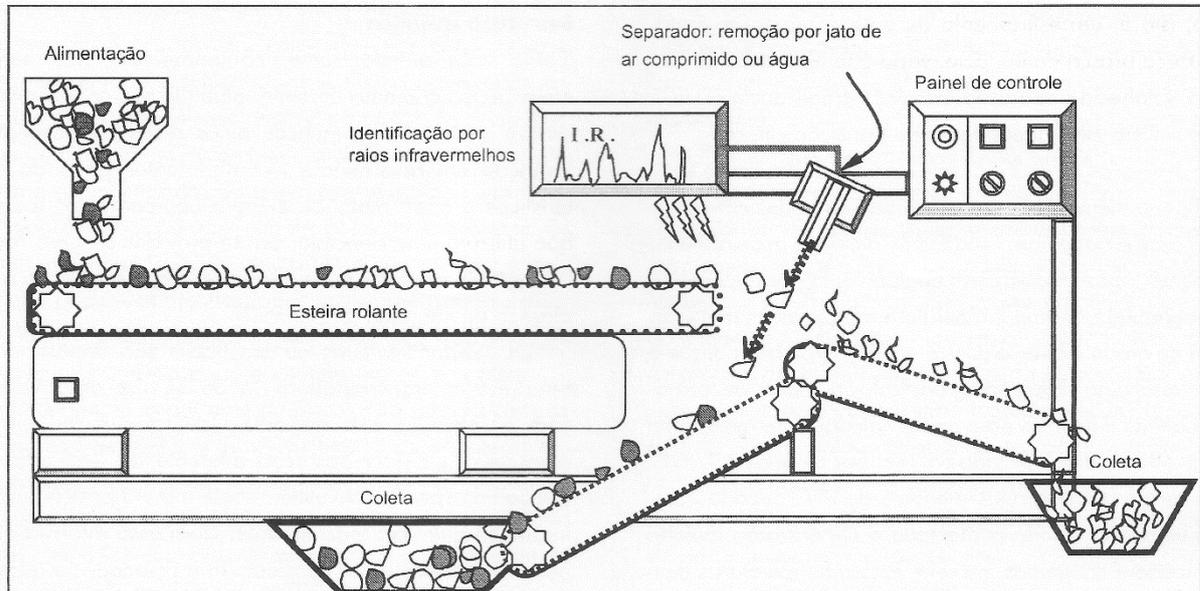
Figura 12: Esquema de separação automática por diferença de densidade



Fonte: Manrich et al. (2007)

Métodos espectroscópicos também podem ser automatizados para identificação de tipos de plástico. Os resíduos são colocados em uma esteira transportadora, onde é feita a varredura com a radiação. Por meio de um detector, as absorções não desejadas acionam um mecanismo (dispositivo de ar comprimido ou jato de água), para que o resíduo seja retirado na esteira (MANRICH et al., 2007). Na figura 13 é representado um esquema deste processo de separação.

Figura 13: Esquema de separação automática por espectroscopia



Fonte: Manrich et al. (2007)

A separação é uma etapa complexa da reciclagem dos plásticos e que afeta o valor tanto do produto final reciclado, quanto o que será vendido para as indústrias recicladoras. Muitos objetos são formados por mais de um tipo de plástico, o que dificulta a identificação e a separação. Além da separação por tipos de polímero, também é realizada uma separação por cor, quando então os resíduos de plásticos brancos são separados dos resíduos coloridos. O material branco poderá ser pigmentado para futuras aplicações, já o colorido normalmente é destinado para a produção de artefatos pretos, como sacos de lixo e mangueiras (VILHENA et al., 2018).

De acordo com Spinacé e De Paoli (2005), já existem processos em que é possível reciclar uma mistura de polímeros. Países como Japão e Bélgica, desenvolveram um produto denominado madeira plástica, formulado com a mistura dos polímeros, PEBD, PEAD, OS, PP e PVC. Neste processo não há liberação de gases tóxicos provenientes do PVC e a madeira plástica tem uso similar ao da madeira comum.

No Brasil, foram também registradas duas patentes de produtos desenvolvidos a partir da mistura de plásticos provenientes de resíduos sólidos urbanos. O IMAWOOD® (produzido

com uma mistura de PEBD e PEAD) e o IMACAR® (proveniente de uma mistura de PP e resíduos para-choques descartados).

No processo de reciclagem mecânica, após a separação, são realizadas as etapas sequenciais de moagem, lavagem, secagem e reprocessamento. Na moagem, os resíduos são triturados para melhor acomodação no equipamento de processamento. Em seguida, é feita uma lavagem para retirada de impurezas e posterior secagem. A água da lavagem é reaproveitada no processo, entretanto, há um gasto de energia com a secagem do material.

Na etapa de reprocessamento, os resíduos são transformados em matéria-prima para a indústria de plásticos. Nesta etapa, os resíduos são fundidos por aquecimento em uma máquina extrusora. E após a fusão são formados os filamentos contínuos, semelhantes a um espaguete. Estes filamentos são resfriados em tanques de água e cortados em forma de grânulos de 2 a 3 milímetros (FIGURA 14), que depois são embalados para serem comercializados para a indústria plástica (VILHENA et al., 2018).

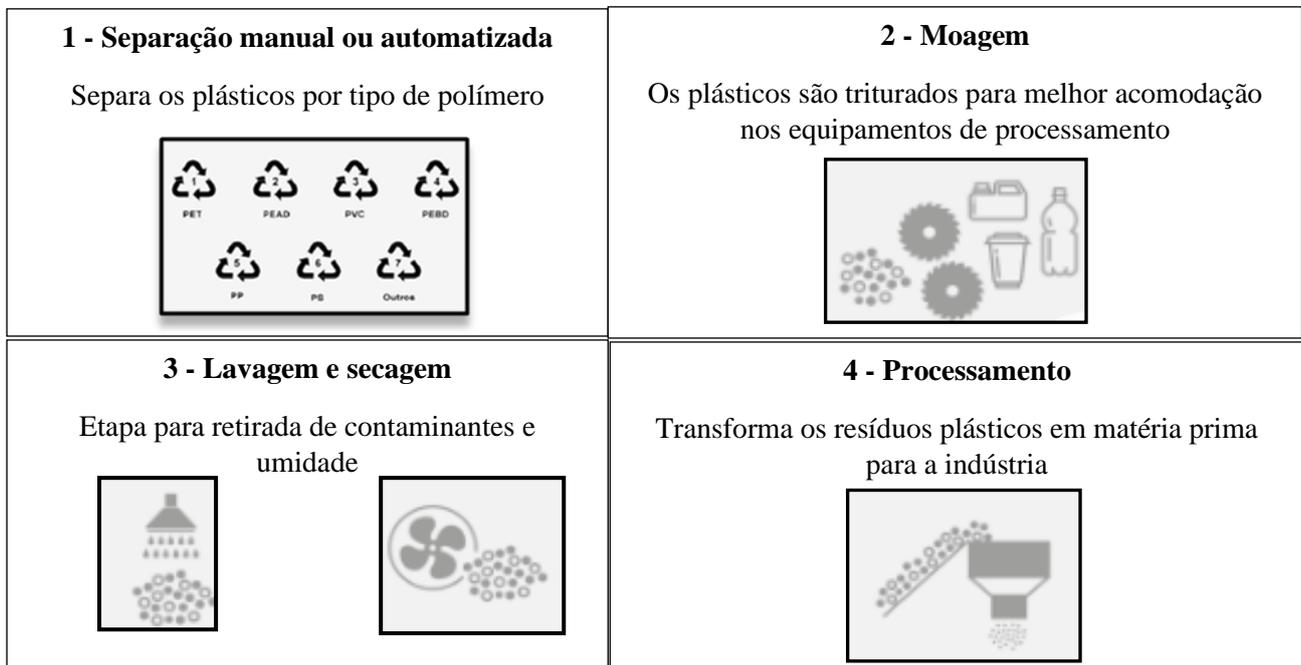
Figura 14: Grânulos reciclados de PEBD



Fonte: Arquivo dos autores.

Um esquema foi elaborado (FIGURA 15) para representar as etapas da reciclagem mecânica de plástico.

Figura 15: Etapas da reciclagem mecânica



Fonte: ANCAT (2019) elaborados pelos autores

Segundo Zanin e Mancini (2015), nas discussões relacionadas ao impacto do descarte de materiais, considera-se o ciclo de vida de um produto, desde a produção até o descarte, tudo começa e termina no meio ambiente. Neste contexto, surge o termo *Ecodesign*, ou seja, o desenvolvimento de produtos com o objetivo de redução de impactos ambientais em todo o ciclo de vida.

A produção, neste conceito, deve considerar o uso de tecnologias limpas, com menor gasto de energia e pouca geração de resíduos. O produto deve ser durável e de fácil manutenção, preferencialmente reutilizável. Caso não seja possível a reutilização, este deve ter reciclagem máxima.

Com a relação ao pós-consumo de embalagens plásticas, os exemplos de utilização de *ecodesign* nestas são: frascos para produtos concentrados que contêm menor volume; tampas e gargalos com altura reduzida (redução de cerca de 17% na quantidade de plásticos utilizados na sua composição); tampas que dispensam vedantes e que possuem plásticos com a mesma composição; embalagens para refil e uso de etiquetas com o mesmo material da embalagem no processo de moldagem (ABIPLAST, 2019).

Conforme discutido no texto, dado que no Brasil, a etapa de separação de plásticos para reciclagem é essencialmente manual, é fundamental abordar o trabalho dos catadores de materiais reciclados, trabalhadores essenciais na destinação correta deste material.

4.3 RECICLAGEM E OS CATADORES

Atualmente, os catadores têm grande importância no fornecimento de matéria-prima para as indústrias da reciclagem, uma vez que são responsáveis pela coleta, triagem e destinação desses materiais para os fins adequados ao visarem, principalmente, a reciclagem (VILHENA et al., 2018).

Segundo Albuquerque (2014), a partir da promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em 2010, o papel dos catadores passou a ser considerado como parte fundamental na gestão do lixo. A PNRS garante a inclusão social como um dos eixos estruturantes para o tratamento dos resíduos sólidos. Neste sentido, essa estabelece como instrumentos a criação e o desenvolvimento de cooperativas e associações, bem como a implantação de infraestrutura e aquisição de equipamentos para viabilizar o trabalho destas cooperativas ou associações.

De acordo com Silva (2017), estima-se atualmente que 90% de todo o material reciclado no Brasil é recuperado dos resíduos por meio do trabalho de 400 mil catadores. Entretanto, de acordo com Vilhena et al. (2018), esse número pode chegar a 800 mil. Os catadores, neste sentido representam a maior parcela atuante na cadeia produtiva da reciclagem. Gutierrez e Gitahy (2016) ainda acrescentam que, apesar dos catadores representarem o maior número, eles são o elo menos remunerado, dentre todos os agentes econômicos envolvidos.

A despeito da importância destes trabalhadores, Santaella (2014) alerta que o tratamento social dispensado aos catadores pode ser considerado preconceituoso e discriminatório e, as ideias negativas relacionadas ao lixo, como algo sujo, inútil e digno de descarte, são estendidas a essas pessoas. Desta forma, Cruvinel et al. (2017) afirmam que é preciso que a sociedade entenda que o catador presta um serviço de utilidade pública, reconhecendo-o como um trabalhador formal que necessita de condições dignas de trabalho.

Segundo Demajorovic e Besen (2007), é a partir da década de 1990 que surgem as primeiras iniciativas para formação de cooperativas e associações de catadores, nas cidades de Belo Horizonte, Porto Alegre e São Paulo. Antes disto, o trabalho de coleta de materiais recicláveis ficava restrito a catadores individuais, que eram marginalizados sem qualquer organização ou parceria com o setor público, ou grupos organizados.

Além das iniciativas de organização, de acordo com Bortolli (2009), ao final da década de 1990, os catadores de materiais recicláveis começaram os processos de organização social e econômica, bem como de luta por direitos que culminaram na criação do Movimento Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR), em 2001.

O MNCR é um movimento social que busca a valorização desta categoria, com atuação na organização dos catadores e catadoras orientados pelos princípios de autogestão das cooperativas, da ação direta, da independência de classe em relação aos partidos políticos, governos e empresários, e ainda, por meio da solidariedade de classe e apoio mútuo para garantia de direitos. É reconhecido como a principal organização nacional de defesa dos interesses dos catadores em todo mundo.

Em 2002, a profissão de catador de material reciclável foi oficializada pela Classificação Brasileira de Ocupações (CBO). De acordo com Silva (2017), esta profissão é considerada de grande periculosidade em função dos danos causados à saúde deste trabalhador. Em sua jornada, os catadores estão sujeitos a acidentes por falta de equipamentos de segurança para o controle dos riscos. Dentre eles estão os riscos químicos associados a resíduos de substâncias tóxicas nas embalagens; os riscos biológicos em virtude da contaminação de fungos e bactérias em restos de alimentos, bem como vetores de doenças como pombos e ratos; os riscos físicos em função de quedas e acidentes com materiais cortantes misturados ao lixo.

A atuação dos catadores materiais de recicláveis está diretamente relacionada às condições de trabalho desta categoria. No caso dos catadores individuais, as atividades são basicamente de coleta e venda, em situação em que o trabalho é considerado informal e, desta forma, os trabalhadores não têm acesso a direitos trabalhistas. Esta informalidade é marcada por uma grande precarização de suas condições de trabalho, o que contribui para a exploração de sua mão de obra.

O volume de material reciclado que é coletado no trabalho individual não possibilita a venda direta para as indústrias recicladoras, e assim, estes trabalhadores estão sujeitos à ação de intermediários. Estes agentes são também denominados atravessadores ou sucateiros, e determinam o preço e as exigências do material coletado. Mesmo em piores condições, o número de trabalhadores individuais supera os organizados em cooperativas e associações, e vale destacar, que apenas 10% estão ligados a algum tipo de organização.

Nas associações e cooperativas, os catadores conforme com Fadini e Fadini (2001), podem resgatar sua condição de cidadão, bem como a possibilidade de ascensão social.

A organização cooperativa possibilita aos catadores, por um lado, efetuarem compras em comum (de equipamentos e insumos em geral) a preços menores

e, por outro, ganharem maior escala de produção para atingir vendas em comum a preços maiores. Ademais, uma cooperativa, assim como uma associação, também pode atuar como instrumento de representação dos catadores perante o poder público ou outros fóruns específicos, reivindicando apoio tanto para a melhoria de suas condições de trabalho quanto para o acesso a equipamentos e serviços públicos nas comunidades em que residem (SILVA, 2017, p. 43).

Segundo Gutierrez e Gitahy (2016), em cooperativas e associações, as atividades dos catadores incluem coleta, triagem, prensagem, transporte e revenda dos materiais recicláveis dos resíduos presentes no lixo urbano. Porém, a falta de capacidade técnica e estrutura não permitem que a maioria destas organizações avance na cadeia da reciclagem.

Desta forma, mesmo organizados em cooperativas e associações, os catadores ainda estão sujeitos à ação de intermediários. A organização permite aos catadores, uma melhor negociação do preço do material coletado, já que trabalham com maiores quantidades.

Os intermediários, em geral, realizam as mesmas atividades produtivas que as cooperativas e associações de catadores, entretanto, conseguem agregar mais valor ao produto triado, principalmente, quando estas atividades são realizadas por empresas que possuem equipamentos e conhecimentos específicos para o desenvolvimento desta atividade.

O processo de triagem é um dos pontos críticos deste trabalho, pois esta atividade é realizada de forma manual e a eficiência da separação depende diretamente da prática das pessoas que executam esta tarefa. No caso dos plásticos, para um resultado satisfatório é fundamental uma separação criteriosa para que esse material seja vendido diretamente as indústrias recicladoras.

Neste sentido, segundo Silva (2017), a organização coletiva do trabalho de catação é bastante heterogênea, principalmente em termos de infraestrutura física, conhecimento técnico, gestão da cooperativa, parcerias com outras entidades, dentre outros. Esta heterogeneidade tem impacto direto no nível de eficiência e produtividade da cooperativa, e diretamente nas condições de trabalho de cada catador e na renda recebida por eles.

Após um detalhamento mais técnico dos procedimentos de reciclagem, faremos uma abordagem histórica desta atividade a partir de uma abordagem histórica da limpeza urbana ao longo do tempo.

4.4 UMA BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DA LIMPEZA URBANA E DA RECICLAGEM

O lixo sempre esteve presente nas atividades humanas. Na pré-história, o homem já queimava o lixo, supostamente para eliminar o mau cheiro. Com a fixação das populações em cidades e aldeias, por volta de 4000 a.C., a questão do lixo começou a ficar mais complexa. Eigenheer (2009) divide as questões históricas da limpeza urbana em três momentos: o lixo na Antiguidade, na Idade Média e pós-Revolução Industrial.

Na Antiguidade, povos sumérios, assírios, hindus, egípcios e gregos eram desenvolvidos em questões sanitárias e possuíam sistemas de captação de águas servidas¹⁵ com sua destinação para a agricultura. Já os povos romanos, além do sistema de abastecimento e captação de esgoto avançados, também foram responsáveis pelo desenvolvimento de sistemas de limpeza de ruas e calçadas.

Esse mesmo autor aponta também para a destinação dos cadáveres na antiguidade, que a princípio eram cremados, porém por influência religiosa, passaram a ser sepultados de acordos com preceitos cristãos. Uma provável relação entre lixo e morte, poderia elucidar as dificuldades até hoje encontradas entre a população no trato com seus resíduos e dejetos.

A queda do Império Romano, no entanto, levou a perdas de muitas conquistas sanitárias, visto que cidades romanas foram destruídas até o século V, sendo reconstruídas somente 500 anos depois.

No início da Idade Média não havia em geral ruas pavimentadas, sistema de abastecimento de água e coleta de lixo, bem como uma destinação adequada de carcaças de animais e cadáveres. As práticas de higiene nos burgos eram limitadas a eliminação das águas servidas lançadas pelas muralhas ou fossos.

Entretanto, é com o crescimento populacional, após o início da Idade Média, que a questão da higiene nas cidades se tornou crítica. Houve um aumento na criação de animais e, por consequência, um maior volume na produção de excrementos. Neste cenário, se criou o costume de jogar os dejetos em frente às casas, pois eram poucas as cidades com canalização de esgoto. Os cadáveres eram enterrados próximos às igrejas, dentro das cidades, causando a contaminação das águas. Foi somente no século XIV, mais precisamente na Alemanha, em Nuremberg e Strasburg, que a ocorrência de pestes fez com que o sepultamento passasse a ser

¹⁵ Águas servidas ou esgoto ou efluentes são todos os resíduos líquidos domésticos e indústrias que necessitam de tratamento adequado para que sejam removidas as impurezas, e assim possam ser devolvidos à natureza sem causar danos ambientais e à saúde humana. Disponível em <https://www.caesb.df.gov.br/glossario-da-carta/3portal/esgoto.html#:~:text=Esgoto%2C%20efluente%20ou%20C3%A1guas%20servidas,ambientais%20e%20C3%A0%20sa%C3%BAde%20humana>.

feito fora dos muros da cidade. Com a Reforma Protestante, a prática aumentou bem como na Revolução Francesa, em que a rígida relação entre igreja e cemitério foi abolida.

Segundo Eigenheer (2009), a partir do século XIV, iniciam-se ações de saúde pública nas cidades europeias com o objetivo de tratar questões de saneamento, limpeza pública e saúde. Há proibições do lançamento de dejetos nas ruas em várias cidades. Londres, em 1666, já dispunha de um serviço organizado de limpeza de ruas.

Com a Revolução Industrial, na segunda metade do século XIX, há um expressivo avanço na limpeza urbana, quando foram então necessárias medidas mais drásticas para conter as implicações sanitárias do acelerado crescimento urbano. Somado a isso, surge também em meados do século XIX, a teoria microbiana das doenças, e o início de uma grande preocupação com a qualidade da água. E ainda, se estabelece a necessidade da separação entre esgoto e resíduos sólidos. Entretanto, mesmo com esta distinção a questão dos resíduos fica a cargo da área de saúde até os anos de 1950.

Houve um aperfeiçoamento do tratamento dos resíduos e foram criadas as primeiras usinas de triagem e reaproveitamento de lixo na Alemanha em 1885 e 1889. Neste país, inicia-se a cobrança de taxas de limpeza pública e a padronização dos vasilhames para a coleta de lixo. O incinerador passa a ser usado como alternativa às fogueiras e, em 1900, a Inglaterra já dispunha de 120 incineradores.

Nos Estados Unidos, na primeira metade do século XX, é iniciada a coleta seletiva de lixo, além de uma maior preocupação de dar melhor destino aos resíduos, com a segregação destes em terrenos mais baixos e cobrindo com terra. Entretanto, a limpeza urbana ainda era deficiente na maior parte da Europa, já que em muitas cidades o lixo, quando coletado, era quase sempre destinado aos rios e, em seguida, ao mar.

Com o advento da Segunda Guerra Mundial, a reutilização e a reciclagem foram ações altamente disseminadas na população. No período pós-guerra houve um incremento do consumo em massa e os resíduos sólidos domésticos passaram a ganhar destaque e grande visibilidade, devido à quantidade e à complexidade da produção industrial. A Alemanha se destaca na gestão dos resíduos sólidos, e em 1972 é promulgada a lei de tratamento de resíduos dando início a substituição dos lixões pelos aterros sanitários.

Ao longo da Segunda Guerra Mundial, campanhas incentivavam a população a doar seus resíduos metálicos para serem usados como insumos utilizados no suprimento da produção de artigos bélicos. Entretanto, foi a partir da década de 1960 que houve a implantação, nos Estados Unidos, de programas de recuperação de embalagens com o intuito de se contribuir para a gestão dos resíduos sólidos. (ADEODADO, 2008).

Segundo Lima (2014), o lixo passou por transformações, pois até meados do século XX, este era composto basicamente por matéria orgânica. O avanço tecnológico aliado ao consumo de materiais menos duráveis e descartáveis provocou um aumento e uma maior diversificação do lixo gerado. Plásticos de diversas origens, pilhas, baterias de celulares e lâmpadas, também passaram a constituir um novo tipo de lixo, quando se criou o desafio de sua coleta, transporte e disposição final.

Com o avanço as questões ambientais na década de 1970, a reciclagem passou a ser uma atividade também de preservação do meio ambiente, e ganhou mais visibilidade na sociedade.

Nas comemorações do dia da Terra, no ano de 1970, a empresa americana *Container Corporation of America* (CCA), considerada a maior recicladora de papel da época, patrocinou um concurso para escolher um símbolo que melhor representasse a reciclagem. O vencedor foi Gary Anderson, um estudante da Califórnia. O símbolo criado por ele (FIGURA 16), representa três flechas retorcidas formando um ciclo e, sua inspiração era representar a continuidade em um desenho finito. Este é de domínio público, utilizado mundialmente para indicar que um material é reciclável (ADEODATO, 2008).

Figura 16 :Símbolo Universal da Reciclagem



Fonte: Adeodato (2008) p.20

Na década de 1990, a reciclagem passa a fazer parte do vocabulário cotidiano, como uma iniciativa importante na proteção do meio ambiente. Desta forma, destaca-se a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada na cidade do Rio de Janeiro em 1992, quando então, durante as discussões sobre desenvolvimento sustentável foi apresentado o princípio dos 3 R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar). Neste sentido, segundo Eigenheer e Ferreira (2015), a reciclagem passou definitivamente a ser uma etapa fundamental no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.

No Brasil “há dificuldades para se estabelecer um panorama amplo e sistemático da questão da limpeza urbana” (EIGENHEER, 2009, p. 93). Em virtude das dimensões continentais, o desenvolvimento se deu de forma muito desigual, com diferenças culturais e,

principalmente, de distribuição de renda. Ademais, são poucas as cidades que se dedicam a memória da limpeza urbana.

Segundo Santaella et al. (2014), no Brasil Império, no Rio de Janeiro, entre 1849 e 1850 foram criadas comissões de saúde pública para reformar serviços sanitários. O sistema de limpeza pública teve seu início em 1869 em São Paulo e, em 1880 no Rio de Janeiro, sendo que nesta localidade os executores foram Aleixo Gary e Luciano Francisco Gary, que tiveram em seu sobrenome a origem da palavra gari. Atividades de catação no lixão da Baía de Guanabara foram mencionadas no Jornal do Comércio de 1896.

No decorrer século XX, de acordo com Eigenheer (2009), foram implantadas no País novidades técnicas no tratamento de lixo. Foram feitas incitativas de incineração e criação de usinas de triagem e compostagem. Em 1985, a coleta seletiva foi implantada no bairro São Francisco em Niterói, no Estado do Rio de Janeiro. Em 1988, Curitiba é a primeira cidade a implantar o sistema de coleta seletiva.

Em agosto de 2010, após 20 anos de tramitação no Congresso Nacional, foi instituída no Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei 12.305, que traz o marco regulatório com princípios, objetivos e diretrizes para a gestão de resíduos sólidos. Segundo Santaella et al. (2014), o gerenciamento de resíduos no País, após a instituição da PNRS, segue a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e, como última alternativa à disposição final ambientalmente adequada.

A PNRS preconiza a responsabilidade compartilhada em todo o ciclo de vida de um produto, ou seja, de sua fabricação até sua destinação final. Nesse sentido, cada agente deste ciclo, desde os produtores até o consumidor final, deve empregar ferramentas ambientalmente sustentáveis para a destinação adequada dos resíduos gerados. Dentre estas ferramentas estão listadas no texto da Lei, a logística reversa¹⁶ e a coleta seletiva.

Em relação à logística reversa, a lei citada obriga que fabricantes de agrotóxicos, pilhas e baterias, lubrificantes, lâmpadas e produtos eletroeletrônicos, instituam sistemas de retorno para o resíduo gerado após o uso destes materiais. Quanto aos demais produtos comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro, o poder público e os fabricantes devem formalizar acordos visando à extensão da logística reversa, consonantes ao impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados por estes produtos (BRASIL, 2010).

¹⁶ Logística Reversa é o conjunto de ações para que o resíduo pós- consumo retorne para a cadeia produtiva. Esse fluxo inclui várias etapas, primeiro a coleta dos resíduos, posteriormente, sua triagem e destinação adequada: reutilização, reciclagem ou compostagem (Brasil 2010).

Além disso, a PNRS cria metas para a eliminação dos lixões, e inclui catadoras e catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis, tanto na Logística Reversa quanto na Coleta Seletiva, para o gerenciamento dos resíduos sólidos. Entretanto, é apenas o ponto de partida,

[...] a aprovação de instrumentos legislativos relativamente avançados não é suficiente para promover uma gestão de riscos capaz de incorporar, especialmente, os aspectos da prevenção e da precaução elementos fundamentais para o enfrentamento da problemática relativa à destinação dos resíduos sólidos. Há que existir a colaboração da sociedade como um todo, entes públicos e privados, seguindo práticas coletivas e individuais, para a construção efetiva de uma política de resíduos sólidos capaz de contribuir na proteção do meio ambiente visando à garantia de sustentabilidade para as futuras gerações (SANTAELLA et al., 2014, p. 37).

Para finalizar este capítulo, dada a natureza desta pesquisa estar relacionada à conversação do meio ambiente, no próximo item discutiremos como a educação ambiental se relaciona com a perspectiva da politecnia escolhida como referencial teórico deste trabalho.

4.5 RECICLAGEM PARA ALÉM DA POLITECNIA: APROXIMAÇÕES COM A EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA

Para Guanabara, Gama e Eigenheer (2008), faz-se necessário ir além das abordagens simplistas da reciclagem e da coleta seletiva, que procuram mostrar aos alunos o que cada um deve fazer de sua parte na redução e separação do lixo. Abordagens sobre o tema resíduos sólidos precisam fazer com que os alunos reflitam sobre sua complexidade. A maioria da população compreende a importância de preservação da natureza, o que não impede de observarmos a degradação do meio ambiente na sociedade atual.

É preciso estimular a criação de ações coletivas para o combate das causas estruturais dos problemas ambientais. “O indivíduo e coletividade só fazem sentido se pensados em relação. As pessoas se constituem em relação com o mundo em que vivem com os outros e pelo qual são responsáveis juntamente com os outros” (CARVALHO, 2004, p. 20).

De acordo com Layargues (2002), abordagens reducionistas a respeito dos resíduos sólidos representam uma ideologia hegemônica que quer manter os valores culturais instituídos na sociedade. São abordagens que não questionam a estrutura social vigente, consideradas assim conservadoras.

Resultam em ações individuais e comportamentais no âmbito doméstico e privado, de forma a-histórica, apolítica, conteudística, instrumental e normativa. Ao adotarem uma perspectiva estritamente ecológica da questão

ambiental, perdem de vista as dimensões sociais, políticas e ideológicas indissociáveis de sua gênese e dinâmica, porque não incorporam as posições de classe e as diferentes responsabilidades dos atores sociais enredados na crise ambiental; porque reduzem a complexidade do fenômeno ambiental a uma mera questão de inovação tecnológica; e porque, finalmente, creem que os princípios do mercado são capazes de promover a transição no sentido da sustentabilidade (LOUREIRO; LAYARGUES 2013, p. 3).

Neste sentido, não há um combate ao consumismo, mas combate ao consumo insustentável. Assim, pressupõe-se a existência de um consumo sustentável pela união entre a reciclagem e tecnologias limpas e eficientes.

Atualmente, o ato de consumir ocupa um papel central na vida das pessoas, transformando nossa civilização em uma sociedade de consumo. Esse consumo gera cada vez mais uma maior quantidade de resíduos, além dos que foram produzidos na fabricação dos produtos (GUANABARA; GAMA; EIGENHEER, 2008).

Para Layargues (2002), somos obrigados a consumir produtos que se tornam obsoletos antes do tempo (obsolescência planejada)¹⁷, visto que a vida útil dos produtos se torna cada vez mais curta. Ademais, há uma união entre essa obsolescência planejada e a criação de demandas artificiais no capitalismo, que gera a obsolescência planejada simbólica, evidenciada pela moda e pela propaganda. Essa prática leva a ilusão de que a vida útil do produto se esgotou, ainda que ele ainda esteja em plenas condições de uso.

O combate a abordagens reducionistas deve ser estimulado por meio de reflexão crítica abrangendo “os valores culturais da sociedade de consumo, do consumismo, do industrialismo, do modo de produção capitalista e dos aspectos políticos e econômicos da questão do lixo” (LAYARGUES, 2002, p. 3). Essa visão crítica da educação ambiental representa a ideologia contra hegemônica, voltada para o enfrentamento dos problemas ambientais concomitante com o contexto social.

Trata-se de incluir no debate ambiental a compreensão político-ideológica dos mecanismos da reprodução social e o entendimento de que a relação entre o ser humano e a natureza é mediada por relações socioculturais e classes historicamente construídas. Essa tendência traz então uma abordagem pedagógica que problematiza os contextos societários em sua interface com a natureza (LOUREIRO; LAYARGUES, 2013, p 67-68).

¹⁷. Obsolescência planejada é a decisão do produtor de propositadamente desenvolver, fabricar, distribuir e vender um produto para consumo de forma que se torne obsoleto ou não-funcional especificamente para forçar o consumidor a comprar a nova geração do produto.

Um estímulo à reciclagem, sem uma visão crítica do consumo, pode levar os indivíduos a uma ideia errônea de que produtos recicláveis são ecológicos por definição, estimulando-se mais o consumismo. Não se deve dar máxima importância à reciclagem em detrimento da redução do consumo e do reaproveitamento dos materiais no tratamento dos problemas gerados com o descarte de resíduos (LAYARGUES, 2002).

[..] o verdadeiro cidadão consciente e responsável não é aquele que escolhe consumir preferencialmente produtos recicláveis, ou que se engaja voluntariamente nos programas de reciclagem, mas aquele que cobra do Poder Público, por meio de processos coletivos de pressão, que o mercado ponha um fim na obsolescência planejada e na descartabilidade, e, sobretudo, que exige do Estado a implementação de políticas públicas que destruam os mecanismos perversos de concentração de renda, propiciando, assim, a possibilidade de o grupo social dos catadores e sucateiros repartir igualmente os ganhos oriundos da economia proporcionada pela reciclagem do lixo[...] (LAYARGUES, 2002, p. 20).

Diante do exposto, consideramos que o estudo dos plásticos na perspectiva da politécnica vai ao encontro de uma visão crítica da educação ambiental. A abordagem politécnica amplia a visão dos estudantes para a complexidade envolvida no uso dos materiais plásticos, pois permite a discussão dos conceitos científicos relacionados ao conteúdo de polímeros, nos processos de produção, propriedades e aplicações de medidas para redução da disposição final deste material no ambiente.

CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA

Neste capítulo é descrita a metodologia utilizada nesta pesquisa, o estudo foi do tipo qualitativo, que conforme Ludke e André (2007 p.20) “é o que se desenvolve numa situação natural, é rico em dados descritivos, tem um plano aberto e flexível e focaliza a realidade de forma complexa e contextualizada”.

Não podemos perder de vista que o objetivo geral da pesquisa é: investigar os processos de separação e reciclagem dos resíduos plásticos na perspectiva da politecnia e suas relações com a coleta seletiva e a atividade dos catadores. Seguido pelos objetivos específicos desta pesquisa: a) realizar um estudo sobre os processos de separação e reciclagem dos plásticos ; b) selecionar experimentos que contemplem propriedades físicas e químicas de polímeros envolvidos na produção e tratamento dos resíduos plásticos ; c) abordar aspectos históricos da produção de plásticos e da limpeza urbana.; d) investigar o trabalho dos catadores de materiais recicláveis.

2.1 PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS

A coleta de dados para teste da hipótese desta pesquisa foi realizada por meio de oficinas temáticas. Conforme proposto por Marcondes (2008), as oficinas temáticas têm como base a contextualização social dos conhecimentos químicos e a experimentação e, desta forma, propiciam aos alunos uma participação ativa. Isso porque elas

[...] permitem a criação de um ambiente propício para interações dialógicas entre o professor e os alunos e entre os próprios alunos. Essa maior dialogicidade é importante no processo de ensino-aprendizagem, pois os alunos manifestam suas ideias, suas dificuldades conceituais e seus entendimentos. O professor tem a oportunidade de acompanhar o desenvolvimento de seus alunos, podendo, nesse processo, redirecionar ou refazer percursos que facilitem a aprendizagem (MARCONDES, 2008, p.74).

Neste sentido, foram planejadas quatro oficinas temáticas intituladas: 1) O que é um plástico? 2) As consequências do descarte de plástico no ambiente; 3) Para onde vai o lixo plástico? 4) Os catadores de materiais recicláveis.

Considerando que o conceito de politecnia norteia a condução desta pesquisa, as oficinas foram planejadas de forma a possibilitar a assimilação teórica e prática dos princípios científicos envolvidos desde a fabricação, uso, descarte e destino final de materiais plásticos.

As oficinas têm como eixo central a realização de experimentos para iniciar uma discussão e a partir dela apresentar o conteúdo proposto. Os experimentos utilizados foram selecionados do Projeto de Extensão Integração Universidade-Escola da Universidade de Brasília. Nesse projeto, o Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química – LPEQ desenvolve experiências com materiais de fácil acesso visando a execução em sala de aula.

Foram utilizados experimentos demonstrativo-investigativos conforme roteiro proposto por Silva, Machado e Tunes (2019), p. 205-206, descrito no capítulo 1 desta dissertação. Adicionalmente aos experimentos, utilizou-se textos complementares selecionados de acordo com o objetivo de cada oficina.

A oficina 1, cujo tema foi “O que é um plástico?”, teve por objetivo introduzir o conceito de polímeros e apresentar as propriedades dos plásticos, abordando aspectos da produção e da história deste material. Foram selecionados três experimentos para serem realizados com os estudantes: i) produção de polímero termorrígido, ii) a modificação de um polímero termoplástico e iii) estudar a propriedade de um polímero termoplástico. Foram propostos dois textos complementares. Um dos textos tem por título “O que são plásticos e como são produzidos”, nele são descritas as etapas da produção industrial desse material, além de uma exposição sobre as principais matérias primas utilizadas pela indústria. Já o texto intitulado “Uma breve história do plástico” aborda aspectos históricos importantes ocorridos no desenvolvimento desses materiais.

A oficina 2 teve como tema “As consequências do descarte de plástico no ambiente”. O objetivo foi relacionar as propriedades dos plásticos com os impactos ambientais de seu descarte inadequado. O experimento selecionado foi combustão de um polímero. Foi proposta a leitura do texto complementar: “A estabilidade dos plásticos e seu descarte no meio ambiente”, que expõe as consequências para o ambiente do descarte do plástico e traz aspectos relacionados aos tipos de plásticos presente no lixo urbano.

A oficina 3 com o tema “Para onde vai o lixo plástico?” teve por metas: relacionar as propriedades dos plásticos com a atividade de reciclagem do lixo urbano, englobando também uma perspectiva crítica sobre esta atividade; abordar aspectos históricos da limpeza urbana e da reciclagem e descrever o tratamento dado ao lixo no Distrito Federal. Foram selecionados três experimentos para realizarmos em sala de aula: i) separação de plásticos por códigos, ii) separação de plásticos por densidade e iii) moldagem de um polímero termoplástico. Utilizou-se três textos complementares para esta oficina. O primeiro intitulado “A reciclagem de plásticos”, descreve as etapas da reciclagem de plástico. Já o segundo texto “A história da limpeza urbana e da reciclagem” aborda aspectos da limpeza urbana desde a antiguidade até os

dias atuais. Por fim, o terceiro texto com o título “Os resíduos sólidos do Distrito Federal” descreve a sistemática do tratamento de lixo no Distrito Federal.

Na oficina 4 nosso objetivo foi conversar sobre os trabalhadores urbano que recolhem os resíduos, mais conhecidos como catadores de materiais recicláveis. Procurou-se descrever o trabalho destes trabalhadores, abordando aspectos sociais e políticos da profissão. A atividade experimental escolhida para a última oficina foi a exibição de um vídeo sobre o trabalho dos catadores. O texto proposto tem por título “Os catadores de materiais recicláveis”, que traz aspectos históricos e as condições de trabalho desses profissionais.

Um detalhamento dos experimentos e dos textos complementares pode ser consultado na Proposta de Ação Profissional Docente, no apêndice B desta dissertação.

2.1.1 Adaptação das oficinas para o período da pandemia da COVID-19

No ano de 2020, em virtude da pandemia da COVID-19 no Brasil, o Governo do Distrito Federal editou o decreto N.º 40.583 em de 1º de abril de 2020 dispondo sobre o fechamento das escolas da rede pública¹⁸.

No período de pandemia, a Secretaria de Estado de Educação, por meio do documento, “Gestão Estratégica para a Realização das Atividades Pedagógicas Não Presenciais no Distrito Federal estabeleceu as diretrizes para atividades pedagógicas não presenciais para a Rede Pública de Ensino do Distrito Federal”¹⁹.

Neste sentido, com as restrições impostas pela pandemia durante a realização da pesquisa, esta ocorreu de forma não presencial com alunos voluntários de escolas públicas. Devido a este contexto, desenvolveu-se a coleta de dados por meio do conjunto de quatro oficinas temáticas virtuais. Neste sentido foi necessária uma adaptação das oficinas para o desenvolvimento de forma virtual. Com relação à experimentação, optou-se por gravar os experimentos e apresentar os vídeos já previamente filmados e editados. Nos experimentos em que foi possível usar materiais encontrados em casa, foi feita a filmagem da execução. Já naqueles em que havia a necessidade de materiais específicos de laboratório, em virtude do semestre letivo da Universidade de Brasília também acontecer por meio do ensino remoto, a

¹⁸ Disponível em <http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Diario/d1c9fc99-b2ad-3138-9e2ba116dd44ac66/DODF%20063%2002-04-2020%20INTEGRA.pdf>

¹⁹ Disponível em http://www.educacao.df.gov.br/wp-content/uploads/2020/05/gestao_estrategica_realizacao_atividades_pedagogicas_ao_presenciais.pdf

solução encontrada foi buscar vídeos prontos na internet e editá-los de acordo com o roteiro proposto para cada um.

Na edição dos vídeos, fez-se a opção de não se utilizar áudio nas gravações, para que a condução de cada experimento acontecesse de acordo com as necessidades da professora e dos alunos. A interpretação submicroscópica e as expressões representacionais de cada experimento foram planejadas para serem apresentadas por meio de slides produzidos em Power Point.

Os textos complementares selecionados para cada oficina foram adaptados para slides com textos e figuras produzidos igualmente em Power Point, dando condições de fazermos leituras coletivas com a turma.

Foram programados seis encontros síncronos na plataforma Google Meet de aproximadamente duas horas, entre os dias 10 e 20 de novembro de 2020, às segundas, quartas e quintas-feiras. Foi necessário dividir as oficinas 1 e 3 em dois encontros, para que o tempo gasto não extrapolasse o planejando. As oficinas foram programadas para ocorrer em turno contrário das aulas regulares dos estudantes.

Para a divulgação das oficinas foi feito um folder de apresentação, e este foi enviado aos professores de Química de 4 escolas públicas do DF. Os alunos interessados puderam se inscrever por e-mail ou por meio de um link para um grupo em aplicativo de celular *WhatsApp* criado para organizar as oficinas.

Após a divulgação, 6 alunos se inscreveram nas oficinas por meio do link de *WhatsApp*. Foi enviado e solicitado a cada um deles o preenchimento do termo de autorização dos responsáveis. O folder de apresentação e o termo de autorização estão disponíveis no apêndice A.

Esperava-se por volta de 10 a 15 alunos para a realização do trabalho. Diante do menor número de alunos, mudou-se a estratégia de coleta de dados para entrevistas individuais gravadas via *Google Meet* para a avaliação inicial e final da pesquisa.

Com o objetivo de se levantar o conhecimento prévio dos alunos a respeito dos conteúdos propostos nas oficinas foi elaborado um questionário semiestruturado (QUADRO 5).

Segundo Hoffmann, Nahirne e Strider (2017), essas concepções alternativas podem se constituir em obstáculo para o aprendizado dos conceitos científicos. Entretanto, é a partir dele que os professores têm a possibilidade de planejar sua aula fazendo as relações necessárias entre esse conhecimento prévio até a compreensão do conhecimento científico.

As perguntas foram elaboradas de acordo com o objetivo de cada oficina. O levantamento ocorreu por meio de entrevistas individuais gravadas via *Google Meet*, que

ocorreram no período de 20 a 30 de outubro de 2020. Dos seis (6) alunos inscritos, cinco (5) participaram do levantamento inicial de dados. Um aluno desistiu do projeto alegando problemas de incompatibilidade de horário para a participação.

A análise dos resultados deste levantamento está descrita no capítulo 3 desta dissertação.

Quadro 5: Perguntas para levantamento das concepções prévias

Oficina	Perguntas para levantamento de concepções prévias
1 – O que é um plástico	a) Para você, o que é um plástico? b) Quais as propriedades que fazem os plásticos serem tão presentes em nossa vida?
2 – As consequências do descarte de plástico no meio ambiente	a) O que acontece quando descartamos o plástico no meio ambiente? b) O uso dos plásticos é uma solução ou um problema na sociedade atual? Por quê ?
3 – Para onde vai o lixo plástico?	a) Para você, o que é a coleta seletiva? b) E a reciclagem? c) Qualquer plástico pode ser reciclado? Por quê? d) Você sabe o destino do lixo da sua residência?
4 – O trabalho dos catadores de material reciclável.	a) O que você sabe a respeito do trabalho dos catadores?

Para a avaliar se o objetivo proposto em cada oficina foi atendido, elaborou-se um questionário semiestruturado (Quadro 6). Algumas perguntas da avaliação foram as mesmas do questionário inicial, entretanto, para uma melhor análise, algumas perguntas foram alteradas para investigar a apropriação do conteúdo abordado pelos alunos em cada oficina.

A avaliação ocorreu por meio de entrevistas individuais gravadas. Elas ocorreram após o término das oficinas, no período de 24 a 28 de novembro de 2020. Dos cinco (5) alunos presentes nas entrevistas iniciais, quatro (4) participaram das oficinas virtuais. Uma aluna alegou problemas com a internet em casa no período de realização das oficinas.

Com menos participantes nas oficinas virtuais foi possível além de coletar respostas com o questionário de avaliação, gravar os encontros e coletar todos os diálogos dos alunos durante a execução das atividades. Desta forma, a análise de discussões realizadas pelos alunos complementou a avaliação do cumprimento do objetivo de cada uma.

Quadro 6: Perguntas realizadas aos alunos para avaliação das oficinas.

Oficina	Perguntas avaliativas
1 – O que é um plástico?	O que são plásticos? Como os plásticos são obtidos na indústria ?
2 – As consequências do descarte de plástico no meio ambiente	O que acontece quando descartamos o plástico no meio ambiente? O uso dos plásticos é uma solução ou um problema na sociedade atual? Justifique
3 – Para onde vai o lixo plástico?	Como o lixo doméstico deve ser descartado pela população? Qualquer tipo plástico pode ser reciclado na reciclagem mecânica? Por quê? A reciclagem do plástico resolve os problemas do descarte de plástico? Justifique sua resposta. Qual o tratamento é dado ao lixo doméstico no DF?
4 – O trabalho dos catadores de material reciclável	O que você sabe a respeito do trabalho dos catadores de materiais recicláveis? Como a população pode contribuir com o trabalho dos catadores de material reciclável?

2.1.2 DESCRIÇÃO DOS ENCONTROS

OFICINA 1 - PARTE 1- O QUE SÃO PLÁSTICOS?

A oficina 1 foi iniciada com uma breve discussão sobre a história do plástico. Apresentou-se a linha do tempo sobre os principais acontecimentos que culminaram na síntese dos plásticos. Foi dada ênfase ao fato de que a falta de matéria prima para abastecer a indústria, alavancou mais as pesquisas para o encontro de um material que pudesse substituir o marfim, do que a morte de milhares de elefantes na África.

Na sequência foi feita a seguinte pergunta para os alunos: como os plásticos são produzidos? E após as respostas foi proposto o vídeo com o experimento da síntese da espuma sólida. Neste experimento foi feita a síntese da espuma de poliuretano. Ao longo da execução do vídeo, os alunos foram questionados sobre o que eles estavam observando. Após as respostas dos alunos, iniciou-se a discussão sobre o fenômeno observado no experimento. Foi feito o seguinte questionamento: O que vocês acham que é a espuma sólida? Não houve respostas dos alunos, define-se então a espuma sólida como um plástico e apresenta-se o conceito de polímero e de reação de polimerização.

Apresentou-se então a interpretação submicroscópica do fenômeno observado no experimento e a retomada dos conceitos de polímeros, macromolécula e reação de polimerização. Durante a explicação, apresentou-se a expressão representacional das reações ocorridas na síntese da espuma sólida e, a partir disto, retomou-se os conceitos de reação de polimerização, algumas propriedades para responder à pergunta inicial e no final discutiu-se a classificação e a nomenclatura de polímeros.

Na sequência da oficina, os alunos foram questionados se conheciam a geleca, *slime*, também chamada comercialmente de Amoeba. Os alunos já conheciam, entretanto nenhum deles já tinha feito em casa a geleca. A pergunta inicial lançada para os alunos foi, “Por que a geleca escorre como um líquido, mas podemos segurá-la como um sólido?” Entretanto não foi respondida por eles. O vídeo com a produção da geleca a partir da cola branca e do bórax foi mostrado para os alunos. Eles foram questionados sobre o que estavam observando. Após essa discussão foi feita a interpretação submicroscópica do fenômeno observado, apresentando a estrutura do polímero presente na cola, o Poliacetato de Vinila (PVA), e, em seguida, apresentamos representação da ligação entre o PVA e o Bórax, que explica a relação da viscosidade do material a partir da união das cadeias do PVA e, no final da oficina, a pergunta inicial do experimento foi respondida.

OFICINA 1 - PARTE 2 - O QUE SÃO PLÁSTICOS?

A oficina foi iniciada com a seguinte pergunta? Por que a cola quente cola objetos? Os alunos não souberam responder. Foi passado o vídeo com o experimento com a cola quente e, ao longo da realização, os estudantes foram questionados sobre o que eles estavam observando. Após o término do vídeo foi feita a interpretação submicroscópica do fenômeno, mostrou-se a representação do polímero EVA e a reação de formação deste polímero. Na sequência, foi realizada uma abordagem dos termoplásticos e dos termorrígidos. No final das discussões, a pergunta inicial do experimento foi respondida.

Após as discussões foi lançado o seguinte questionamento para os alunos: vocês sabem como um plástico é produzido na indústria? Nenhum aluno soube responder. Foi feita então uma abordagem das etapas de produção do plástico produzido a partir do petróleo por meio de eslaides e a oficina foi finalizada.

OFICINA 2 - AS CONSEQUÊNCIAS DO DESCARTE DE PLÁSTICO NO MEIO AMBIENTE

A oficina foi iniciada com a seguinte pergunta: Por que não devemos queimar o lixo? Após as respostas dos alunos, o vídeo com experimento da queima do PVC foi apresentado aos

alunos. Neste experimento, queima-se uma amostra de PVC e observa-se que o gás liberado na queima e é coletado em um recipiente contendo uma solução de extrato de repolho roxo e há uma mudança de coloração de lilás para vermelho. Ao longo da realização do experimento, questionamos os alunos sobre o que eles estavam observando e buscávamos incentivá-los a pensar sobre como a ciência explica o fenômeno da mudança de cor da solução de repolho roxo. Apresentou-se e a expressão representacional do monômero de PVC, a reações de queima e o gás liberado. Em seguida, foi retomada a pergunta inicial do experimento, retomando a abordagem das consequências da queima do plástico. Após as respostas dos alunos foi apresentado outras consequências do descarte de plástico no ambiente por meio dos eslaides.

OFICINA 3 - PARTE 1 - LIXO PLÁSTICO: PARA ONDE VAI?

No início dos trabalhos foram retomados os principais pontos discutidos nas oficinas 1 e 2. Na sequência foi, fizemos a seguinte pergunta para os alunos: A limpeza urbana é uma atividade recente? Após as discussões, foi realizada uma abordagem histórica da limpeza urbana desde a antiguidade até os dias atuais, falando também sobre a questão da reciclagem e o caso específico do lixo plástico, dado o tema da oficina.

Após a abordagem foi o seguinte questionamento para os alunos: Como reciclar o lixo plástico? Em seguida iniciou-se o experimento da identificação de plásticos por código, para esse experimento, foi pedido previamente aos alunos que separassem cinco (5) embalagens plásticas diversas de suas casas e separassem pelo código. Após a apresentação dos resultados de todos, lançou se a seguinte pergunta: Esses códigos irão influenciar na reciclagem? A reciclagem tem relação com esses códigos? Após essa fala, foi feito uma abordagem sobre os tipos de plásticos mais encontrados no lixo urbano e a utilização dos códigos nesses tipos. A pergunta inicial foi respondida. A partir desta discussão, foram apresentados os conceitos de coleta seletiva e reciclagem. Foi feita a relação com os códigos das embalagens analisadas com o tipo de polímero e a explicação do código 7 (outros plásticos). Abordou-se também a diferença entre polímeros termorrígidos e termoplásticos e como isso influencia no processo de reciclagem e a descrição das etapas da reciclagem de plástico, desde a separação até a transformação no produto final.

Neste momento, enfatizamos a diferença entre a reciclagem e a coleta seletiva. Além disso foi destacada que a reciclagem é uma atividade industrial, que ela sozinha não resolve o problema do lixo plástico, pois além da difícil separação, está sujeita as variações econômicas inerentes a atividade, como preço do produto reciclado no mercado, além de também consumir recursos naturais como água e energia.

Para as embalagens sem código, foi mostrado o vídeo do experimento da separação de plásticos pela densidade. Neste experimento, quatro (4) tipos de plásticos diferentes são colocados em três 3 tipos de líquido (água, álcool hidratado e água com sal). Ao longo do vídeo, os alunos foram questionados sobre o que eles estavam observando. Após as observações foi feita a interpretação submicroscópica do experimento, relacionando a densidade com cada tipo de polímero presente em cada objeto. Foi mostrado para os alunos a tabela completa da densidade dos plásticos com código de 1 a 6, relacionou-se a possibilidade de separação a partir da densidade. Entretanto, foi enfatizado para os alunos que no Brasil, toda a separação é feita baseada em aspectos visuais, os plásticos são separados por tipo de embalagem, feita manualmente por pessoas que associam o tipo de embalagem com o tipo de plástico.

OFICINA 3 - PARTE 2 - LIXO PLASTICO: PARA ONDE VAI?

A oficina 3 foi iniciada com uma retomada da abordagem da reciclagem. A diferença entre coleta seletiva e reutilização e a importância de se entender a reciclagem como uma das ferramentas de gestão de resíduos sólidos e não como a solução dos problemas associados ao descarte de plástico no ambiente. Retoma-se também a questão do plástico termorrígido e do termoplástico e a reciclagem mecânica. E a necessidade de separação por tipos de plásticos, uma etapa previa e complexa da reciclagem. Após a retomada iniciamos a parte 2 da oficina com a pergunta: Separei e agora? Como reciclar os tipos de plásticos?

Após a discussão foi iniciado o vídeo do experimento – reciclagem de plástico. O experimento mostrou como transformar algumas sacolas plásticas em um outro objeto a partir do aquecimento do plástico da sacola com um ferro de passar roupas, usando papel manteiga para não grudar o plástico no ferro. Ao longo da apresentação do vídeo, os alunos foram questionados sobre o que eles estavam observando. Em seguida, foi feita a interpretação submicroscópica do experimento. Foi realizada a explicação do que ocorreu com o plástico da sacola, fazendo a relação com a reciclagem mecânica dos polímeros termoplásticos. A pergunta inicial foi respondida.

Em seguida, os alunos foram questionados de como isso seria feito em uma indústria da reciclagem. Como esse processo ocorre com o plástico descartado? Alguém sabe algo sobre esse processo? Foi feita também uma retomada com os alunos sobre a questão das etapas que o petróleo passa até se transformar em plástico para que os alunos pudessem tentar descrever as etapas. Após a discussão, foi feita a exposição das cadeias de reciclagem do plástico desde a concepção da embalagem, passando pelo descarte, separação, reciclagem e transformação em

produto final. Foi enfatizado com os alunos que o processo de reciclagem não é simples, tem várias etapas e algumas mais complexas como a separação dos tipos de plásticos. Também abordamos a influência da separação no preço final do produto e, por consequência, na viabilidade do processo de reciclagem.

Após a discussão, foi feito o seguinte questionamento para os alunos, se reciclar posso consumir o que eu quiser? Posso gerar lixo ? Foi realizado um fechamento com os alunos de que não basta reciclar, mas principalmente reduzir e reutilizar e não apenas em um comportamento individual, mas faz-se necessária uma mudança coletiva, de políticas públicas no sentido de estimular a população na mudança de hábitos. Isso serve igualmente para as indústrias que precisam produzir embalagens mais propícias para reciclagem.

A oficina foi finalizada com descrição do funcionamento da coleta de lixo no DF.

OFICINA 4 - OS CATADORES DE MATERIAL RECICLADO

No início das atividades desta última oficina, retomamos os principais pontos discutidos nas oficinas 1, 2 e 3. Após a retomada, foi apresentado aos alunos um vídeo a respeito dos catadores de material reciclado. O vídeo teve como base os catadores de Brasília antes e depois do fechamento do lixão da estrutural. O vídeo foi dividido em 3 partes. Na medida em que a exibição ocorria, paramos em cada parte e fazíamos perguntas para os alunos.

Na primeira parte do vídeo foi mostrado o dia a dia dos trabalhadores do lixão da estrutural. Nesta parte, as intervenções e perguntas foram relacionadas ao trabalho dos catadores naquelas condições e como eles são vistos na sociedade.

Na sequência, foi exibida a parte 2 do vídeo, onde é retratado as condições de trabalho em um galpão de triagem de resíduos após o fechamento do lixão da estrutural. A discussão girou em torno das diferenças nas condições de trabalho nos dois locais.

Em seguida, foi exibida a parte 3 do vídeo, sobre um trecho de uma audiência pública com representantes de catadores em 2019 sobre condições de trabalho, contrato em galpões para mais cooperativas e melhor qualidade da separação. A discussão foi pautada na nossa responsabilidade com o trabalho dos catadores.

No próximo capítulo será feita a análise e discussão dos resultados encontrados nas quatro oficinas.

CAPÍTULO 3 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

As repostas dos questionários do levantamento das concepções prévias e de avaliação das oficinas foram classificadas como satisfatórias, parcialmente satisfatórias e insatisfatórias. O critério de classificação foi a utilização correta dos conceitos científicos relacionados aos plásticos, sua produção e descarte (respostas satisfatórias); a utilização parcial destes conceitos (respostas parcialmente satisfatórias) e a não utilização dos conceitos (respostas insatisfatórias). A análise das concepções prévias direcionou a condução das oficinas, já a análise da avaliação procurou verificar se o objetivo proposto para cada oficina foi cumprido.

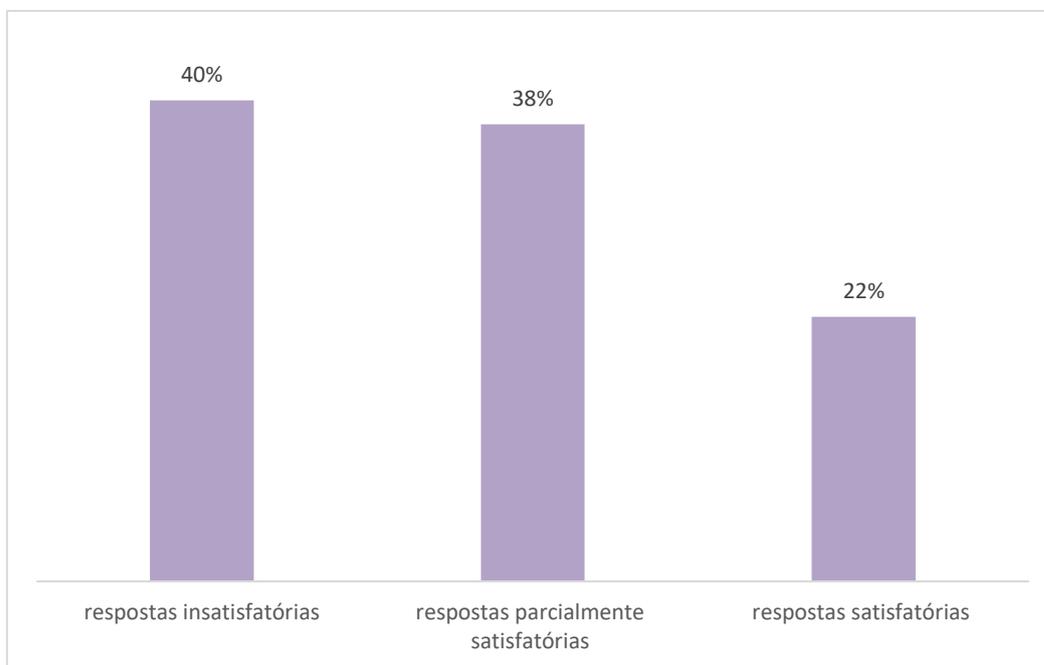
3.1 ANÁLISE DO LEVANTAMENTO DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS

A partir das perguntas do questionário de levantamento de concepções prévias, foram analisadas quarenta e cinco (45) respostas. Os resultados estão descritos no quadro 7.

Quadro 7: Classificação das respostas dos estudantes participantes da pesquisa antes da realização das oficinas.

Oficina	Quantidade de respostas	Respostas Insatisfatórias	Parcialmente Satisfatórias	Satisfatórias
Oficina 1	10	7	2	1
Oficina 2	10	-	5	5
Oficina 3	20	10	7	3
Oficina 4	5	1	3	1
Total	45	18	17	10

Observou-se que apenas 22% das respostas foram consideradas satisfatórias (FIGURA 17). Para Leão e Khalil (2015), os conhecimentos que os alunos detêm sobre os fenômenos naturais muitas vezes não estão de acordo com os conceitos científicos. É importante, então, que o professor faça estratégias para que essas dificuldades sejam minimizadas, planejando atividades de aprendizagem de forma a se estabelecer relações entre o conhecimento científico e as concepções prévias dos alunos. Neste sentido, a partir das análises das respostas traçou-se o direcionamento de cada oficina.

Figura 17: Análise das respostas do questionário inicial.

Fonte: Autores

A análise da oficina 1 mostrou a necessidade de se discutir os conceitos químicos relacionados aos polímeros e suas propriedades. Na primeira pergunta “para você o que é um plástico? Apenas um aluno citou espontaneamente que “o plástico era feito de polímero” (resposta satisfatória), sem dar mais detalhes; já outro aluno definiu plástico como “a junção de compostos orgânicos, que formam um material que seja bastante resistente” (resposta insatisfatória). Os outros alunos entrevistados também definiram plástico como um material, mas para eles a definição de material é utilitária ou de qualquer coisa. O plástico pode ser considerado um material. Entretanto, Silva *et al.* (1986) definem material como a porção de matéria contendo duas ou mais substâncias. Esse conceito relacionado a natureza da matéria não foi encontrado nas respostas dos alunos.

Aluna 4: Plástico é um material que é muito utilizado no nosso dia a dia.

Aluna 5: Plástico é um tipo de material que a gente usa para várias coisas.

Aluna 1: Para você o que é o plástico? Um plástico para mim é um material.

Pesquisadora: E o que é um material?

Aluna 1: Ixi não sei.

Na pergunta 2, “Quais as propriedades que fazem os plásticos serem tão presentes em nossa vida?” As respostas dadas pelos alunos tiveram relação com a utilidade do plástico. Em duas respostas foi citado a durabilidade (respostas parcialmente satisfatórias).

Aluno 2: Eu acho que é por essa facilidade de material, que pode ser refinado, que pode ser trabalhado. Eu acho que a indústria captou isso e transformou em produtos que podem ser fabricados em larga escala e que acabam atraindo o consumidor talvez por sua rigidez, talvez por sua qualidade, e que seja utilizado por bastante coisas. Ele tem uma utilização bem extensa.

Aluna 5: Ele resiste bastante ao passar do tempo, calor, essas coisas.

Para a oficina 2 conclui-se que deveria ser dado um enfoque maior na questão da decomposição e em outros problemas associados ao uso dos plásticos, como o caso do microplásticos.

Na pergunta “O que acontece quando descartamos o plástico no meio ambiente?” a maioria dos alunos citou que o plástico demora a se decompor no meio ambiente, prejudicando o solo e os animais. Mas apenas dois alunos demonstraram entender o que seria essa degradação (respostas satisfatórias).

Aluna 1: Como ele não dissolve totalmente, ele é um material que, como eu posso dizer, o que seu sei é que ele danifica o meio ambiente. Por exemplo quando o plástico é jogado no mar, isso afeta os peixes. Além da natureza também que acaba poluindo.

Pesquisadora: No início você disse que o plástico não se dissolve facilmente, como que você acha que acontece isso?

Aluna 1 Eu não sei explicar.

Aluna 5: Fica lá. Demora demais para acabar, se decompor, a natureza destruir.

Já na pergunta “O uso dos plásticos é uma solução ou um problema na sociedade atual? Justifique” dois alunos disseram que o plástico é apenas um problema. Os outros alunos citaram que o plástico é um material importante na nossa sociedade, mas a questão está no descarte inadequado (respostas satisfatórias).

Já a oficina 3, a partir da análise das respostas, concluiu-se que as abordagens previstas no planejamento seriam consideradas na execução da oficina. Das 20 respostas levantadas, apenas 3 foram consideradas satisfatórias. Na primeira pergunta “Para você, o que é a coleta seletiva e a reciclagem?” os alunos compreendem parcialmente o conceito de coleta seletiva, e em relação a reciclagem metade confunde a reciclagem com a reutilização.

Aluna 3: A reciclagem gente dá uma nova utilidade para esse material reciclado.

Pesquisadora: E de que forma a gente pode dar esse novo uso?

Aluna 3: Seja pegando uma garrafa pet e colocando areia, fazer um jarro para uma planta, ou até mesmo fazendo de lixeira, ou fazendo telha com garrafa pet, fazendo cercado para cultivar horta, isso.

As respostas para a pergunta “Qualquer plástico pode ser reciclado? Por quê?” foram todas consideradas insatisfatórias. Essa pergunta está associada ao pouco entendimento dos alunos no que é um polímero, suas propriedades e características, corroborando com as respostas insatisfatórias para a oficina 1.

No questionamento sobre o destino do lixo da sua residência, nenhum aluno soube o caminho correto do lixo recolhido em sua residência. E apenas 1 aluno comentou sobre o fechamento do lixão de Brasília, fechado em 2019.

Aluna 3: Ele vai para o lixão, para o local de depósito.

Aluno 2: Pelo que eu aprendi na escola com a separação de lixo, que pega e vai para o aterro sanitário, ou vai para um lixão, como tinha aqui na estrutural. Depois disso que não sei o que ocorre, eu só sei que ele vai para um determinado local.

Segundo a SLU (2020), em Brasília, a coleta é dividida entre coleta convencional e seletiva, a coleta seletiva vai para os galpões de triagem e a coleta convencional vai para o aterro sanitário.

Concluiu-se com a análise das respostas da oficina 4 que os aspectos políticos e sociais relativos às atividades destes trabalhadores deveriam ter maior enfoque. Na pergunta “O que você sabe a respeito do trabalho dos catadores?” apenas um aluno citou o trabalho dos catadores como uma profissão arriscada (resposta satisfatória), mas importante devido a necessidade do cuidado com o lixo. Os outros alunos apenas relacionaram o trabalho de catadores a separação de coleta de lixo (respostas parcialmente satisfatórias). Já um aluno não soube responder (resposta insatisfatória).

Aluna 1: Eu acho que além de catar o lixo da residência, eles devem ajudar a separar porque acho que fica tudo junto.

Aluno 2: Eu sei que eles têm uma profissão bastante arriscada, por conta de lidar com materiais que podem ser tóxicos a eles, e acho que é uma profissão bastante necessária, por conta de ter a necessidade de ter que se cuidar deste material.

Aluna 3: Eles trabalham catando coisas recicláveis, seja papelão, plástico, latinha.

3.2 AVALIAÇÃO DAS OFICINAS

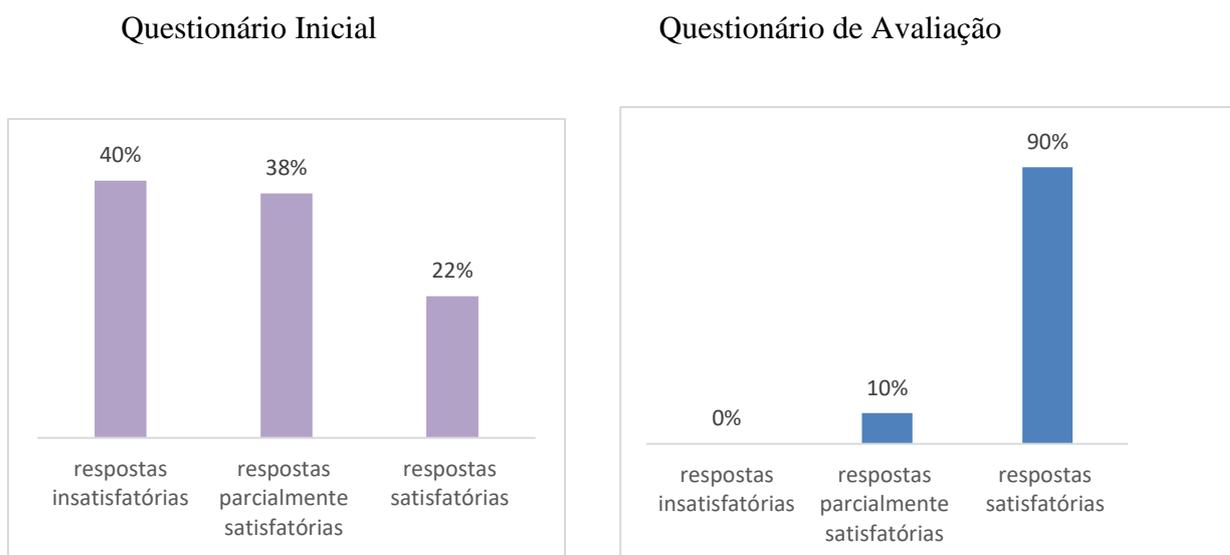
A partir das perguntas do questionário de avaliação das oficinas, foram analisadas e classificadas quarenta (40) respostas. Os resultados encontrados estão descritos no quadro 8 .

Quadro 8: Classificação das respostas dos alunos após a realização das oficinas.

Oficina	Quantidade de respostas	Respostas Insatisfatórias	Parcialmente Satisfatórias	Satisfatórias
Oficina 1	8	-	-	8
Oficina 2	8	-	-	8
Oficina 3	16	-	4	12
Oficina 4	8	-	-	8
Total	40	-	4	36

No geral, observou-se na análise das respostas que os objetivos previstos nas oficinas foram alcançados. No questionário inicial 22% das respostas foram consideradas satisfatórias (FIGURA 18), já no questionário de avaliação final esse percentual mudou para 90%. Não foram encontradas repostas insatisfatórias.

Figura 18: Avaliação das oficinas



Fonte: Autores

Para avaliar se os objetivos propostos para a oficina 1, esperava-se como respostas satisfatórias aquelas em que os alunos definissem os plásticos como moléculas, obtidos pela reação de polimerização. Com a relação à produção industrial, almejávamos que os alunos entendessem que a matéria prima mais utilizada na produção de plástico era o petróleo, mais para transformá-lo são necessárias algumas etapas.

Na análise das respostas para a pergunta “O que são plásticos?” todos os alunos em suas respostas definiram que os plásticos são polímeros, obtidos por uma reação de polimerização.

A partir de trechos das discussões da oficina 1 é possível observar que houve incorporação de conhecimentos científicos pelos alunos. Isso pode ser evidenciado nas falas relativas ao que seja para eles um polímero.

Trecho 1 , discussão sobre os polímeros sintéticos e a sua nomenclatura

Pesquisadora: O nome polímero vem de monômero, foi isso que você disse?

Aluno 3: Sim, já que são macromoléculas, as pequenas partes que juntam, acho que é o monômero.

Aluna 1: Poli é pela grande quantidade de átomos e por exemplo poliamida, é por causa da função química que tem na estrutura, na cadeia.

Aluna 3: Ah então, o etileno é o mero que se repete n vezes.

Trecho 2, discussão sobre o experimento da cola quente, após o término do vídeo foi feita a interpretação submicroscópica do fenômeno, mostrou-se o polímero EVA e a reação de formação deste polímero.

Pesquisadora: Como esse polímero é formado?

Aluna 1: Na reação de polimerização.

Foi feita a abordagem de algumas propriedades dos tipos mais comuns de plásticos e a pergunta inicial foi repetida.

Pesquisadora: Por que a cola quente, cola objetos?

Aluna 1: Por causa da propriedade adesiva.

Após o término da interpretação submicroscópica, a professora retoma as discussões.

Pesquisadora: Será que todo plástico, ao ser aquecido, pode se fundir, e ao se resfriar retorna à situação inicial antes do aquecimento?

Aluna 1: Eu acho que não.

Aluno 3: Eu acho que sim, mas creio que exista plásticos mais resistentes, necessitando de maior temperatura.

Aluna 4: Eu acredito que todos derretam, mas um com mais dificuldades e outros com menos?

Trecho 3, discussão após explicação dos polímeros termorrígidos e termoplásticos:

Pesquisadora: Analisando a estrutura do polímero termoplástico (cadeias lineares e ramificadas) e do termorrígido (cadeias com ligações cruzadas), alguém poderia explicar por que o termoplástico pode ser aquecido e moldado novamente e o termorrígido não?

Aluna 1: Eu acho que é porque como são cadeias livres, são mais fáceis de se mover, de se romper e as ligações cruzadas eu acho que não pois são rígidas.

Na análise das respostas da pergunta “Como os plásticos são obtidos na indústria?” observou-se que mesmo não tendo memorizado todas as etapas, ficou claro para os alunos que a produção industrial de plástico requer uma sequência de passos. Consideramos assim todas as respostas satisfatórias.

Pesquisadora: Como os plásticos são obtidos na indústria?

Aluno 2: Na indústria tem várias etapas, o petróleo para pôr um refinamento, por várias etapas até se obter o material final.

Aluno 4: Primeiro extrai o petróleo, faz a nafta e aí vai começar o processo.

No final da oficina foi feita a seguinte pergunta por uma aluna “Professora, a parafina é um plástico?” Concluímos que a aluna foi capaz de generalizar os conceitos apresentados ao questionar se o fato do comportamento da parafina era semelhante ao do plástico após os experimentos e as discussões feitas na oficina. Essa pergunta, apesar de não ter relação ao tema da oficina, mostrou que a aluna conseguiu compreender a natureza do polímero termoplástico. Acreditamos que o experimento realizado na oficina auxiliou neste entendimento, já que mostrava o derretimento e a solidificação da cola quente. Segundo Silva, Machado e Tunes (2019), a experimentação quando usada com um caráter investigativo permite a possibilidade de generalização e de previsão de uma teoria.

Para avaliar os objetivos da oficina 2, esperava-se como respostas satisfatórias que os alunos compreendessem que o plástico é muito resistente à degradação natural, permanecendo centenas de anos no meio ambiente. Mas que apesar dos problemas associados ao seu uso, ele é um material importante em nossa sociedade.

Na análise das respostas para a pergunta “O que acontece quando descartamos o plástico no meio ambiente?” todos os alunos citaram os problemas causados ao meio ambiente, aos animais e aos humanos, citando inclusive os microplásticos. Apenas um aluno não se referiu diretamente em suas respostas à questão da degradação do plástico, mas citou o problema

causado nos lixões pela presença do plástico dificultar a degradação dos materiais orgânicos. Assim, consideramos todas as repostas satisfatórias.

Evidenciou-se uma mudança nas respostas, pois nas discussões da oficina antes da interpretação submicroscópica os alunos não sabiam explicar com conceitos científicos o que estavam observando, conforme descritos nos trechos a seguir:

Pesquisadora: Qual os outros problemas associados ao descarte de plástico além da queima, que gera gases tóxicos?

Aluna 4: Eles vão para lugares não apropriados. Um papel de balinha por exemplo, com a chuva vai para mares e rios e os animais daquele ambiente podem ingerir e se intoxicar.

Professora: E por que um papel de balinha descartado aqui em Brasília é capaz de chegar até no oceano?

Aluna 1: Por causa das chuvas? Dos ventos? Não sei.

Professora: Se eu descarto um papel na rua ele chega até o mar?

Aluna 1: Não, ele derrete, desmancha, não sei explicar bem.

Professora: E por que isso não acontece com o plástico?

Aluna 1: É por causa das propriedades dele?

Já nas respostas finais, os alunos incorporaram os conhecimentos científicos apresentados nas oficinas durante nas discussões conforme os trechos a seguir:

Pesquisadora: O que acontece quando descartamos o plástico no meio ambiente?

Aluna 1: Ele não se degrada facilmente, não reage com a água e com os microrganismos que ficam na superfície da terra.

Aluno 2: A queima pode agravar o efeito estufa, além disso nos lixões ele atrapalha as reações dos outros materiais biodegradáveis.

Aluna 3: Tem o descarte no mar em que vários animais ingerem e na terra que demora anos para se decompor para ser decompor devido as cadeias.

Aluna 4: Tem também as sacolas oxibiodegradáveis, que não se decompõem, só ficam menores.

Já na análise das respostas “O uso dos plásticos é uma solução ou um problema na sociedade atual? Justifique” todas foram consideradas satisfatórias. Não houve uma grande mudança de padrão nas respostas. Na entrevista prévia apenas um aluno havia dito que o plástico era apenas um problema, entretanto na entrevista final a aluna demonstra que incorporou aprendizados das oficinas citando a questão da diminuição do consumo.

Aluna 3: A gente tem que pensar em diminuir, ele está em tudo que a gente vê hoje, isso traz facilidade para o nosso dia a dia, mas ele pode ser ruim, depende da gente.

Na análise dos objetivos da oficina 3 era esperado como respostas satisfatórias que os alunos compreendessem o problema do plástico descartado no lixo doméstico, as alternativas de tratamento, qual tratamento é dado ao lixo doméstico no Distrito Federal e que começassem a desenvolver um senso crítico sobre o consumo e a reciclagem.

As perguntas desta oficina foram diferentes das do levantamento prévio para uma melhor avaliação dos objetivos.

Na análise da pergunta “Como o lixo doméstico deve ser descartado pela população?” todos os alunos responderam que o lixo deveria ser descartado separado visando a reciclagem. E na pergunta “Qual o tratamento é dado ao lixo doméstico no DF?” as respostas mostraram uma melhora na compreensão dos estudantes com relação ao tratamento de lixo no Distrito Federal e o descarte do lixo doméstico. Nas perguntas prévias os alunos tinham a noção de coleta seletiva e reciclagem, mas não relacionam esses conceitos com o descarte do seu próprio lixo e não souberam responder para onde ia o lixo após a coleta em casa.

Para Eigenheer (2010) “é reconhecida a importância da participação da população para o bom funcionamento dos sistemas municipais de limpeza urbana p. 1 ”, desde o correto acondicionamento do lixo doméstico, passando coleta seletiva e reciclagem, até a na avaliação crítica dos serviços prestados.

Na análise das respostas sobre a reciclagem de plásticos, a pergunta “Qualquer tipo plástico pode ser reciclado na reciclagem mecânica? Por quê?” foram citadas a diferença entre os termorrígidos e os termoplásticos e o código de plástico 7, que não pode ser reciclado . Com relação as perguntas prévias houve uma melhora na compreensão e a incorporação de conceitos científicos corretos nas respostas.

Trechos de respostas da pergunta: Qualquer tipo plástico pode ser reciclado na reciclagem mecânica? Por quê? Antes das oficinas:

Aluno 2: Eu acho que não. Por conta de eu perceber que tem materiais que são mais rígidos que alguns outros, eu acho que isso pode ser só o senso comum, mas eu acho que são mais voláteis, que são menos densos podem ser reutilizados.

Aluna 4: Eu acho que todos não porque dependente muito da textura dele. E muitas vezes ele não é compatível para reciclagem.

Trechos de respostas da pergunta: Qualquer tipo plástico pode ser reciclado na reciclagem mecânica? Por quê? Após das oficinas:

Aluno 2: Não, os outros plásticos com código 7 não podem. Os de 1 a 6 podem ser reciclados.

Aluna 4: Não, porque o termorrígido, não chega a derreter, ele só queima, então depois que ele passa pelo processo que solidifica, ele não volta a reformar de novo a transformação. Agora os termoplásticos sim, ele pode solidificar, mas depois ele chega a derreter e você pode modificar ele novamente.

Quanto à uma postura crítica em relação a reciclagem do plástico, na pergunta “A reciclagem resolve os problemas do descarte de plástico? Justifique sua resposta” a análise das respostas mostrou que os alunos compreendem que não basta reciclar, é preciso diminuir o consumo de materiais plásticos.

Essas respostas estão de acordo com as discussões realizadas durante as oficinas, conforme os trechos a seguir:

Pesquisadora: se reciclar eu posso consumir o que eu quiser ? Posso gerar lixo ?

Aluna 3: Não, por que de qualquer forma vai ser produzido lixo, por exemplo aquele que tem escrito outros eu não vou conseguir ter um bom proveito dele.

Aluna 4: Eu concordo. E também tem o código 7. Nem tudo que a gente compra a gente consegue reciclar. E aí a gente acaba prejudicando.

Aluna 1: Eu também concordo, mas eu também lembrei que para gente reciclar, nos processos tem a lavagem, que gasta água.

Aluno 2: Como você tinha dito antes, se uma pessoa tiver um pensamento assim, como aqui em Brasília em 3 milhões de pessoas, isso lá na frente vai trazer consequências gravíssimas, eu acho bom que cada um tenha consciência que aquele material pode produzir determinado tipo de risco ao meio ambiente e eu tenho que utilizar da melhor forma possível.

Essas respostas corroboram com Lima (2015), para esse autor é “imprescindível problematizar os aspectos complexos e contraditórios que compõem o problema do lixo e que envolvem questões como a possibilidade de redução da geração de resíduos sólidos”. Ademais, para Layargues (2018) uma visão crítica do processo de reciclagem mostra que o estilo de vida que origina um excesso de resíduos a partir da acumulação de bens promove descobertas sob “outras formas de ser e estar no mundo”(p.16).

Nesse sentido, observou-se que a abordagem politécnica se aproximou das premissas da educação ambiental crítica conforme discutido no capítulo 1, seção 4,5 desta dissertação.

Na oficina 4 era esperado como respostas satisfatórias que os alunos compreendessem o trabalho dos catadores de material reciclado, o levantamento prévio mostrou que os alunos tinham pouco entendimento sobre aspectos políticos e sociais desta atividade. Após a análise das respostas para a pergunta: O que você sabe a respeito do trabalho dos catadores de materiais recicláveis? Observou de uma melhor compreensão sobre o trabalho. Os alunos

compreenderam que é uma profissão desvalorizada por estar associadas ao trabalho com restos, conforme os trechos a seguir:

Aluna 1: É um trabalho desvalorizado, mas é importante e fundamental para a sociedade porque além de colaborar com a ambiente ele ajudam nos processos da reciclagem.

Aluno 2: A profissão de catadores é associada aos lixões, eles têm uma profissão arriscada e insalubre, eles não são bem remunerados, e muitos vivem em uma condição sub-humana. É uma profissão malvista pela sociedade.

Aluna 3: Eu acho que é um trabalho digno que não deveria ser visto como algo inferior, tem pessoas que fazem o que a gente não faz, as pessoas simplesmente jogam e acham que não é mais problema. As condições também deveriam melhorar,

Aluna 4: Eles auxiliam muito para o meio ambiente, para a melhoria do meio ambiente, e que são eles que separam nosso lixo já que vai tudo junto. E que eles não são valorizados pela sociedade.

As respostas estão de acordo com as discussões feitas durante a oficina conforme os trechos a seguir:

Pesquisadora: O que a sociedade pensa das pessoas que trabalham com o lixo? É uma profissão normal?

Aluno 2: A gente pensa que tá distante da gente. Que não vai atingir a nós. Mas em Brasília na estrutural, que nem é tão longe assim, tem isso. Muitas vezes a gente tenta segregar essas pessoas. Deixa-as do lado de fora. O rapaz ficou 28 anos no lixão, eu pensava que não ficava tanto, mas faz parte da vida dele isso.

Aluna 1: A gente trata o lixo como um resto que a gente não quer, e aí é como se eles também fossem um resto. Eles são excluídos.

Aluna 4: A sociedade não observa que aquelas pessoas têm sentimento. É que nem a parte do vídeo que a moça falou que porque tem que jogar no lixo, porque as pessoas não fazem uma doação.

Já na pergunta “Como a sociedade pode contribuir com o trabalho dos catadores?” a análise mostrou que os alunos entendem que o catador faz parte da cadeia do tratamento do lixo doméstico e a sociedade tem responsabilidade. Em todas as respostas foram citadas a questão da separação como melhoria para a reciclagem e para as condições de trabalho destes profissionais.

Para Ferreira et al. (2016), a sociedade, universidade e governantes precisam manter um diálogo para que sejam sanadas as dificuldades enfrentadas pelas comunidades de catadores de materiais recicláveis.

Há grande necessidade de se discutir os determinantes sociais que influenciam esta parcela da população, para que se estabeleçam políticas mais específicas, equânimes e humanizadas, que promovam a justiça social e minimizem os

efeitos das iniquidades e a exclusões sociais sofridas por estes indivíduos(p.154.

A partir destas análises confirmamos nossa hipótese de que o estudo de propriedades dos polímeros plásticos na perspectiva da politécnica contribuiu para maior compreensão dos participantes sobre a necessidade da redução e dos processos de separação do lixo gerado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem politécnica visando à formação integral dos estudantes proporcionou a incorporação de conceitos científicos relacionados ao conteúdo de polímeros e uma postura mais crítica por parte dos alunos em relação ao uso deste material. As respostas prévias mostraram que todos entendiam que o plástico é um problema em nossa sociedade, mas não conseguiam relacionar esse problema com os conceitos científicos aprendidos na escola. Ademais, a abordagem politécnica permitiu aos alunos o entendimento que esses conceitos científicos fossem associados aos processos produtivos presentes nas atividades relacionadas a cadeia dos plásticos, como a fabricação e reciclagem. Além de trazer questões sociais para as aulas de ciências contribuindo na melhora do entendimento do trabalho dos catadores e nas questões de consumo.

Em relação à pesquisa se desenvolver no contexto do ensino remoto, a análise dos resultados mostrou que a condução das oficinas por meio do ensino mediado por tecnologias não causou um prejuízo em relação aos objetivos propostos na pesquisa. Apesar do número de participantes nas oficinas ter sido baixo, isso propiciou um maior envolvimento entre os alunos e a pesquisadora. Desta forma, foi possível realizar entrevistas individuais para a avaliação inicial e final, além de gravação e transcrição de todas as atividades realizadas nas oficinas. Essas estratégias seriam mais difíceis de serem usadas considerando-se uma turma completa em uma sala regular.

Vale ressaltar que, segundo os professores responsáveis por divulgar as oficinas nas escolas, a adesão dos alunos nas aulas online regulares também era muito baixa. Muitos alunos apenas participavam de atividades enviadas pela plataforma da Secretaria de Educação. Após o período da pesquisa, fui nomeada professora de Química na SEEDF, lecionei em umas das escolas onde divulguei o projeto e pude constatar a baixa adesão dos alunos nas aulas online.

Com relação aos experimentos executados por meio de vídeos, a análise das discussões não mostrou um grande prejuízo na condução da observação macroscópica, os alunos conseguiram entender os fenômenos apresentados em todos os experimentos.

Concluiu-se que executar o vídeo sem áudio no momento da oficina e discutir o fenômeno com os alunos no momento da execução foi uma estratégia de grande contribuição para a pesquisa. Desta forma, foi possível conduzir a discussão a partir do que os alunos

relatavam sobre suas observações. Outro ponto de destaque, é que a partir do experimento gravado, é possível retomar a visualização do fenômeno em outros momentos da aula, como por exemplo, durante a explicação submicroscópica.

Neste sentido, observamos que os experimentos gravados contribuíram para a execução desta pesquisa mesmo no contexto da pandemia. Entretanto, entendemos que o uso de experimentos neste formato são para situações em que não é possível realizá-los a partir do uso de materiais e reagentes.

Com relação ao tempo gasto nas oficinas, é possível afirmar que as quatro oficinas não são possíveis de serem realizadas na sequência das aulas regulares; no entanto, cada oficina isolada ou até mesmo um experimento é capaz contribuir na contextualização do conteúdo de polímeros. Cabe, portanto, uma escolha por parte de cada professor com base na realidade de sua escola.

Quanto a atividades extracurriculares, como mostras científicas e feiras de ciências, as oficinas têm grande potencial para contribuir em despertar o senso crítico dos alunos sobre os problemas dos plásticos além de uma maior significação dos conceitos científicos apresentados nas aulas regulares.

No caso específico do Distrito Federal que está para implantar o Novo Ensino Médio em 2022²⁰, com base nas orientações da LDB, a análise das oficinas mostrou um grande potencial para ser implementada na escola como um projeto para o Itinerário Formativo de Ciências da Natureza.

Os Itinerários Formativos têm como princípio a flexibilização curricular e são orientados para o aprofundamento, a ampliação das aprendizagens nas áreas do conhecimento e na Educação Técnica e Profissional. [...] Devem, ainda, promover estratégias pedagógicas diversificadas, dentre elas, projetos, oficinas, núcleos de estudo, unidades de acompanhamento, entre outras situações de trabalho, [...] de modo a aprofundar, ampliar e/ou acompanhar as aprendizagens em uma ou mais Áreas de Conhecimento e/ou na Formação Técnica e Profissional (DISTRITO FEDERAL, 2021 p.115).

Por fim, após a finalização deste trabalho e assim que o retorno seguro das aulas presenciais acontecer me proponho a planejar a realização das quatro oficinas descritas nesta pesquisa de forma presencial.

²⁰ Disponível em <http://www.educacao.df.gov.br/novo-ensino-medio/>

REFERÊNCIAS

ABIPLAST. Associação Brasileira da Indústria do Plástico. **Perfil 2019**. São Paulo, 2020. Disponível em <http://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil2019>. Acesso em: 02 abr. 2020.

ADEODATO, S (org.). **Reciclagem, ontem, hoje, sempre**. São Paulo: CEMPRE, 2008.

ANCAT. Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis. **Anuário da Reciclagem**, São Paulo, 2019. Disponível em <https://ancat.org.br/wp-content/uploads/2019/09/Anua%CC%81rio-da-Reciclagem.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2020.

ALBUQUERQUE, A. C. A. Um estudo da inserção dos catadores na política nacional de resíduos sólidos: uma forma de conscientizar e educar. *In*: EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: perspectivas e desafios para a gestão integrada**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2014. p. 44-47. Disponível em: <http://www.editora.ufrpe.br/node/61> Acesso em: 4 abr. 2020

BELTRAN, M.H.R; SAITO, F.; TRINDADE, L.S.P.T. **História da Ciência para formação de professores**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. 128p.

BORTOLI, M A. Catadores de materiais recicláveis: a construção de novos sujeitos políticos. **Revista katálysis**, Florianópolis, v. 12, n. 1, p. 105-114, junho, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/katalysis/article/view/10697/10201>. Acesso em 04 abr. 2020.

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010** - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2010]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em 04 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular. Educação é a Base**. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 5 fev. 2020.

BRITO, G.F.; AGRAWAL, P. ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista eletrônica de materiais e Processos**, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011. Disponível em: http://www2.ufcg.edu.br/revista_remap/index.php/REMAP/article/download/222/204. Acesso em: 5 abr. 2020.

BROGNOLI, R. Dossiê técnico: Desenvolvimento da qualidade na reciclagem de plásticos. Rio Grande do Sul, **Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial**, 2006. Disponível em http://www.respostatecnica.org.br/dossie_tecnico/downloadsDT/NjQ=. Acesso em 04 abr. 2020

CANGEMI, J. M.; SANTOS, A. M.; NETO, S. Biodegradação: Uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos. **Química nova na escola**, São Paulo, n. 22, p. 17-21, novembro, 2005. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a03.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2020.

CANEVAROLO JR, S. V. Ciência dos polímeros. São Paulo: Artliber Editora, 2002. 183 p.

CANTO, E. L. **Plástico: Bem supérfluo ou mal necessário?** 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2004. 96 p.

CARVALHO, I. C. M. Educação ambiental crítica: nomes e endereçamentos da educação. In: LAYRARGUES, P. P. (org.). **Identidades da Educação Ambiental Brasileira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/_arquivos/livro_ieab.pdf. Acesso em: 02 mar. 2020.

CIAVATTA, M. O ensino integrado, a politecnia e a educação omnilateral. Por que lutamos? **Trabalho & Educação**, Belo Horizonte, v.23, n.1, p. 187-205, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/trabedu/article/download/9303/6679>. Acesso em: 5 abr. 2020.

CIAVATTA, M.; RAMOS, M. N. Ensino médio e educação profissional no Brasil: dualidade e fragmentação. **Revista Retratos da Escola**, Brasília, v. 5, n. 8, p. 27-41, jan./jun. 2011. Disponível em: <http://retratosdaescola.emnuvens.com.br/rde/article/view/45/42>. Acesso em: 30 mar. 2021.

CRUVINEL V.; ARAUJO, W.; MARTINS, C.; ALVARENGA, J. Perfil dos Catadores de Resíduos Sólidos do Distrito Federal: Uma Análise Comparativa entre Associações de Ceilândia e Estrutural. **Revista Hegemonia**, Brasília, n. 19. p. 67-87, jan./jul., 2017. Disponível em: [http://www.unieuro.edu.br/sitenovo/revistas/revista_hegemonia_20/Vanessa%20Cruvinel%20e%20outros%20\(5\).pdf](http://www.unieuro.edu.br/sitenovo/revistas/revista_hegemonia_20/Vanessa%20Cruvinel%20e%20outros%20(5).pdf). Acesso em: 4 abr. 2020.

DEMAJOROVIC, J; BESEN, G. R. Gestão compartilhada de resíduos sólidos: avanços e desafios para a sustentabilidade. In: Encontro da ANPAD, 31, 2007, Rio de Janeiro. **Anais[...]**. Rio de Janeiro: ANPAD, 2007. p. 2-16. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/APS-C1680.pdf>. Acesso em 5 abr. 2020.

DISTRITO FEDERAL. **Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio**. Governo do Distrito Federal: Secretária de Estado de Educação. Brasília, 2021. Disponível em: http://www.educacao.df.gov.br/wp-content/uploads/2019/08/Curriculo-em-Movimento-do-Novo-Ensino-Medio_fev21.pdf. Acesso em: 30 mar. 2021.

EIGENHEER, E. M. Lixo e limpeza urbana: entender para educar. **Interagir: pensamento e extensão**, Rio de Janeiro, n.15, p.101-104, jan./dez/, 2010. Disponível em <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/interagir/article/view/2597/1762>. Acesso em 5 abr. 2020.

EIGENHEER, E. M. **Lixo: A limpeza urbana através dos tempos**. Rio de Janeiro: ELS2 Comunicação, 2009. v. 1. 144p. Disponível em <http://www.lixoeducacao.uerj.br/imagens/pdf/ahistoriadolixo.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2020.

EIGENHEER, E. M.; FERREIRA, J. A.; ADLER, R. R. Reciclagem: mito e realidade. Rio de Janeiro: In-fólio, 2005.

EIGENHEER, E. M.; FERREIRA, J. A. Três décadas de coleta seletiva em São Francisco (Niterói/RJ): lições e perspectivas. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 677-684, Out-Dez. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v20n4/1413-4152-esa-20-04-00677.pdf>. Acesso em 5 abr. 2020.

FORATO, T. C.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3683153.pdf>. Acesso em 5 abr. 2020.

FADINI, P. S.; FADINI, A. A. B. Lixo: desafios e compromissos. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, São Paulo, Ed. Especial, p. 9-18, maio, 2001. Disponível em <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/lixo.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2020.

FERREIRA, R. G. P. S.; SILVA, T. C.; RAMALHO, W. M.; ARAÚJO, W. N.; CRUVINEL, V. R. N. Condições de saúde e estilo de vida dos catadores de resíduos sólidos de uma cooperativa da Ceilândia, no distrito federal: um olhar acerca dos determinantes sociais e ambientais de saúde. *In*: PEREIRA, B. C. J.; GOES, F. L. (Org.). **Catadores de materiais recicláveis: um encontro nacional**. Rio de Janeiro: Ipea, 2016. p. 151-166. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=27461. Acesso em: 17 fev. 2021.

FORLIN, F. J.; FARIA, J. A. F. Considerações Sobre a Reciclagem de Embalagens Plásticas. **Polímeros**, São Carlos, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/po/v12n1/9876.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2020.

FRIGOTTO, G. Concepções e mudanças no mundo do trabalho e o ensino médio. *In*: FRIGOTTO, G.; CIAVATTA, M.; J.; RAMOS, M. (Org.). **Ensino médio integrado: concepção e contradições**. São Paulo: Cortez, 2005. p. 57-82.

GUANABARA, R.; GAMA, T.; EIGENHEER, E. M. Os resíduos sólidos como tema gerador: da pedagogia dos três R's ao risco ambiental. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, Rio Grande, v. 21, jul./dez., 2008. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/remea/article/viewFile/3039/1718>. Acesso em: 5 fev. 2020.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 326-331, 2004. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=3975. Acesso em: 5 fev. 2020.

GASPAR, A. **Experiências de Ciências**. São Paulo: Editora Ática, 2009. 327p.

GUTIERREZ, R.F.; GITAHY, L. A comercialização dos resíduos sólidos urbanos de plásticos no estado de São Paulo. *In*: PEREIRA, B. C. J.; GOES, F. L. (Org.). **Catadores de materiais recicláveis: um encontro nacional**. Rio de Janeiro: Ipea, 2016. p. 537-558. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=27461. Acesso em: 5 fev. 2020.

HATJE, V.; COSTA, M. F. CUNHA., L.C. Oceanografia e Química: unindo conhecimentos em prol dos oceanos e da sociedade. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 10, p. 1497-1508, 2013. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=3043. Acesso em: 2 fev. 2020.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. 12, n. 3, pp. 299-313, 1994. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21370/93326>. Acesso em 22 jul. 2020.

HOFFMANN, J.L.; NAHIRNE, A.P.; STRIDER, D.M. Um diálogo sobre as concepções alternativas presentes no ensino das ciências. **Arquivos do MUDI**, v. 21, n. 3, p. 90-101, 2017. Disponível em <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/download/40944/pdf>. Acesso em 16 fev. 2021.

KUENZER, A. Z. O trabalho como princípio educativo. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n 68, p. 21-28, 1989. Disponível em: <http://publicacoes.fcc.org.br/ojs/index.php/cp/article/view/1118>. Acesso em: 5 fev. 2020.

LAYRARGUES, P. P. O cinismo da reciclagem: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental. *In: LOUREIRO, F. B.; LAYR ARGUES, P. P.; CASTRO, R. S. (Org.). Educação Ambiental: repensando o espaço da cidadania*. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2002. p. 1-23. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/237655129_O_CINISMO_DA_RECICLAGEM_o_significado_ideologico_da_reciclagem_da_lata_de_aluminio_e_suas_implicacoes_para_a_educacao_ambiental_1

LAYRARGUES, P. P. É só reciclar? Reflexões para superar o conservadorismo pedagógico reprodutivista da Educação Ambiental e resíduos sólidos. **Ética, Direito Socioambiental e Democracia. Caxias do Sul: EDUCS**, p. 194-211, 2018. Disponível em

https://www.researchgate.net/profile/Philippe-Layrargues/publication/324993557_E_so_Reciclar_Reflexoes_para_superar_o_conservadorismo_pedagogico_reprodutivista_da_educacao_ambiental_e_residuos_solidos/links/5af08f62458515c28371847e/E-so-Reciclar-Reflexoes-para-superar-o-conservadorismo-pedagogico-reprodutivista-da-educacao-ambiental-e-residuos-solidos.pdf. Acesso em 31 mar. 2021.

LEÃO, N. M. M; KALHIL, J. B. Concepções alternativas e os conceitos científicos: uma contribuição para o ensino de ciências. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 9, n. 4, p. 12, 2015. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5514756>. Acesso em: 16 fev. 2021.

LIMA, A. K. T. Principais pontos da política nacional de resíduos sólidos para a gestão de resíduos municipais. *In: EL-DEIR, S. G. (Org.). Resíduos sólidos: perspectivas e desafios para a gestão integrada*. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2014. p. 20-29. Disponível em: <http://www.editora.ufrpe.br/node/61>. Acesso em: 4 abr. 2020

LIMA, G.F. da C. Consumo e resíduos sólidos no Brasil: as contribuições da educação ambiental. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, n.37, set. 2015. Disponível em: http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RB CIAMB/article/view/181/146. Acesso em: 14 fev. 2021.

LOUREIRO, C. F. B.; LAYRARGUES, P. P. Ecologia política, justiça e educação ambiental crítica: perspectivas de aliança contra hegemônica. **Trabalho, Educação e Saúde**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 53-71, jan./abr. 2013. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/tes/v11n1/a04v11n1.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2020.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2 ed. São Paulo: EPU, 2018. 130p.

MAIA, J.O.; JUNQUEIRA, M.M.; WHARTA, E.J.; SILVA E.L. Piaget, Ausubel, Vygotsky e a experimentação no ensino de química. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, ed. Extra, 2013. p. 1002-1006. Disponível em: https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2013nExtra/edlc_a2013nExtrap1002.pdf. Acesso em 5 abr. 2020.

MANO, E.B.; MENDES, L.C. **Introdução a polímeros**. 2ed, São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 191p.

MANRICH, S.; FRATTINI, G.; ROSALINI, A. C. MANRICH, S. **Identificação de plásticos: uma ferramenta para a reciclagem**. 2 ed. São Carlos: EDUFSCAR, 2007. 58 p.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5165906.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2020.

MELO, M. S.; SILVA, R. Os três níveis do conhecimento químico: dificuldades dos alunos na transição entre o macro, o submicro e o representacional. **Revista Exitus**, Pará, v. 9, n. 5, p. 301-330, 2019. Disponível em: <http://www.ufopa.edu.br/portaldeperiodicos/index.php/revistaexitus/article/view/1109/600>. Acesso em: 05 abr. 2020.

MOURA, D. H. Educação Básica e Educação Profissional e Tecnológica: Dualidade histórica e perspectivas de integração. **Holos**, Natal, ano 23, v. 2, p. 4-30, 2007. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/11/110>. Acesso em: 05 mar .2020.

MOURA, D. H.; LIMA FILHO, D. L.; SILVA, M. R. Politecnicia e formação integrada: confrontos conceituais, projetos políticos e contradições históricas da educação brasileira. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 63, p. 1057-1080, 2015. <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v20n63/1413-2478-rbedu-20-63-1057.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2020.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 111-124. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sn/v20n1/a08v20n1.pdf>. Acesso em 05 abr. 2020.

OLIVATTO, G. P.; CARREIRA, R.; TORNISIELO, V. L.; MONTAGNER, C. C. Microplásticos: Contaminantes de Preocupação Global no antropoceno. **Revista Virtual de Química**, São Paulo, v. 10, n. 6, p. 1968-1989, 2018. Disponível em: http://rvq.sbq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=998&nomeArquivo=v10n6a16.pdf. Acesso em: 8 mar 2020.

OLIVEIRA R. A.; SILVA A. P. História da ciência e ensino de física: uma análise meta-historiográfica. *In: Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*. PEDUZZI, L.O.Q.; MARTINS A. F. P.; FERREIRA, J. M. H (Org). Natal: EDUFRN. 2012. p. 41-64. Disponível em <https://ppgect.ufsc.br/files/2012/11/Temas-de-Historia-e-Filosofia-da-Ciencia-no-E ensino1.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2020.

PEREIRA, C.L.N.; SILVA, R.R. A História das ciências e o ensino de Ciências. **Revista Virtual de Gestão de Iniciativas Sociais**. ed. Especial, p. 34 -46, março, 2009. Disponível em <http://doczz.com.br/doc/390616/revista-virtual-de-gest%C3%A3o-de-iniciativas-sociais-issn---ltds>. Acesso em: 6 abr. 2020.

RAMOS, M. **Concepção do ensino médio integrado**. *In: SEMINÁRIO SOBRE ENSINO MÉDIO*, 2008. Secretaria de Educação do Pará. 08-09 maio 2008. Disponível em: http://forumeja.org.br/go/sites/forumeja.org.br/go/files/concepcao_do_ensino_medio_integrado5.pdf. Acesso em: 21 jul. 2020.

RAMOS, M. Ensino médio integrado: lutas históricas e resistências em tempos de regressão. *In: ARAÚJO, A. C.; SILVA, C. N. N. (org.). Ensino médio integrado no Brasil: fundamentos, práticas e desafios*. Brasília: Ed. IFB, 2017, p. 20-43. Disponível em: <http://revistaexio.ifb.edu.br/index.php/editoraifb/issue/view/81/10>. Acesso em: 6 abr. 2020.

RODRIGUES, J. Educação politécnica. *In: PEREIRA, I. B.; LIMA, J. F. (Org.). Dicionário da educação profissional em saúde*. Rio de Janeiro: EPSJV, 2009, p. 168-175. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/25955/2/Livro%20EPSJV%20008871.pdf>. Acesso em 6 abr. 2020.

SÁ, H.C.A. e SILVA, R.R. Contextualização e interdisciplinaridade: Concepções de professores no ensino de gases. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA*, 14, 2008, Curitiba, **Anais[...]**. Curitiba: UFPR/DQ 2008. p. 1-9 Disponível em <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0621-1.pdf> Acesso em: 7 abr 2020.

SANTA MARIA, L.C.; LEITE, M. C.A.M.; AGUIAR, M.R.M.P.; OLIVEIRA, R.O.O.; ARCANJO, M.E.A.; CARVALHO, E.L. Coleta seletiva e separação de plásticos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 17, p. 32-35, maio, 2003. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a08.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2020.

SANTAELLA, S. T. (Org.). **Resíduos sólidos e a atual política ambiental brasileira**. Fortaleza: UFC/LABOMAR/NAVE, 2014. 232 p. Disponível em: <http://www.repositoriobib.ufc.br/000011/00001121.pdf> Acesso em: 6 jan. 2020.

SAVIANI, D. **Sobre a concepção de politécnia**. Rio de Janeiro: Politécnico da Saúde Joaquim Venâncio, 1989. 51p. Disponível em: <https://portaltrabalho.files.wordpress.com/2015/03/sobre-a-concepcao-de-politecna.pdf> Acesso em: 6 out 2019.

SAVIANI, D. Trabalho e educação: fundamentos históricos e ontológicos. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 34, p. 152-65, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v12n34/a12v1234.pdf> Acesso em: 6 dez 2019.

SILVA, E. C. C. Definindo as abordagens internalistas e externalistas da história da ciência e as várias posições de historiadores e filósofos. *In: SILVA E. C. C. A teoria celular em livros didáticos de Biologia: uma análise a partir da abordagem histórico filosófica da ciência*. 2014. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. f. 26-30. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/37267> Acesso em: 6 abr. 2020.

SILVA, L. H. A.; ZANON, L. B. A experimentação no ensino de ciências. *In: R. P. Schneltzer, R. P., M R Aragão. Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens*. Campinas: UNIMEP/CAPES, 2000. p 121-152.

SILVA, M. R. **Jovens, ensino médio e politécnia: possibilidades diante das novas diretrizes curriculares nacionais**. VI Fórum NEPEG de Formação de Professores de Geografia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012. Disponível em: <http://www.observatoriodoensinomedio.ufpr.br/wp-content/uploads/2014/02/JOVENS-ENSINO-M-%C2%A6%C3%89DIO-E-POLITECNA.pdf>. Acesso em 21 jul. 2020.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L. M.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. *In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). Ensino de química em foco*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2019. p. 231-261.

SILVA, R. R; RAZUCK, R. C.S.R.; TUNES, E. Desafios da escola atual: a educação pelo trabalho. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 452-461, 2008. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=1284&nomeArquivo=Vol31No2_452_45-ED07291.pdf. Acesso em 01 fev. 2020.

SILVA, R. R.; ROCHA-FILHO, R. C.; TUNES, E.; TOLENTINO, M. Ensino de conceitos em Química. II. Matéria: um sistema conceitual quanto à sua forma de apresentação. **Ciência e Cultura**, v. 38, n. 12, p. 2028-2030, 1986.

SILVA, S. P. **A organização coletiva de catadores de material reciclável no Brasil: dilemas e potencialidades sob a ótica da economia solidária**. Brasília: Ipea, 2017 (Texto para Discussão, n. 2268). Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7413/1/td_2268.PDF. Acesso em: 28 mar 2020.

SPINACÉ, M. A. S.; DE PAOLI, M. A tecnologia da reciclagem de polímeros. **Química nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 65-72, 2005. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7413/1/td_2268.PDF. Acesso em: 5 abr. 2020.

VILHENA, A. (coord.). **Lixo municipal: manual de gerenciamento**. 4 ed. São Paulo: CEMPRE, 2018. 316 p. Disponível em: http://cempre.org.br/upload/Lixo_Municipal_2018.pdf. Acesso em: 6 abr. 2020.

WARTHA, E.J.; ALÁRIO, A.F. A contextualização no ensino de química através do livro didático. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 22, p. 42-47, novembro, 2005. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a09.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2020.

WASSERMAN, A.; PLACHTA, I. **Petroquímica: Introdução**. São Paulo: McKlaussen editora, 1999. 206p.

ZANIN, M.; MANCINI, S. D. **Resíduos plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia**. 2 ed. São Carlos: UFSCar, 2015. 138p.

APÊNDICE A - FOLDER DE APRESENTAÇÃO E TERMO DE AUTORIZAÇÃO



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Caro responsável, seu filho(a) está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), em uma pesquisa desenvolvida durante o curso de formação continuada intitulado “O ensino de polímeros no nível médio com enfoque na separação e reciclagem do lixo plástico doméstico”, que será desenvolvido por meio de oficinas temáticas virtuais, no âmbito do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da UnB. A sua contribuição é relevante para possíveis mudanças e melhorias no processo ensino-aprendizagem, promovendo uma reflexão sobre a prática docente. Como nossa pesquisa é colaborativa, queremos construir com o aluno(a) uma parceria, interagindo na busca de alternativas para os diferentes contextos de ensino.

É importante frisar que sua participação será protegida por total anonimato, quando do registro na futura Dissertação de Mestrado, em todas as suas etapas e em divulgações futuras, por qualquer meio.

Para formalizar sua aceitação em fazer parte dessa investigação, o que nos deixará honrados, é necessário enviar uma foto do termo **CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO** disponível na página 3, preenchido de próprio punho, ou impresso e assinado para o e-mail **debora.quimica2@gmail.com**.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Título: O ENSINO DE POLÍMEROS NO NÍVEL MÉDIO COM ENFOQUE NA SEPARAÇÃO E RECICLAGEM DO LIXO PLÁSTICO DOMÉSTICO

Pesquisadora-responsável: **Débora Cristina Araújo Miguel**
 E-mail: debora.quimica2@gmail.com - Telefone: 98332-7297
 Orientador: **Prof. Dr. Roberto Ribeiro da Silva**

Nosso trabalho visa a contribuir com o processo de ensino-aprendizagem de polímeros e na compreensão, por parte dos estudantes, sobre a necessidade da redução e dos processos de separação do lixo gerado.

Assim, serão coletadas informações no curso, com a utilização de registros das atividades, gravação dos encontros para análises posteriores, e ficará desde já garantido o anonimato individual dos participantes.

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO

Eu, _____, portador(a) do RG _____ e do CPF _____, abaixo-assinado, autorizo a participação do aluno(a) _____ na pesquisa “O ensino de polímeros no nível médio com enfoque na separação e reciclagem do lixo plástico doméstico”. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pela pesquisadora-responsável, Débora Cristina Araújo Miguel sobre a investigação, bem como sobre os procedimentos a serem seguidos, ressaltando-se a garantia plena do anonimato em todos os registros atinentes e em toda a produção acadêmica resultante.

Brasília - DF, ___/___/___.

Nome do Responsável

APÊNDICE B – PROPOSTA DE AÇÃO PROFISSIONAL DOCENTE

O ENSINO DE POLÍMEROS NO NÍVEL MÉDIO COM ENFOQUE NA SEPARAÇÃO E RECICLAGEM DO LIXO PLÁSTICO DOMÉSTICO



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação
Instituto de Ciências Biológicas
Instituto de Física
Instituto de Química
Faculdade UnB Planaltina
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

O ENSINO DE POLÍMEROS NO NÍVEL MÉDIO COM
ENFOQUE NA SEPARAÇÃO E RECICLAGEM DO LIXO
PLÁSTICO DOMÉSTICO

DÉBORA CRISTINA ARAÚJO MIGUEL

Proposição de Ação Profissional Docente resultante da dissertação elaborada sob a orientação do Prof.º Dr. Roberto Ribeiro da Silva e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília-DF

2021

Apresentação

Prezado(a) Professor(a);

Esse módulo de ensino aborda o conteúdo de polímeros, a partir da problemática do lixo urbano e da reciclagem de plásticos. Mas por que o Lixo? Nos dias atuais, o lixo produzido nas cidades tem ganhado destaque devido aos problemas ambientais causados por este. Lixo é uma palavra que tem origem no latim *lix*, que significa cinzas. São restos de atividades humanas, sem valor para seus produtores, ou seja, é tudo o que não tem serventia e se descarta. A palavra lixo é um termo popular para os materiais descartados, que são chamados tecnicamente de resíduos sólidos¹. Nos resíduos urbanos o plástico representa cerca de 13,5% do total².

Plásticos são polímeros, conteúdo geralmente estudado na 3ª série do Ensino Médio, entretanto a abordagem de polímeros é realizada enfatizando-se classificações e definições, sem envolvimento de situações reais, tornando-se desestimulante para os alunos³.

Nesse sentido, dada a importância do plástico no mundo moderno, faz-se necessário buscar por abordagens que contribuam mais efetivamente para a aprendizagem. Além de propiciarem um posicionamento crítico dos alunos em relação ao consumo e descarte de plásticos. Entendemos que a escola, tem um importante papel de discutir as questões referentes a temática do lixo plástico.

Este módulo está dividido em 4 unidades (QUADRO 1) e foi planejado para possibilitar a assimilação teórica e prática dos princípios científicos envolvidos desde a fabricação, uso, descarte e destino final deste material. Ele tem como eixo central a realização de experimentos para iniciar uma discussão e a partir dela apresentar o conteúdo proposto.

Além do roteiro para a condução do experimento, cada unidade também propõe textos para o(a) professor(a). Esses textos abordam aspectos que complementam o conteúdo de polímeros presentes nos livros didáticos para uma melhor compreensão dos alunos sobre a temática do módulo. No final de cada módulo é indicada uma bibliografia complementar para o(a) professor(a) que desejar se aprofundar mais no tema.

Os experimentos utilizados foram selecionados do Projeto Integração Universidade-Escola da Universidade de Brasília. Nesse projeto, o Laboratório de Pesquisa e Ensino de Química – LPEQ, desenvolve experiências com materiais de fácil acesso visando a execução em sala de aula.

Quadro 1: Síntese do módulo de ensino.

Unidade	Objetivos	Experimentos	Texto de Apoio
O que é um plástico?	<p>Conceituar e classificar polímeros</p> <p>Apresentar algumas propriedades dos plásticos.</p>	<p>Síntese da espuma sólida</p> <p>Produção de um gel</p> <p>Investigando a cola quente</p>	<p>O que são plásticos e como são produzidos</p> <p>Uma breve história do plástico</p>
As consequências do descarte de plástico no ambiente	<p>Relacionar as propriedades do plástico com os impactos de seu descarte inadequado</p>	<p>Combustão de um polímero</p>	<p>A estabilidade dos plásticos e seu descarte no meio ambiente</p>
Para onde vai o lixo plástico?	<p>Relacionar as propriedades dos plásticos com a atividade de reciclagem do lixo urbano</p> <p>Abordar aspectos históricos da limpeza urbana e da reciclagem</p> <p>Abordar aspectos críticos da atividade de reciclagem</p> <p>Descrever o tratamento dado ao lixo no distrito federal.</p>	<p>Separação de plásticos por códigos</p> <p>Separação de plásticos por densidade</p> <p>Moldagem de um polímero termoplástico.</p>	<p>A reciclagem de plásticos</p> <p>Uma história da limpeza urbana e da reciclagem</p> <p>Os resíduos sólidos do Distrito Federal</p>
Os catadores de Materiais recicláveis	<p>Descrever o trabalho dos catadores de materiais recicláveis</p> <p>Relacionar como a percepção sobre esses profissionais é impactada pelas concepções dos estudantes sobre o lixo.</p>	<p>Vídeo sobre o trabalho dos catadores.</p>	<p>Os catadores de material reciclado</p>

O módulo tem como eixos norteadores a politecnia, a experimentação e a História da Ciência numa visão externalista. Um aprofundamento destes eixos está descrito na dissertação de mestrado que originou esse módulo de ensino e está disponível nas referências bibliográficas⁴.

Introdução

A área de Ciências da Natureza possui conteúdos que vão ao encontro do problemática do lixo plástico. Conforme a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)⁵, o estudo das Ciências da Natureza deve ir além do aprendizado de conceitos científicos. A contextualização, a articulação entre as disciplinas bem como os processos de práticas de investigação, devem ser enfatizados, e desta forma, poderão privilegiar o protagonismo dos estudantes no enfrentamento de questões sobre consumo, energia, segurança, ambiente e saúde, entre outras.

Neste sentido, o módulo propõe nas unidades 1, 2 e 3, roteiros de atividade experimentais para a abordagem dos conteúdos que seguem a proposta de atividades demonstrativo-investigativas, proposta por Silva, Machado e Tunes (2019) p. 205-206⁶. É proposto ao (a) professor(a) apresentar o experimento durante as aulas. E então conduzir uma discussão com os alunos no sentido de relacionar o experimento com a teoria e apresentar o conteúdo planejado.

A experimentação permite unir fenômenos e teorias, de forma articulada, contextualizada e interdisciplinar, proporcionado aos alunos uma melhor compreensão dos conteúdos abordados. Desta forma a função da teoria é explicar o fenômeno. O experimento não deve ser realizado para se ilustrar ou comprovar a teoria.

As etapas propostas para as atividades demonstrativo-investigativas propostas neste módulo são descritas a seguir:

Etapas 1 – Pergunta Inicial: o professor faz uma pergunta que deve despertar o interesse dos alunos. Após as respostas dos alunos partir para a etapa 2.

Etapas 2 – Observação macroscópica: o(a) professor(a) realiza o experimento e orienta os alunos na observação do fenômeno a ser apresentado.

É importante formular perguntas que estimulem os alunos na medida que o conteúdo planejado é abordado.

Etapas 3 – Introdução da interpretação submicroscópica: o professor pede que os alunos elaborem hipóteses para explicar o que observaram.

Nesse momento o professor pode tentar identificar nestas respostas as concepções prévias dos alunos sobre o conteúdo a ser abordado. É preciso atenção nas respostas que diferem muito do conhecimento científico.

O(A) professor(a) poderá elaborar questões que instiguem os alunos na reformulação de suas ideias prévias, exercitando assim suas habilidades argumentativas. O roteiro do experimento traz algumas sugestões de perguntas para o levantamento das concepções prévias. É importante destacar que nessa etapa as dúvidas dos estudantes devem ser sanadas.

Etapa 4 – Expressão representacional do fenômeno: É realizado a síntese de tudo que foi observado e discutido já em linguagem científica.

Etapa 5 – Resposta à pergunta feita no início do experimento: Finalização da interpretação submicroscópica.

Etapa 6 – Importância para sociedade: relacionar o fenômeno abordado com suas implicações culturais, ambientais, políticas, dentre outras. É importante que nesta etapa sejam discutidos aspectos positivos e negativos do conhecimento científico e tecnológico discutido no experimento. A discussão destes aspectos torna o experimento em si interdisciplinar.

Os textos complementares presentes em cada módulo podem abordados nesta etapa.

Etapa 7 – Abordagem dos resíduos gerados no experimento no sentido de se diminuir ou evitar possíveis impactos no meio ambiente.

Já na unidade 4, também seguimos as orientações de Silva, Machado e Tunes(2019) para a exibição de vídeos ou filmes. No módulo o roteiro sugerido propõe questões prévias para serem discutidas em um debate após a exibição do vídeo. É importante destacar que a exibição de vídeos e filmes não deve ser encarada como um momento de lazer e requer um planejamento prévio por parte do(a) professor(a).

Além da experimentação também é sugerido ao professor a abordagem de aspectos históricos presentes na problemática do lixo urbano. A abordagem histórica permite que os conceitos sejam apresentados “como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura, p.550”⁵.

Fatos históricos mostram que as escolhas dos cientistas também são baseadas em contextos sociais, políticos e culturais, e favorece assim, a desmistificação da ciência e sua neutralidade, presentes no ensino tradicional de ciências⁷.

Diante do exposto apresentamos a seguir o roteiro sugerido para o desenvolvimento das atividades. É importante destacar que, o professor deve estar atento no planejamento das atividades e na clareza dos objetivos, para que as atividades experimentais não se resumam a simples repetição de roteiros pré-determinados⁶.

Unidade - 1

O QUE É UM PLÁSTICO?



Fonte: Brasil Escola

Essa unidade tem como objetivos: a) conceituar e classificar os polímeros ; b) apresentar algumas propriedades dos plásticos.

São propostos três experimentos: a síntese de uma espuma sólida, a produção de um gel e a investigação da cola quente. Os experimentos são complementares e fica a critério do(a) professor(a) realizá-los simultaneamente ou executar apenas um deles.

Na síntese da espuma sólida, a proposta é produzir um polímero termorrígido. A partir das discussões durante a interpretação do experimento, introduzir conceituar os polímeros. No segundo experimento, na produção da geleca é possível mostrar como modificar as propriedades um polímero termoplástico. Com a realização do experimento com a cola quente é possível discutir as propriedades de um polímero termoplástico.

O texto complementar: **O que são plásticos e como são produzidos**, descreve as etapas da produção industrial desse material, além de uma exposição sobre as principais matérias primas utilizadas pela indústria. Já o texto: **Uma breve história do plástico** aborda aspectos históricos importantes ocorridos no desenvolvimento desses materiais.

EXPERIMENTO 1: Síntese da espuma sólida.

A - Materiais utilizados

Etileno glicol, diisocianato de parafenileno, copos descartáveis de café, palitos de picolé.

O Etileno glicol e o diisocianato de parafenileno podem ser adquiridos em lojas de produtos químicos, de equipamentos para refrigeração ou pela internet em sites como o mercado livre.

B – Execução da atividade demonstrativo- investigativa

B₁ – Pergunta Inicial

Como a esponja de lavar louça é feita?

B₂ – Desenvolvimento da atividade demonstrativo-investigativa: Procedimento Experimental

Adicionar cerca de 10 ml de etileno glicol ao copo de café. Em seguida adicionar igual volume de diisocianato de parafenileno. Agitar o sistema com auxílio do palito de picolé e aguardar alguns minutos até o término da reação.

B₃ - Observação Macroscópica

Após a mistura de etileno glicol com diisocianato de parafenileno observa-se formação de uma espuma que cresce dentro do copo além de um pequeno aquecimento do copo.

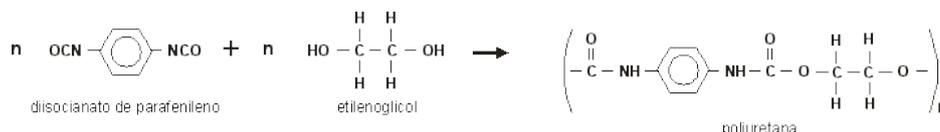
B₄ - Perguntas sugeridas para levantamento das concepções prévias

Para você o que é plástico? Os plásticos podem ser obtidos em laboratório ou é possível encontrá-lo na natureza? Como se produz um plástico? As espumas são plásticos? Como você acha que as espumas são produzidas?

C - Interpretação Submicroscópica

O diisocianato de parafenileno reage com o etileno glicol em uma reação de polimerização. A expressão representacional para essa reação é indicada na figura a seguir:

Figura 1: Reação de formação do poliuretano



Fonte: LPEQ (notas de aula)

A expansão do material é produzida por uma reação paralela a de polimerização. O etilenoglicol é um material que possui água em sua composição. Essa água reage com o diisocianato de parafenileno formando a substância gás carbônico. Esse gás produzido no meio reacional funciona com um agente de expansão, que leva à formação da espuma.

Expressão representacional da reação entre diisocianato de parafenileno e água



D - Resposta à pergunta inicial: Como a esponja de lavar louça é feita?

A esponja de lavar louças é espuma sólida, esse material é composto por um polímero, formado a partir da reação de polimerização entre os monômeros etileno glicol e para difenileno. Na esponja o gás produzido no meio reacional fica disperso em uma matriz sólida promovendo sua expansão.

E – Importância para a sociedade

Os poliuretanos são materiais versáteis com diversas aplicações industriais. Com o controle da reação de polimerização e a proporção entre os reagentes é possível a síntese de diferentes tipos de espuma. Podem ser utilizados na produção de espumas flexíveis, utilizadas em colchões, estofamentos e esponjas. E na produção de espumas rígidas, empregadas como isolantes térmicos em geladeiras ou em preenchimento de painéis de automóveis¹.

F- Disposição dos resíduos

A espuma formada e os materiais utilizados nos experimentos devem ser descartados no lixo reciclável.

EXPERIMENTO 2 –Produção de um gel (Geleca ou Slime)

A - Materiais utilizados

Solução de bórax 4%, cola escolar (cola branca), palitos de picolé, copos descartáveis. A solução de Bórax 4% pode ser substituída por 100mL de água boricada encontrada em farmácias com a adição de 1 colher de café bicarbonato de sódio.

B – Execução da atividade demonstrativo- investigativa

B₁ – Pergunta Inicial

Por que uma geleca escorre como um líquido, mas podemos segurá-la como um sólido ?

B₂ – Desenvolvimento da atividade demonstrativo-investigativa: Procedimento Experimental

Adicionar em um copo plástico cerca de 25 ml da cola branca e 5 ml da solução da solução de bórax. Homogeneizar o material com auxílio do palito de picolé.

Observação: Cuidado ao manusear o bórax, algumas pessoas podem ser alérgicas.

B₃ - Observação Macroscópica

Ao se adicionar uma solução de bórax à cola branca e posterior homogeneização do material obtém-se um gel pastoso.

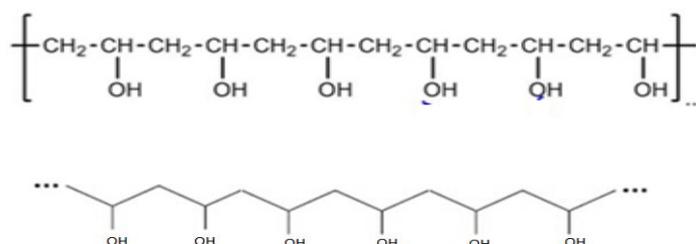
B₄ - Perguntas sugeridas para levantamento das concepções prévias e introdução da interpretação submicroscópica

De que a cola é feita? O que aconteceu com a consistência da cola? Após a adição da solução de bórax foi formado outro material? Ocorreu uma reação química?

C - Interpretação Submicroscópica

Usada na produção da geleca, a cola branca é uma emulsão contendo água e o polímero álcool polivinílico (PVA).

Figura 1: Expressão representacional da cadeia polimérica do PVA



Na cola feita com o polímero PVA, as cadeias poliméricas podiam se mover livremente pois estão dispersas na água. Com a adição do bórax, ocorre a formação de ligações cruzadas entre as cadeias do polímero e o bórax, impedindo o movimento delas. Isso causa um aumento da viscosidade de material que passa a se comportar como um gel semissólido.

Figura 2: Expressão representacional das cadeias poliméricas do PVA.

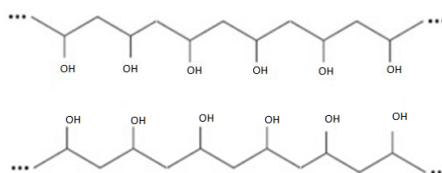
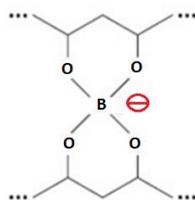


Figura 3: Expressão representacional da ligação entre o bórax e PVA.



Fonte: Autores

D - Resposta à pergunta inicial: Por que uma geleca escorre como um líquido, mas podemos segurá-la como um sólido ?

A adição de outras substâncias pode alterar as propriedades de um material polimérico. Na geleca, a adição da solução de bórax altera as propriedades da cola (polímero PVA), assim o material resultante apresenta tanto propriedades de sólido, como de líquidos.

E – Importância para a sociedade

A geleca é também conhecida como *slime*. É uma espécie de massinha, com consistência semelhante a um gel que se popularizou muito em as crianças. Pode ser sintetizada a partir da modificação do polímero presente na cola branca. A modificação de polímeros permite que a indústria produza novos materiais com propriedades específicas.

F- Disposição dos resíduos

O gel produzido no experimento e os materiais utilizados deve ser descartado no lixo reciclável. A solução de Bórax ou a água boricada podem ser descartadas em pia comum.

EXPERIMENTO 3 – Investigando a cola quente

A - Materiais utilizados

Pistola para cola quente, bastão de cola quente (disponível em lojas para artesanato, papelarias ou casa de ferragens), pedaços de pano, de tecidos e de plásticos diversos.

B – Desenvolvimento da atividade demonstrativo-investigativa

B₁ – Pergunta Inicial: Como a cola quente consegue colar objetos?

B₂ – Execução da atividade demonstrativo- investigativa: Procedimento Experimental

Insira o bastão de cola quente na pistola, conecte a pistola em uma tomada (CUIDADO AO MANUSEAR EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS), aguarde que a pistola se aqueça.

Acione o gatilho da pistola e deposite uma gota da cola derretida em uma superfície. Observe o aspecto da cola derretida,

Em seguida, utilize a pistola de cola quente para colar os objetos selecionados.

B₃ - Observação Macroscópica

A gota de cola quente derretida tem o formato arredondado, que se assemelha a uma gota de um líquido. A cola quente após resfriamento uniu as superfícies dos objetos selecionados.

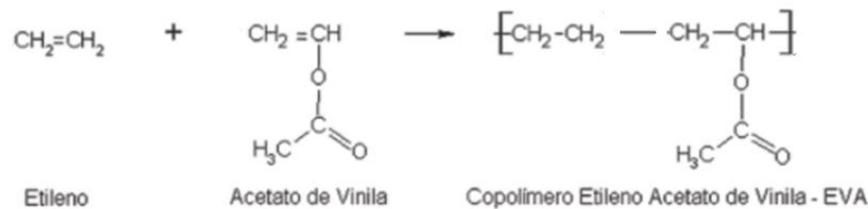
B₄ - Perguntas sugeridas para levantamento das concepções prévias

Para você de que é feita a cola? Por que a cola se funde na pistola? A cola adere em qualquer superfície?

D - Interpretação Submicroscópica

O bastão de cola quente é produzido com EVA, um polímero formado por dois monômeros, o etileno e o acetato de vinila. Após a reação de polimerização, o polímero formado tem propriedades adesivas. A pistola aquece o bastão da cola quente e causa um amolecimento que faz com que a cola derreta. Durante o resfriamento, este material adere a diferentes tipos de superfície.

Figura 1: Expressão representacional do mero de EVA



D₁ - Resposta à pergunta inicial: Como a cola quente funciona?

O bastão de cola quente é feito de EVA. Esse material é um polímero termoplástico, que se funde ao ser aquecido, ao se resfriar possui a propriedade de se aderir a determinadas superfícies promovendo a colagem.

E – Importância para a sociedade

Os adesivos são materiais de destaque na sociedade moderna. A junção de duas superfícies é frequente tanto em aplicações industriais quanto em aplicações domésticas.

A cola quente é um adesivo muito versátil, além de colar superfícies difíceis, também pode ser usado para preencher cavidades. Não utiliza um líquido dispersante como a cola branca, que contém a água como dispersante, e, neste sentido, tem ação rápida, já que não é necessário o tempo de evaporação desse líquido para que a cola funcione.

Outra vantagem da cola quente em relação a outros tipos de adesivos é a resistência a tração. É possível esticar ou dobrar superfícies que foram unidas com essa cola. Como pontos negativos a cola quente pode causar pequenas queimaduras, em virtude da sua temperatura de uso.

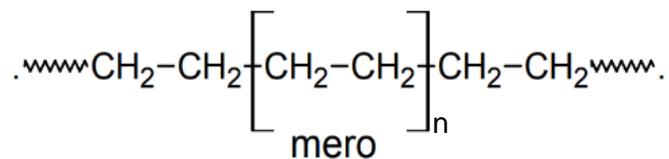
F- Disposição dos resíduos

Descartar os materiais utilizados no lixo reciclável.

Texto Complementar 1 : O QUE SÃO PLÁSTICO E COMO SÃO PRODUZIDOS?

Plásticos são polímeros. Os polímeros são macromoléculas formado por unidades químicas repetidas. Nestes materiais, as unidades de repetição, denominadas mero (Figura 1), estão ligadas covalentemente e formam a cadeia polimérica. Na cadeia, a repetição do mero é representada pela letra n, que pode variar 500 a 1000 unidades de repetição. As cadeias poliméricas contêm milhares de átomos.

Figura 1: Expressão representacional do mero



Os polímeros podem ser naturais ou sintéticos. Para sua síntese é necessário que ocorra uma reação de polimerização. Nessa reação, moléculas pequenas denominadas monômeros, reagem entre si ou com outras moléculas, na presença de catalisadores e condições específicas de temperatura e pressão, formando as cadeias poliméricas.

Figura 2: Expressão representacional da reação de polimerização



Os polímeros são divididos em três grandes classes: borrachas, fibras e plásticos. Esta divisão tem relação com o monômero e o tipo de ligação covalente, e ainda irá definir o comportamento mecânico do polímero. As borrachas são materiais que possuem elasticidade, podem ser deformados, porém, com a retirada do esforço que foi aplicado, estas voltam ao formato original. As fibras possuem alta resistência à deformação e podem ser esticadas. Os plásticos têm propriedades intermediárias entre as borrachas e as fibras, e podem ser moldados em função da aplicação de calor e pressão.

Na classe dos plásticos, os materiais são subdivididos em termorrígidos e termoplásticos. Os plásticos termorrígidos ou termofixos são polímeros que se solidificam apenas uma vez. Estes são materiais insolúveis, que além de se não fundirem, também não são recicláveis. A baquelite é um exemplo de polímero termorrígido. Os plásticos termoplásticos amolecem ao serem aquecidos, e assim podem ser moldados ⁸. Estes são os mais encontrados em resíduos sólidos domésticos, pois fazem parte da composição de embalagens, garrafas, materiais descartáveis, sacos e sacolas⁹.

Os plásticos mais importantes na sociedade atual são de origem sintética. Na produção dos plásticos, os monômeros mais importantes são eteno, propeno e butenos e aromáticos. A matéria-prima para a produção de um plástico pode ser obtida de fontes não renováveis, como o petróleo, o gás natural e o carvão mineral, bem como das renováveis, como a cana de açúcar, o milho e a mandioca. Estas precisam passar por uma sequência de transformações físicas e químicas antes de se chegar ao plástico, da forma como o conhecemos. Em virtude do desenvolvimento da indústria aliado ao baixo custo de produção, a maior parte do plástico produzido no mundo tem como matéria-prima básica o petróleo, seguido pelo gás natural¹⁰.

A transformação do petróleo bruto ocorre em uma refinaria, onde este material passa por processos de separação por meio da destilação. As frações do petróleo são separadas em função dos pontos de ebulição, quando são então obtidos, o gás liquefeito de petróleo (GLP), a nafta, a gasolina, o querosene e o diesel, dentre outros produtos. A nafta, também conhecida como nafta petroquímica, é o destilado mais importante para a produção do plástico. Esta é composta por hidrocarbonetos em maior parte insaturados, de 5 a 12 átomos de carbono, com pontos de ebulição na faixa de 38°C a 200°C.

A segunda matéria-prima mais importante é o gás natural, que tem em sua composição 95% de hidrocarbonetos, dos quais, no mínimo 70% são compostos de metano, e em proporções decrescentes, contêm etano, propano e butano, além hidrocarbonetos mais pesados. No processamento do gás natural, após a separação do metano, que é utilizado como combustível, o etano é a fração mais utilizada na produção de plásticos.

Das fontes renováveis empregadas na produção de plásticos, a cana-de-açúcar é a mais utilizada no Brasil. A biomassa presente nesta é convertida em etanol por meio de processos bioquímicos. Para a produção de monômeros, o etanol é posteriormente convertido em eteno, e incorporado pela indústria petroquímica para a produção de monômeros.

Dentre os plásticos industriais mais importantes estão o polietileno de alta e baixa densidade – PEAD e PEBD, o Poliestireno - PS, o polipropileno - PP, o poli (cloreto de vinila) - PVC, o poli (tereftalato de etileno) – PET, o PTFE, o Poliuretano - PU e o policarbonato – PC⁸.

Texto Complementar 2 : UMA BREVE HISTÓRIA DO PLÁSTICO

Até a segunda metade do século XIX muitos artefatos foram produzidos a partir de cascos e chifres de animais. A queratina presente em cascos e chifres, ao ser aquecida, pode ser moldada para a fabricação de objetos, como pentes, fivelas e botões, bolas de bilhar etc¹¹.

O uso de cascos e chifres foi substituído pelo marfim, oriundos das presas de elefantes, por isso, na costa oeste da África, milhares de animais foram mortos para abastecer a indústria da época. Com a diminuição destes animais e a conseqüente redução da matéria-prima, uma empresa norte-americana de bolas de bilhar ofereceu um prêmio de 10 mil dólares a quem encontrasse um material que fosse capaz de substituir o marfim.

O inventor americano, Jonh Hyatt, realizou a síntese de um material, em 1870, a partir vários testes com a nitrocelulose, e o patenteou com o nome de celuloide. A nitrocelulose havia sido sintetizada em 1846, pelo químico alemão Schonbien, também com o propósito de se buscar por materiais que substituíssem os polímeros naturais. Para Hyatt, a característica de maleabilidade do celuloide permitiria que este fosse um substituto para o marfim. Entretanto, por ser altamente inflamável, ele acabou por não receber o prêmio oferecido pelos fabricantes¹².

A despeito de sua periculosidade, o celuloide foi utilizado em vários artefatos, como bolas de bilhar, cabos para faca, janelas, teclas de piano e filmes fotográficos. Em especial, os filmes fotográficos foram os responsáveis pela popularização da fotografia e impulsionaram a indústria cinematográfica. O celuloide, posteriormente, foi substituído pelo acetato de celulose.

No entanto, esses polímeros foram produzidos a partir da modificação de outros polímeros naturais. O primeiro polímero plástico, obtido por meio de uma reação de polimerização, foi produzido em 1912, a partir da reação entre fenol e formaldeído pelo químico Baekeland. Este ficou conhecido como baquelite, graças ao nome de seu inventor. A baquelite é um material sólido, muito utilizado como isolante elétrico e térmico, utilizado até os dias atuais.

Em 1929, o náilon foi sintetizado nos Estados Unidos e provocou uma revolução na indústria americana ao substituir a seda. Nesta época, houve um grande avanço na indústria de

derivados de petróleo (indústria petroquímica), o que resultou no aumento da oferta de insumos para produção de monômeros. Durante a Segunda Guerra Mundial, a demanda por matéria-prima provocou a aceleração do desenvolvimento de polímeros sintéticos. Na década de 1950, houve um grande desenvolvimento da química de polímeros. Quando foram então criados o polietileno, o polipropileno e o policarbonato.

Durante a segunda guerra Mundial, a demanda por matéria prima provocou a aceleração do desenvolvimento de polímeros sintéticos. Na década de 50 há um grande desenvolvimento da química de polímeros. Foram criados o polietileno, o polipropileno e o policarbonato.

De acordo com a Associação Brasileira do Plástico, ABIPLAST¹³, em 2019, o consumo de plásticos no Brasil foi de 7,1 milhões de toneladas. Dos plásticos consumidos, 24,6% foram de PEAD e PEBD, 20,2% de PP, 13,6 % de PVC e 5,4 % de PET. A distribuição por cada setor consumidor destes produtos foi de: 22,5% para construção civil; 20,3% para o setor de alimentos; 8,1% para o setor de comércio; 8,6% para a indústria de automóveis e 6,1 % para a indústria de bebidas.

Para saber mais!

ABIPLAST. Associação Brasileira da Indústria do Plástico. **Perfil 2019**. São Paulo, 2019.
Disponível em <http://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil2019>. Acesso em: 02 abr. 2020.

PEREIRA, C.L.N.; SILVA, R.R. A História das ciências e o ensino de Ciências. **Revista Virtual de Gestão de Iniciativas Sociais**. ed. Especial, p. 34 -46, março, 2009.
Disponível em <http://doczz.com.br/doc/390616/revista-virtual-de-gest%C3%A3o-de-iniciativas-sociais-issn---ltds>. Acesso em: 6 abr. 2020.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L. M.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. *In*: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de química em foco**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2019. p. 231-261

Unidade - 2

As consequências do descarte de plástico no ambiente



Fonte: pixabay.com

Essa unidade tem como objetivo relacionar as propriedades dos plásticos com os impactos ambientais causados por seu descarte inadequado.

O experimento proposto é a combustão de um polímero. Com ele é possível observar a formação de um composto tóxico a partir da queima de um polímero.

O texto complementar: **A estabilidade dos plásticos e seu descarte no meio ambiente** aborda as consequências para o ambiente do descarte do plástico e traz aspectos relacionados ao plástico presente no lixo urbano.

EXPERIMENTO – Combustão de um polímero sintético: poli (cloro de vinila) – PVC

A - Materiais utilizados

Amostra de PVC, (filmes plásticos de uso doméstico), solução de indicadora de repolho roxo em meio alcalino (100mL extrato de repolho roxo e 1 colher de café bicarbonato de sódio).

Tubos de ensaio, duas rolhas furadas, mangueira plástica com o mesmo diâmetro do furo da rolha, suporte universal, garras, anteparo, lamparina a álcool.

B – Execução da atividade demonstrativo- investigativa

B₁ – Pergunta Inicial

Por que não devemos queimar o lixo?

B₂ – Desenvolvimento da atividade demonstrativo-investigativa: : Procedimento Experimental

No tubo de ensaio, colocar o PVC e vedar com a rolha. No segundo tubo de ensaio, adicionar cerca de 20 ml da solução do extrato de repolho roxo em meio alcalino, vedar com a rolha furada. Unir os dois tubos de ensaio com uma mangueira plástica. A ponta da mangueira deve estar mergulhada no extrato de repolho roxo.

Após a montagem aquecer com a lamparina o tubo de ensaio contendo o PVC e observar o tubo com a solução de indicador de repolho roxo.

Figura 1: Montagem do experimento



Fonte: Franchetti e Marconato (2001)¹⁴

B₃ - Observação Macroscópica

A queima do PVC produz um borbulhamento no tubo contendo a solução de extrato de repolho roxo. A cor da solução muda de azul para rosa.

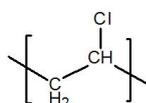
B₄ - Perguntas sugeridas para o levantamento das concepções prévias

O PVC é um plástico? Onde ele está presente em nosso dia a dia? Podemos queimar qualquer tipo de plástico?

C - Interpretação Submicroscópica

O lixo doméstico pode conter vários resíduos de plásticos, dentre eles o PVC. Esse material quando é queimado gera uma grande quantidade de produtos químicos, tais como fuligem (carbono sólido), monóxido de carbono, gás carbônico e cloreto de hidrogênio.

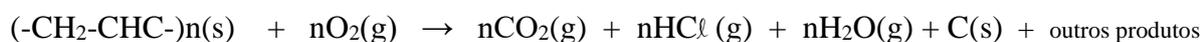
Figura 2: Expressão representacional do mero do PVC



Na combustão do PVC, a presença do gás cloreto de hidrogênio na fumaça é evidenciada pela mudança de cor do extrato de repolho roxo com o bicarbonato de sódio. Este indicador ácido-base apresenta cor azul em meio alcalino (pH maior que 7,0) e é rosa em meio ácido. O gás cloreto de hidrogênio reage com a água presente na solução de repolho roxo formando ácido clorídrico. O ácido clorídrico formado reage com a solução de bicarbonato de sódio, tornando a solução ácida. Essa mudança de pH muda a cor do indicador azul para rosa.

Expressão representacional das reações ocorridas no experimento

1 - Combustão do PVC



2 - Reação do HCl formado com o bicarbonato de sódio



D - Resposta à pergunta inicial: Por que não devemos queimar o lixo?

A incineração dos resíduos de PVC presentes no lixo urbano gera o gás HCl. Essa substância é tóxica aos seres vivos e contribui para a formação da chuva ácida. Outros gases formados nessa combustão também contribuem para o aumento do efeito estufa. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305 de 02/08/2010, é proibido queimar lixo a céu aberto em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para essa finalidade.

E - Importância para a sociedade

O plástico representa 13,5% do total dos resíduos sólidos coletados na limpeza urbana. Deste total, a maior parte é composta por embalagens descartáveis, tais como sacos, potes, filmes, frascos, garrafas. Além do problema da queima do próprio lixo, quando dispostos em lixões, os resíduos acabam muitas vezes sendo incinerados. Entretanto, mesmo quando a disposição é feita em aterros sanitários, considerado uma disposição adequada para os resíduos sólidos, os plásticos causam problemas ambientais, além de dificultar a compactação dos resíduos, prejudicam a decomposição dos materiais biodegradáveis.

O plástico cria camadas impermeáveis que afeta as trocas de líquidos e gases gerados no processo de biodegradação da matéria orgânica presentes nos resíduos.

F – Disposição dos resíduos

Os resíduos plásticos devem ser descartados no lixo reciclável, a solução indicadora pode ser descartada em pia comum.

Texto Complementar: A ESTABILIDADE DOS PLÁSTICOS E SEU DESCARTE NO MEIO AMBIENTE

Os plásticos possuem propriedades que fazem com que este material se destaque em relação ao vidro, a madeira e aos metais, quando comparados para um mesmo uso. São materiais leves, que podem ser processados em baixas temperaturas e que apresentam baixas condutibilidades térmica e elétrica, sendo considerados bons isolantes. São muito resistentes à corrosão, à tração e aos impactos. Essas propriedades ainda podem ser otimizadas com a introdução de aditivos no processo de produção, de forma a melhorá-las de acordo com a aplicação do material.

Porém nem todas as propriedades dos plásticos geram apenas efeitos positivos. Sua estabilidade química faz com que esse material seja muito resistente à degradação, ou seja, de difícil decomposição. Em virtude desta característica, a grande quantidade de plástico que é hoje utilizada na sociedade moderna, resulta em um efeito negativo deste para o meio ambiente. Quando expostos a luz, umidade, calor e microrganismo, seus índices de decomposição são quase desprezíveis¹⁵.

Nesse sentido depois de seu descarte, este material permanece por dezenas e até centenas de anos sem serem degradado causando sérios danos ao meio ambiente. A quantidade de plástico utilizada hoje na sociedade moderna, faz com que esse seja o maior efeito negativo dos plásticos quando são descartados no meio ambiente.

O plástico representa 13,5% dos resíduos sólidos coletados na limpeza urbana. Deste total, a maior parte é composta por embalagens descartáveis, tais como sacos, potes, filmes, frascos e garrafas. O PET, o PEAD e o PEBD, por serem os principais componentes de embalagens, representaram quase 70% dos tipos de plásticos encontrados no lixo urbano em 2018¹⁶.

Quando dispostos em lixões, os resíduos acabam muitas vezes sendo incinerados e alguns tipos de plástico, ao serem queimados, geram gases tóxicos. O PVC, por exemplo, quando queimado produz ácido clorídrico, que é tóxico e corrosivo.

Mesmo quando a disposição é feita em aterros sanitários, considerada uma disposição legalmente adequada para os resíduos sólidos, os plásticos causam problemas ambientais, além de dificultar a compactação dos resíduos e prejudicar a decomposição dos materiais biodegradáveis. O plástico cria camadas impermeáveis que afetam as trocas de líquidos e gases gerados no processo de biodegradação da matéria orgânica presente nos resíduos².

Em relação aos ambientes aquáticos, os resíduos plásticos podem causar o enredamento de animais e a intoxicação por ingestão. Os corais também são afetados por resíduos plásticos. As praias da costa brasileira estão em menor ou maior grau de contaminação pela presença destes¹⁷.

Os plásticos, inteiros ou em fragmentos, estão presentes nesses ambientes e são facilmente identificáveis. Atualmente, as atenções têm se voltado para as frações menores: os microplásticos, termo usado para agrupar resíduos de poliméricos sintéticos de tamanho menor que 5mm. São contaminantes onipresentes no mundo atual e podem ser encontrados em ecossistemas de água salgada e no ar atmosférico. Seus impactos ecológicos ainda estão sendo estudados pela

comunidade científica, embora já se saiba que, no ambiente aquático, o maior risco é a possibilidade de ingestão destes materiais. No ambiente terrestre as contaminações podem ocorrer principalmente por inalação¹⁸.

Nos resíduos plásticos provenientes do lixo doméstico, as sacolas de supermercados que são produzidas a partir de plásticos oxibiodegradáveis, têm agravado a contaminação do ambiente pelos microplásticos. Esses materiais consistem em polímeros aditivados com a finalidade da aceleração de sua degradação na presença de luz ou calor. Entretanto, pesquisadores afirmam que este tipo de degradação apenas fragmenta os plásticos e não os elimina dos ecossistemas.

No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente se posiciona contra os plásticos oxibiodegradáveis, pois entende que o plástico apenas se fragmenta e pode causar um impacto maior do que o material inteiro*.

Para saber mais!

FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. Decomposição térmica do PVC e detecção do HCl usando um indicador ácido-base natural. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 14, p.10-42, 2001. Disponível em: Acesso em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc14/v14a09.pdf>. Acesso em: 02. abr.2021.

HATJE, V.; COSTA, M. F. CUNHA., L.C. Oceanografia e Química: unindo conhecimentos em prol dos oceanos e da sociedade. *Química Nova*, São Paulo, v. 36, n. 10, p. 1497-1508, 2013. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=3043. Acesso em: 2 fev. 2020.

OLIVATTO, G. P.; CARREIRA, R.; TORNISIELO, V. L.; MONTAGNER, C. C. Microplásticos: Contaminantes de Preocupação Global no antropoceno. *Revista Virtual de Química*, São Paulo, v. 10, n. 6, p. 1968-1989, 2018. Disponível em: http://rvq.sbq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=998&nomeArquivo=v10n6a16.pdf. Aceso em: 8 mar 2020.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L. M.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. *In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). Ensino de química em foco*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2019. p. 231-261

VILHENA, A. (coord.). *Lixo municipal: manual de gerenciamento*. 4 ed. São Paulo: CEMPRE, 2018. 316 p. Disponível em: http://cempre.org.br/upload/Lixo_Municipal_2018.pdf. Acesso em: 6 abr. 2020.

WWF. *Solucionar a poluição plástica: transparência e responsabilização*. 2019. Disponível em: https://promo.wwf.org.br/solucionar-a-poluicao-plastica-transparencia-e-responsabilizacao?_ga=2.86169754.341977287.1617364175-1630647180.1617364175 Acesso: 02 abr. 2021.

*Disponível em <https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/saco-e-um-saco/saiba-mais.html> aceso em 14 fev. 2021

Unidade - 3

PARA ONDE VAI O LIXO PLÁSTICO?



Fonte: fotospublicas.com

Essa unidade tem como objetivos: a) relacionar as propriedades dos plásticos com a atividade de reciclagem do lixo urbano; b) abordar aspectos históricos da limpeza urbana e da reciclagem; c) Abordar aspectos críticos da atividade de reciclagem d) descrever o tratamento dado ao lixo no distrito federal.

São propostos três experimentos: separação de plásticos pelo código de reciclagem, identificação de plásticos por densidade e a moldagem de um polímero termoplástico. Os experimentos são complementares e fica a critério do professor realizá-los simultaneamente ou executar apenas um deles. Nos experimentos é possível discutir as propriedades dos polímeros associadas a atividade de reciclagem.

Os textos complementares são: **A reciclagem de plásticos:** descreve as etapas da reciclagem de plástico; **A história da limpeza urbana e da reciclagem:** aborda aspectos da limpeza urbana desde a antiguidade até os dias atuais; **Os resíduos sólidos do Distrito Federal:** descreve a sistemática do tratamento de lixo no Distrito Federal.

EXPERIMENTO 1 – SEPARAÇÃO DE PLÁSTICOS POR CÓDIGOS DE RECICLAGEM

A - Materiais utilizados

Embalagens diversas que utilizam plásticos em sua composição. Exemplo: embalagens de produtos de limpeza, para higiene e alimentos. É importante selecionar tanto embalagens que possuem o código, quanto as que não possuem.

Tabela de identificação de plástico para reciclagem (Disponível no roteiro).

B – Execução da atividade demonstrativo- investigativa: Procedimento Experimental

B₁ – Pergunta Inicial : Como separar embalagens plásticas para reciclagem?

B₂ – Desenvolvimento da atividade demonstrativo-investigativa: Procedimento experimental

Com o auxílio da tabela de identificação de plástico para reciclagem, separar as embalagens pelo tipo de polímero. Além do corpo da embalagem é importante identificar o material do rótulo e da tampa.

B₃ - Observação Macroscópica

Os plásticos são agrupados segundo o código presente nas embalagens. Os plásticos sem código constituem um grupo a parte. Esse grupo pode ser utilizado para a introdução do experimento 2.

B₄ - Perguntas sugeridas para o levantamento das concepções prévias ?

Para você o que reciclagem? Os plásticos presentes nas embalagens são todos iguais? O que significa o símbolo com uma numeração presente em algumas embalagens? Todos os plásticos podem ser reciclados?

C - Interpretação Submicroscópica

Os códigos designam os polímeros em que as cadeias poliméricas são iguais, ou seja, para um mesmo código os polímeros possuem o mesmo mero.

D - Resposta à pergunta inicial: Como separar embalagens plásticas pelo tipo de polímero?

Os plásticos podem ser separados e agrupados pelo código de identificação. Cada código indica os polímeros que possuem cadeias idênticas.

E – Importância para a sociedade

O plástico representa 13,5% dos resíduos sólidos coletados na limpeza urbana. Deste total, a maior parte é composta por embalagens descartáveis, tais como sacos, potes, filmes, frascos e garrafas. O PET, o PEAD e o PEBD, por serem os principais componentes de embalagens, representaram quase 70% dos tipos de plásticos encontrados no lixo urbano em 2018¹⁶.

F – Disposição dos Resíduos

Os resíduos plásticos utilizados na atividade devem ser descartados no lixo reciclável.

EXPERIMENTO 2 – IDENTIFICAÇÃO DE PLÁSTICOS POR DENSIDADE

A - Materiais utilizados

Pedaços dos plásticos com os códigos de reciclagem 1,2,5 e 6, identificados aleatoriamente com as letras A, B,C e D, água, solução saturada de NaCl (pode ser preparada misturando-se 2 copos de 200ml de água com 2 copinhos de café de sal de cozinha), álcool 46° INPM (álcool comercial encontrado em mercados), água, recipiente para as soluções (sugestão copo de vidro transparente).

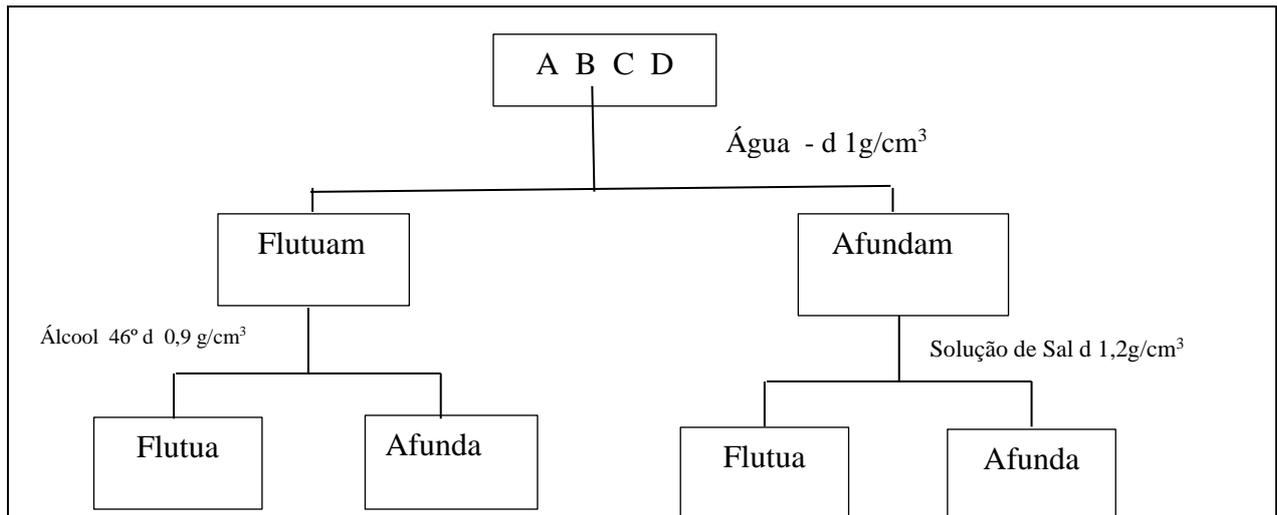
B – Execução da atividade demonstrativo- investigativa

B₁ – Pergunta Inicial: Como reconhecer plásticos que não possuem o código de identificação?

B₂ – Desenvolvimento da atividade demonstrativo-investigativa: Procedimento Experimental

Separe três recipientes com água, solução álcool 46° INPM e a saturada de sal. No recipiente contendo água, coloque os pedaços de plásticos e observe quais afundam e quais flutuam. No recipiente contendo álcool coloque os materiais que flutuam e no recipiente contendo a solução de sal os que afundaram.

Observar qual irá afundar e qual irá flutuar. Anotar os resultados de cada separação no quadro sugerido a seguir.



B₃ - Observação Macroscópica

De acordo com a identificação feita no item A, em água, os plásticos B e D flutuaram e os plásticos A e C afundaram. Para separar B de D, usou-se o álcool 46° INPM, nesta mistura D flutuou e B afundou. Já na separação de A e C, utilizou a solução de água e sal, nela A flutuou e C afundou.

C - Perguntas sugeridas para o levantamento das concepções prévias

O que é densidade? Os plásticos são substâncias puras? Os plásticos presentes nas embalagens são todos iguais? Em plásticos diferentes as densidades também são diferentes?

D - Interpretação Submicroscópica

Densidade é uma propriedade da matéria que indica o quanto de massa está presente por unidade de volume. Assim, um material (ou substância) que tem densidade igual a 2g/cm^3 significa que, um volume de 1 cm^3 deste material (ou substância) contém uma massa de 2 gramas.

Essa propriedade é característica de cada material ou substância e permite sua identificação. Quando um sólido é colocado em um líquido se sua densidade for maior que a do líquido ele irá afundar, se a densidade for menor que a do líquido ele irá flutuar. Se as densidades forem iguais o sólido posicionará no meio do líquido.

Neste experimento, quando o plástico é colocado em diferentes líquidos sua densidade irá determinar seu comportamento. Com o auxílio do quadro 1 a seguir é possível explicar o comportamento dos plásticos A, B, C, D e assim identificá-los.

Quadro 1: Densidade de alguns tipos de plástico

Plásticos	Densidade (g/cm^3)
1 – PET Poli (tereftalato de etileno)	1,22-1,40
2 – PEAD Polietileno de alta Densidade	0,94-0,96
5 – PP Polipropileno	0,89-0,91
6 – PS Poliestireno	1,040-1,080

FONTE: Vilhena *et al.* (2018)¹⁶

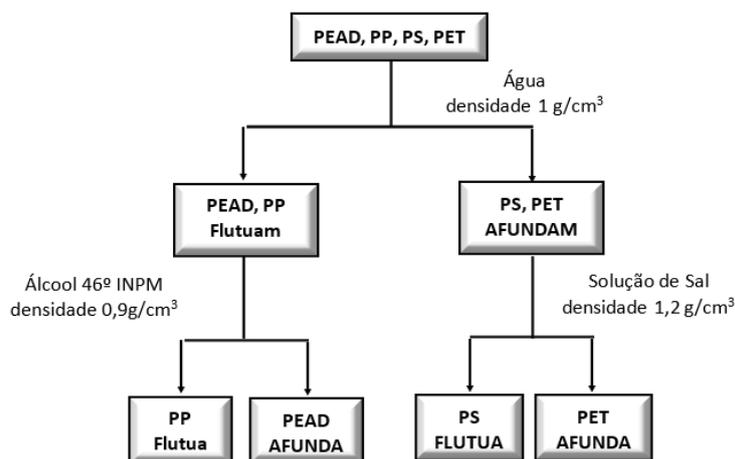
De acordo com as densidades dos plásticos apresentadas quadro 1, na água, os plásticos B e D flutuaram, logo tem densidade menor que 1g/cm^3 , indicando serem o PEAD e o PP. Para separá-los e proceder a identificação utilizou-se o álcool 46° INPM. Nele B afundou, logo sua densidade é menor que $0,9\text{g/cm}^3$. Já o plástico D flutuou porque tem densidade maior que $0,9\text{g/cm}^3$.

Assim, B e D podem ser identificados como PEAD e PP respectivamente.

Os plásticos A e C afundaram na água, logo tem densidades maiores que 1g/cm^3 , indicando serem o PET e o PS. Para separá-los e proceder a identificação utilizou-se a solução de sal. Nela C flutuou, logo sua densidade é menor que $1,2\text{g/cm}^3$, já A afundou, pois tem densidade maior que $1,2\text{g/cm}^3$. Desta forma A e C podem ser identificados como PET e PS respectivamente.

O esquema descrito na figura 1 mostra o comportamento dos polímeros utilizados no experimento nos diferentes líquidos.

Figura 1 – Separação de polímeros por densidade



Fonte: Autores

D1 - Resposta à pergunta inicial: Como reconhecer plásticos que não possuem o código de identificação?

É possível identificá-los por meio da determinação de sua densidade e consulta em uma tabela de densidade de plásticos.

E – Importância para a sociedade

A separação é uma etapa complexa da reciclagem dos plásticos e que afeta o valor tanto do produto final reciclado, quanto do plástico que será vendido para as indústrias recicladoras. Muitos objetos são formados por mais de um tipo de plásticos dificultando a identificação e a separação.

F – Resíduos

Descartar os resíduos plásticos no lixo reciclado. As soluções podem ser descartadas em pia comum.

EXPERIMENTO 3 – Reciclagem de plásticos

A - Materiais utilizados

Sacolas plásticas utilizadas em supermercados, ferro de passar roupa, papel manteiga e tesoura, blocos de madeira para molde.

B – Desenvolvimento da atividade demonstrativo-investigativa

B₁ – Pergunta Inicial: Como reciclar um plástico?

B₂ – Execução da atividade demonstrativo- investigativa: Procedimento Experimental

Cortar as alças e as partes de baixo de várias sacolas de forma que ela fique no formato de um retângulo ou quadrado. Sobrepor três ou quatro retângulos, colocar por cima uma folha de papel manteiga. O papel manteiga irá impedir do plástico grudar no ferro.

Passar o ferro em uma temperatura média até que as sacolas se fundam, moldar para formar um novo artefato.

B₃ - Observação Macroscópica

Ao se pressionar o ferro de passar roupa nas sacolas plásticas elas irão se fundir podendo ser moldadas para se obter um novo artefato.

B₄ - Perguntas sugeridas para levantamento das concepções prévias

Para você o que é reciclagem? Por que os plásticos podem ser reciclados? É possível reciclar todos os tipos de plástico? Por que a sacola amolece com a temperatura do ferro? O plástico reciclado pode ser utilizado na confecção de qualquer objeto?

D - Interpretação Submicroscópica

As sacolas plásticas são fabricadas em polietileno. Esse polímero é classificado como termoplástico. Nele as cadeias poliméricas são unidas apenas por forças intermoleculares que necessitam de baixa quantidade de energia para serem rompidas. O ferro de passar roupa aquece a sacola plástica e causa um amolecimento que faz com que as sacolas se unam e possam ser moldadas em outro formato. Não há alteração em sua estrutura química, apenas um enfraquecimento das interações intermoleculares entre as cadeias poliméricas.

D₁ - Resposta à pergunta inicial: Como reciclar um plástico?

Os plásticos termoplásticos podem ser aquecidos e moldados novamente para formar novos artefatos.

E – Importância para a sociedade

A reciclagem do plástico representa uma forma de atenuar os problemas ambientais gerados pelo seu descarte. Os plásticos termoplásticos são os mais encontrados em resíduos sólidos domésticos, pois fazem parte da composição de embalagens, garrafas, materiais descartáveis, sacos e sacolas. No Brasil, apenas 10% do plástico que é produzido tem como destino final a reciclagem¹³. Entretanto ela não é uma solução isolada e deve estar associada a ações de reaproveitamento e redução do consumo desses materiais.

F- Disposição dos resíduos

Descartar as sacolas plásticas e o papel manteiga no lixo reciclável.

Texto Complementar 1: A reciclagem de plásticos

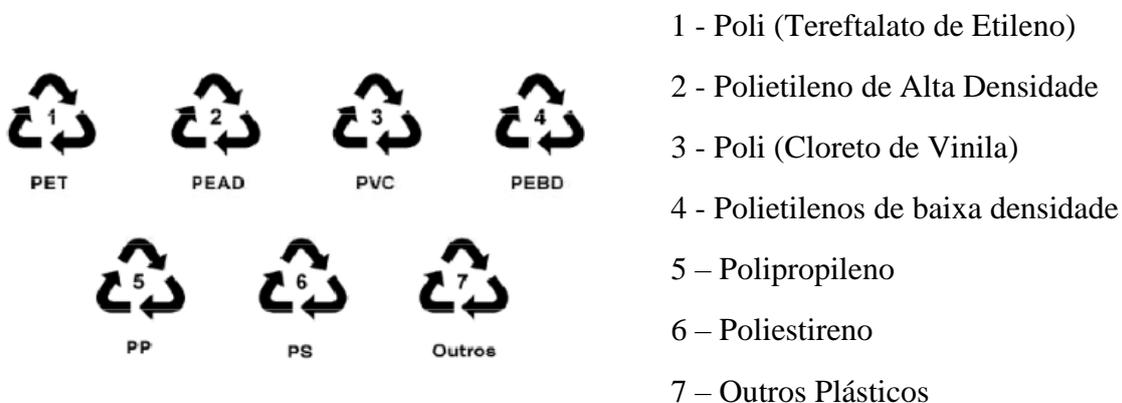
Segundo a Política nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela lei Federal nº 12.305, de 05 de agosto de 2010, a reciclagem é definida como o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos. Essa atividade prolonga a vida útil dos aterros sanitários, além de auxiliar na diminuição da extração de matérias-primas para a confecção de novos produtos. E, desta forma contribui para a economia de água e de energia, além da geração de trabalho e renda ¹⁹.

É importante distinguir a reciclagem da coleta seletiva. A coleta seletiva de lixo é um sistema de recolhimento de materiais recicláveis, como por exemplo papéis, plásticos, vidros, metais e o material orgânicos. Sendo que esses materiais são previamente separados na fonte geradora ¹⁶.

A Reciclagem dos plásticos presentes nos resíduos sólidos urbanos, pode ser realizada a partir de resíduos oriundos de lixões, sistemas de coleta seletiva, dentre outros. Nesse processo exige-se uma separação prévia dos plásticos. Contaminantes como vidro, papel, metal ou outros plásticos, ainda que em baixas concentrações, podem alterar o produto final.

Para auxiliar na separação e posterior reciclagem são estabelecidos códigos para identificação dos plásticos presentes nas embalagens. No Brasil essa identificação é estabelecida pela norma ABNT 13230*. Os códigos são representados por uma numeração de normalmente um número de 1 a 7 dentro de um triângulo de três setas e estão representados figura 1.

Figura 1 : Códigos de reciclagem de plásticos



O código “7 – Outros Plásticos” em geral é usado para produtos fabricados com polímeros menos comuns, como por exemplo, o policarbonato, a poliamida, ou uma combinação de diversos polímeros. A norma sugere, neste caso, o uso da sigla do polímero abaixo do símbolo. Na separação por códigos, caso o resíduo não apresente a inscrição da simbologia, devem ser aplicadas outras formas de separação.

Os plásticos reciclados são utilizados como matéria prima na fabricação de mangueiras, sacos de lixo, utensílios domésticos e produtos industriais, tais como: fibras têxteis, pallets, tábuas,

*ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13230: embalagens e acondicionamento plásticos recicláveis: identificação e simbologia. Rio de Janeiro, 2008

mourões e perfis de madeira plástica*. Entretanto, o plástico reciclado, ainda têm limitações de aplicação, não devendo ser utilizados em embalagens em que há o contato deste material com bebidas, remédios e alimentos¹⁶. A figura 2 a seguir mostra os tipos mais comuns de plásticos utilizados em embalagens.

Figura 2 : Aplicação de plásticos reciclados

Resina	Aplicação	Reciclagem
 1 PET	Garrafas para refrigerante, água, óleo comestível, molho para salada, anti-séptico bucal, xampu	Fibra para carpete, tecido, vassoura, embalagem de produtos de limpeza, acessórios diversos
 2 PEAD	Garrafas para iogurte, suco, leite, produtos de limpeza, potes para sorvete, frascos para xampu	Frascos para produtos de limpeza, óleo para motor, tubulação de esgoto, conduíte
 3 PVC	Filmes estiráveis, berços para biscoitos, frascos para anti-séptico bucal, xampu, produtos de higiene pessoal, <i>blister</i>	Mangueira para jardim, tubulação de esgoto, cones de tráfego, cabos
 4 PEBD	Filme encolhível, embalagem flexível para leite, iogurte, saquinhos de compras, frascos <i>squeezable</i>	Envelopes, filmes, sacos, sacos para lixo, tubulação para irrigação
 5 PP	Potes para margarina, sorvete, tampas, rótulos, copos descartáveis, embalagem para biscoitos, xampu	Caixas e cabos para bateria de carro, vassouras, escovas, funil para óleo, caixas, bandejas
 6 PS	Copos descartáveis, pratos descartáveis, pote para iogurte, bandejas, embalagem para ovos, acolchoamento	Placas para isolamento térmico, acessórios para escritório, bandejas
 7 OUTROS	Embalagem multicamada para biscoitos e salgadinhos, mamadeiras, CD, DVD, utilidades domésticas	Madeira plástica, reciclagem energética

Fonte: Coltro, Gasparino e Queiroz (2008)²⁰

A reciclagem de plásticos pode ser classificada em quatro categorias: primária, secundária, terciária e quaternária²¹.

A reciclagem primária ou pré-consumo acontece quando são utilizados resíduos equivalentes a produtos originais. Esta utiliza como matéria-prima aparas e restos de produção, e geralmente é realizada na própria indústria plástica. A reciclagem secundária ou pós-consumo é realizada com resíduos procedentes de resíduos sólidos urbanos, ou seja, são materiais oriundos de lixões, sistemas de coleta seletiva, dentre outros. Na reciclagem terciária ou química, os resíduos plásticos são convertidos em insumos químicos ou combustíveis. Já na reciclagem quaternária ou energética, estes resíduos são submetidos a um processo de incineração controlada para recuperação de energia.

As categorias primária e secundária são definidas como processos de reciclagem mecânica ou física. Ambas são adequadas para plásticos termoplásticos, pois uma vez que sejam aquecidos, estes amolecem e podem então ser moldados novamente. Já os plásticos termorrígidos, como não se fundem quando aquecidos, não podem ser processados por meio da reciclagem mecânica. Em determinados casos, esses materiais podem ser aproveitados, após serem triturados e incorporados diretamente na fabricação de outros produtos.

No Brasil, a indústria da reciclagem do plástico é composta, praticamente, por empresas que realizam o processo de reciclagem mecânica.

*Madeira plástica: uma mistura de PEBD, PEAD, PS, PVC e PP (SPINACÉ E DE PAOLI 2005).

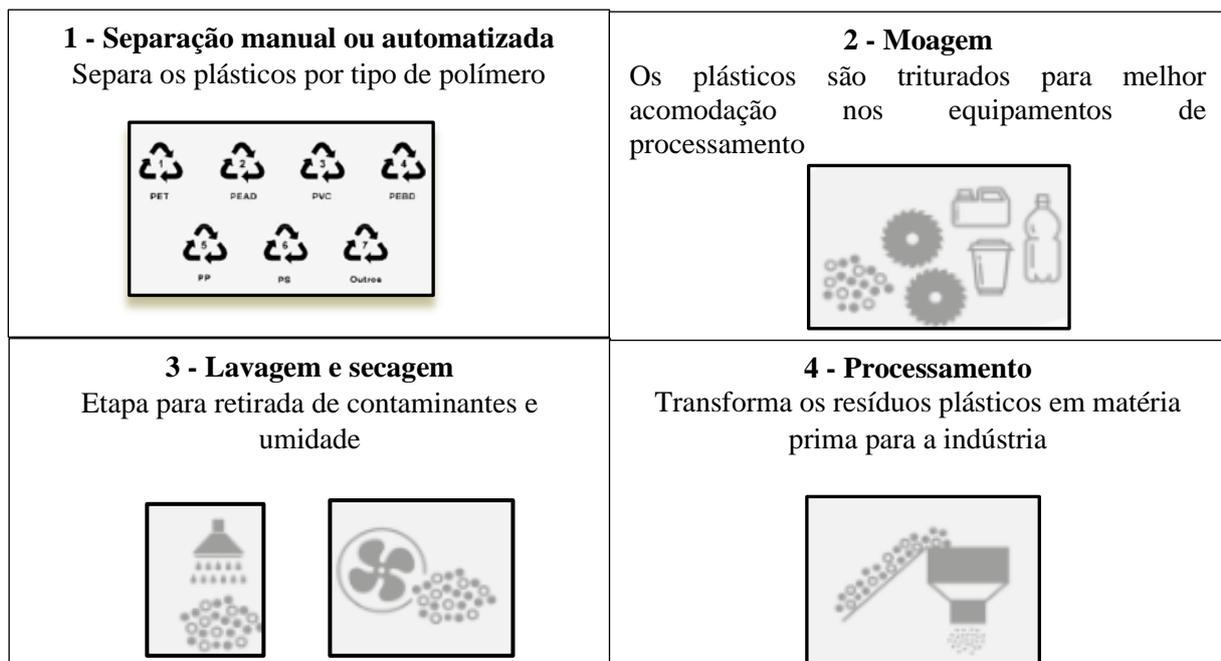
Este tipo de reciclagem exige uma separação prévia entre os diferentes tipos de plástico, além disso é preciso separar também o plástico de outros materiais pois contaminantes como vidro, papel, metal, ainda que em baixas concentrações, podem alterar o produto final.

A separação é uma etapa complexa da reciclagem dos plásticos e que afeta o valor tanto do produto reciclado, quanto o que será vendido para as indústrias recicladoras. Muitos objetos são formados por mais de um tipo de plástico, o que dificulta a identificação e a separação. Além da separação por tipos de polímero, também é realizada uma separação por cor, quando então os resíduos de plásticos brancos são separados dos resíduos coloridos. O material branco poderá ser pigmentado para futuras aplicações, já o colorido normalmente é destinado para a produção de artefatos pretos, como sacos de lixo e mangueiras¹⁶.

A separação dos plásticos pode ser manual ou automatizada. A escolha irá depender das necessidades do mercado ou do custo da mão de obra. A Separação Manual pode ser feita por meio da catação em centros de triagem, e exige um treinamento do pessoal que irá atuar na separação.

Um esquema (FIGURA 3) foi elaborado para representar as etapas da reciclagem mecânica de plásticos

Figura 3: Etapas da reciclagem mecânica



Fonte: ANCAT (2019)²² elaborados pelos autores

É importante ressaltar que não se deve confundir a atividade de reciclagem com avanços no tratamento e disposição do lixo produzido. O Brasil, por exemplo, é um grande reciclador de latas de alumínio, mas ainda detém indicadores negativos na gestão de resíduos²³.

A despeito da importância da reciclagem, esta atividade deve ser vista como um processo industrial que está sujeito as limitações ambientais e econômicas. Os gastos de água e de energia nos processos de reciclagem, por exemplo, devem ser levados em consideração para que os custos ambientais não sejam menosprezados em relação ao benefício econômico. Outro aspecto a se considerar é a capacidade da indústria recicladora em processar todo material coletado, ou se haverá mercado para sua comercialização.

A separação dos materiais irá favorecer a reciclagem industrial e o reaproveitamento da fração orgânica presente no lixo. Neste sentido a reciclagem e a coleta seletiva são procedimentos distintos.

O combate a abordagens reducionistas deve ser estimulado por meio de reflexão crítica abrangendo “os valores culturais da sociedade de consumo, do consumismo, do industrialismo, do modo de produção capitalista e dos aspectos políticos e econômicos da questão do lixo”²⁴.

Um estímulo à reciclagem, sem uma visão crítica do consumo, pode levar os indivíduos a uma ideia errônea de que produtos recicláveis são ecológicos por definição, estimulando-se mais o consumismo. Não se deve dar máxima importância à reciclagem em detrimento da redução do consumo e do reaproveitamento dos materiais no tratamento dos problemas gerados com o descarte de resíduos.

Texto Complementar 2: A história da limpeza urbana e da reciclagem

O lixo sempre esteve presente nas atividades humanas. Na pré-história, o homem já queimava o lixo, supostamente para eliminar o mau cheiro. Com a fixação das populações em cidades e aldeias, por volta de 4000 a.C., a questão do lixo começou a ficar mais complexa²⁵.

Na Antiguidade, povos sumérios, assírios, hindus, egípcios e gregos eram desenvolvidos em questões sanitárias e possuíam sistemas de captação de águas servidas* com sua destinação para a agricultura. Já os povos romanos, além do sistema de abastecimento e captação de esgoto avançados, também foram responsáveis pelo desenvolvimento de sistemas de limpeza de ruas e calçadas. A queda do Império Romano, no entanto, levou a perdas de muitas conquistas sanitárias, visto que cidades romanas foram destruídas até o século V, sendo reconstruídas somente 500 anos depois.

Com o crescimento populacional, após o início da Idade Média, que a questão da higiene nas cidades se tornou crítica. Houve um aumento na criação de animais e, por consequência, um maior volume na produção de excrementos. Neste cenário, se criou o costume de jogar os dejetos em frente às casas, pois eram poucas as cidades com canalização de esgoto. Os cadáveres eram enterrados próximos às igrejas, dentro das cidades, causando a contaminação das águas. Foi somente no século XIV, mais precisamente na Alemanha, em Nuremberg e Strasburg, que a ocorrência de pestes fez com que o sepultamento passasse a ser feito fora dos muros da cidade. Com a Reforma Protestante, a prática aumentou bem como na Revolução Francesa, em que a rígida relação entre igreja e cemitério foi abolida.

A partir do século XIV, iniciam-se ações de saúde pública nas cidades europeias com o objetivo de tratar questões de saneamento, limpeza pública e saúde. Há proibições do lançamento de dejetos nas ruas em várias cidades.

Com a Revolução Industrial, na segunda metade do século XIX, há um expressivo avanço na limpeza urbana, quando foram então necessárias medidas mais drásticas para conter as implicações sanitárias do acelerado crescimento urbano. Somado a isso, surge também em meados do século XIX, a teoria microbiana das doenças, e o início de uma grande preocupação com a qualidade da água. E ainda, se estabelece a necessidade da separação entre esgoto e resíduos sólidos. Entretanto, mesmo com esta distinção a questão dos resíduos fica a cargo da área de saúde até os anos de 1950.

Houve um aperfeiçoamento do tratamento dos resíduos e foram criadas as primeiras usinas de triagem e reaproveitamento de lixo na Alemanha em 1885 e 1889.

*Fezes, urina, águas de banho, limpeza doméstica incluindo quase sempre, as águas de chuva.

Nos Estados Unidos, na primeira metade do século XX, é iniciada a coleta seletiva de lixo, além de uma maior preocupação de dar melhor destino aos resíduos, com a segregação destes em terrenos mais baixos e cobrindo com terra.

Com o advento da Segunda Guerra Mundial, a reutilização e a reciclagem foram ações altamente disseminadas na população. No período pós-guerra houve um incremento do consumo em massa e os resíduos sólidos domésticos passaram a ganhar destaque e grande visibilidade, devido à quantidade e à complexidade da produção industrial. A Alemanha se destaca na gestão dos resíduos sólidos, e em 1972 é promulgada a lei de tratamento de resíduos dando início a substituição dos lixões pelos aterros sanitários.

Ao longo da Segunda Guerra Mundial, campanhas incentivavam a população a doar resíduos para serem usados como insumos utilizados no suprimento da produção de artigos bélicos. Entretanto, foi a partir da década de 1960 que houve a implantação, nos Estados Unidos, de programas de recuperação de embalagens com o intuito de se contribuir para a gestão dos resíduos sólidos²⁶.

O lixo passou por transformações, pois até meados do século XX, este era composto basicamente por matéria orgânica. O avanço tecnológico aliado ao consumo de materiais menos duráveis e descartáveis provocou um aumento e uma maior diversificação do lixo gerado. Plásticos de diversas origens, pilhas, baterias de celulares e lâmpadas, também passaram a constituir um novo tipo de lixo, quando se criou o desafio de sua coleta, transporte e disposição final.

Com o avanço as questões ambientais na década de 1970, a reciclagem passou a ser uma atividade também de preservação do meio ambiente, e ganhou mais visibilidade na sociedade.

Nas comemorações do dia da Terra, no ano de 1970, a empresa americana *Container Corporation of America (CCA)*, considerada a maior recicladora de papel da época, patrocinou um concurso para escolher um símbolo que melhor representasse a reciclagem. O vencedor foi Gary Anderson, um estudante da Califórnia. O símbolo criado por ele (FIGURA 1), representa três flechas retorcidas formando um ciclo e, sua inspiração era representar a continuidade em um desenho finito. Este é de domínio público, utilizado mundialmente para indicar que um material é reciclável.

Figura 1: Símbolo universal da reciclagem



Fonte: Adeodato (2008)²⁶

Na década de 1990, a reciclagem passa a fazer parte do vocabulário cotidiano, como uma iniciativa importante na proteção do meio ambiente. Desta forma, destaca-se a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada na cidade do Rio de Janeiro em 1992, quando então, durante as discussões sobre desenvolvimento sustentável foi apresentado o princípio dos 3 R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar). A reciclagem passou definitivamente a ser uma etapa fundamental no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.

No Brasil é difícil se estabelecer um panorama mais amplo e sistemático sobre a limpeza urbana. Em virtude das dimensões continentais, o desenvolvimento se deu de forma muito desigual, com diferenças culturais e, principalmente, de distribuição de renda. Ademais, são poucas as cidades que se dedicam a memória da limpeza urbana²⁵.

No Brasil Império, no Rio de Janeiro, entre 1849 e 1850 foram criadas comissões de saúde pública para reformar serviços sanitários. O sistema de limpeza pública teve seu início em 1869 em São Paulo e, em 1880 no Rio de Janeiro, sendo que nesta localidade os executores foram Aleixo

Gary e Luciano Francisco Gary, que tiveram em seu sobrenome a origem da palavra gari. Atividades de catação no lixão da Baía de Guanabara foram mencionadas no Jornal do Comércio de 1896².

No decorrer século XX, foram implantadas no País novidades técnicas no tratamento de lixo. Foram feitas incitativas de incineração e criação de usinas de triagem e compostagem. Em 1985, a coleta seletiva foi implantada no bairro São Francisco em Niterói, no Estado do Rio de Janeiro. Em 1988, Curitiba é a primeira cidade a implantar o sistema de coleta seletiva²⁵.

Em agosto de 2010, após 20 anos de tramitação no Congresso Nacional, foi instituída no Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei 12.305²⁷, que traz o marco regulatório com princípios, objetivos e diretrizes para a gestão de resíduos sólidos. O gerenciamento de resíduos no País, após a instituição da PNRS, segue a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e, como última alternativa à disposição final ambientalmente adequada².

A PNRS preconiza a responsabilidade compartilhada em todo o ciclo de vida de um produto, ou seja, de sua fabricação até sua destinação final. Nesse sentido, cada agente deste ciclo, desde os produtores até o consumidor final, deve empregar ferramentas ambientalmente sustentáveis para a destinação adequada dos resíduos gerados. Dentre estas ferramentas estão listadas no texto da Lei, a logística reversa* e a coleta seletiva.

Em relação à logística reversa, a lei citada obriga que fabricantes de agrotóxicos, pilhas e baterias, lubrificantes, lâmpadas e produtos eletroeletrônicos, instituem sistemas de retorno para o resíduo gerado após o uso destes materiais. Quanto aos demais produtos comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro, o poder público e os fabricantes devem formalizar acordos visando à extensão da logística reversa, consoantes ao impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados por estes produtos²⁷.

Além disso, a PNRS cria metas para a eliminação dos lixões, e inclui catadoras e catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis, tanto na Logística Reversa quando na Coleta Seletiva, para o gerenciamento dos resíduos sólidos. Entretanto, é apenas o ponto de partida. É preciso que toda a sociedade colabore, entes públicos e privados, seguindo práticas coletivas e individuais, de forma que o meio ambiente seja protegido para as futuras gerações².

Texto Complementar 3 : Os resíduos sólidos do Distrito Federal

As ações para a gestão dos resíduos sólidos gerados no Distrito Federal estão estabelecidas no Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PDGIRS). O plano é um desdobramento da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, instituída pela lei Federal nº 12.305, de 05 de agosto de 2010 e da Lei Distrital n.º 5.418 de 24 de novembro de 2014, que instituiu a Política Distrital de Resíduos Sólidos²⁸.

O PDGIRS tem como diretrizes para o manejo dos resíduos sólidos, ações com a seguinte ordem de prioridade; não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final. Além de estabelecer a responsabilidade compartilhada entre entes públicos, privados, consumidores e cidadãos comuns. Sua validade é de vinte anos com revisão a cada 4 (quatro) anos, sua foi aprovação por meio do Decreto nº 38.903, de 6 de março de 2018.

Para a operacionalização do PDGIRS, o lixo produzido no DF é dividido em três categorias descritas a seguir: resíduos sólidos urbanos (RSU), resíduos especiais e resíduos sujeito a logística reversa.

O lixo doméstico é classificado como resíduo sólido domiciliar (RDO). Essa classificação também engloba o lixo proveniente de estabelecimentos comerciais cuja produção diária seja de até 120 litros. O RDO e os resíduos provenientes da limpeza pública são categorizados como

* Logística Reversa é o conjunto de ações para que o resíduo pós- consumo retorne para a cadeia produtiva. Esse fluxo inclui várias etapas, primeiro a coleta dos resíduos, posteriormente, sua triagem e destinação adequada: reutilização, reciclagem ou compostagem²⁶

resíduos sólidos urbanos (RSU). A responsabilidade sobre o manejo adequado dos RSU é do poder público, sendo o Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal (SLU) o responsável por executar essas ações.

Os resíduos especiais são provenientes de grandes geradores, serviços de saúde, construção civil, indústrias, serviços de transporte e agropecuários. A gestão desse resíduo é de responsabilidade do gerador.

Já os resíduos sujeitos a logística reversa tem a responsabilidade da destinação final compartilhada entre fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana. Estão sujeitos a logística reversa as pilhas e baterias, pneus, resíduos de óleos lubrificantes, resíduos eletroeletrônicos, lâmpadas, resíduos de agrotóxicos, medicamentos e embalagens em geral.

O consumidor final tem a responsabilidade de contribuir com a devolução desse resíduo. No distrito Federal existem pontos de entrega voluntária (PEV), destinados a logística reversa. Nesses locais o consumidor pode entregar voluntariamente o resíduo para que seja dado o tratamento adequado. Os PEV podem ser consultados no site do SLU*.

O lixo doméstico no Distrito Federal

As atividades envolvidas no gerenciamento desses resíduos pelo poder público são: coleta, transporte, triagem, tratamento e destinação dos resíduos sólidos. Já o gerador dos resíduos domiciliares tem a responsabilidade quanto a segregação, acondicionamento, armazenamento e disponibilidade para a coleta.

Os serviços de coleta domiciliar, seletiva, transporte, tratamento e disposição final são custeados pela taxa de limpeza pública (TLP). A TLP é recolhida anualmente por meio do IPTU.

Os resíduos domiciliares devem ser separados em, no mínimo, secos e úmidos. O lixo doméstico é recolhido por meio da coleta convencional e seletiva.

A coleta convencional recolhe os resíduos úmidos, já a seletiva é destinada para o recolhimento de resíduos secos.

Além dessa separação o lixo sujeito a logística reversa deve ser segregado e entregue nos locais destinados. O RDO produzido pode passar por etapas de triagem e tratamento ou apenas seguir para destinação final.

Separação, coleta, tratamento e destinação do lixo úmido

A coleta convencional é destinada aos resíduos orgânicos e não recicláveis (rejeitos) classificados como lixo úmido ou orgânico. A coleta é realizada por empresas contratadas pelo SLU.

Esses resíduos devem ser acondicionados em sacos preferencialmente de cor pretos ou cinza. São considerados resíduos orgânicos, cascas de frutas e legumes, restos de comida, borra de café, cascas de ovos, folhas secas. Os resíduos considerados não recicláveis são fraldas, papéis sujos, materiais de higiene e cuidado pessoal como absorventes, papel higiênico e preservativos, panos e tecidos, esponjas limpeza e plásticos metalizados (embalagens de salgadinho e biscoitos).

Após a coleta, o lixo convencional pode ser destinado diretamente para Aterro Sanitário de Brasília, para unidades de transbordo ou para unidades de Tratamento Mecânico-Biológico.

O Aterro Sanitário de Brasília está localizado na região administrativa de samambaia. Iniciou suas operações em janeiro de 2017, mas foi a partir de janeiro de 2018, após o fechamento definitivo do Aterro do jóquei, também conhecido como lixão da estrutural, que este aterro passou a ser utilizado definitivamente como destino final de rejeitos no DF. No aterro é proibido a atividade de catação de materiais. Já as unidades de transbordo funcionam como um entreposto de resíduos.

* Informação disponível em <http://www.slu.df.gov.br/pontos-de-coleta-logistica-reversa/>

No DF existem quatro áreas de transbordo, localizadas na Asa Sul, Brazlândia, Ceilândia, Gama e Sobradinho, gerenciadas pelas empresas prestadoras de serviço de limpeza. Nessas áreas os resíduos provenientes dos caminhões da coleta convencional são segregados em razão de sua natureza e composição e posteriormente encaminhados para destinação final, tratamento mecânico biológico ou reciclagem.

Nas unidades de Tratamento Mecânico-Biológico a fração orgânica do lixo é separada dos outros resíduos é processada pelo processo de compostagem. O rejeito é encaminhado ao aterro sanitário e o resíduo reciclado é separado para venda. Existem duas usinas em operação no DF, a Usina de Tratamento Mecânico-Biológico (UTMB) Asa Sul e a Usina de Tratamento de Mecânico-Biológico (UTMB) de Ceilândia. O composto obtido pode ser utilizado em diversos tipos de culturas e em jardins e é vendido ou doado para a pequenos agricultores da região.

Quando o resíduo não é separado na fonte, há uma contaminação mútua entre resíduos orgânicos e recicláveis. Essa contaminação gera uma desvalorização na comercialização desses materiais.

Nas regiões onde o acesso dos caminhos coletores é prejudicado e não há o atendimento da coleta convencional, o SLU disponibiliza containers semienterrados, denominados Papa Lixo. Nesses locais a população pode dispor adequadamente, minimizando os riscos de proliferação de vetores de doenças²⁹.

Separação, coleta, tratamento e destinação do lixo seco

A coleta convencional é destinada aos resíduos recicláveis, classificados como lixo seco. A coleta é realizada por empresas terceirizadas e associações de catadores de materiais recicláveis.

Esses resíduos devem ser acondicionados em sacos preferencialmente de cor azul ou verde. São considerados resíduos recicláveis, os papeis e papelões, plásticos, metais além de embalagens longa vida. O vidro ainda não faz parte do programa de reciclagem no DF. Não existe a necessidade de limpar as embalagens, apenas retirar o excesso de líquidos ou alimentos*.

Após a coleta os resíduos são encaminhados para as Instalações de Recuperação de Resíduos (IRR). Nesses locais cooperativas de catadores contratadas pelo SLU, fazem a triagem, classificação, prensagem, armazenamento e comercialização dos materiais recicláveis provenientes da coleta seletiva²⁹.

Além da coleta, existem no DF, pontos de entrega voluntária, denominados Papa Entulho. Nesses pontos, a população pode entregar materiais recicláveis que serão posteriormente encaminhados para as IRR. No site do SLU está disponível o endereço dos Papa Entulho.

Nas IRR, as etapas de triagem e classificação são realizadas manualmente, o material é despejado pelos caminhões da coleta seletiva sendo separado pelos catadores. Cada catador é responsável por triar um tipo de material, a triagem é realizada de acordo com a comercialização dos materiais. Após a separação os resíduos são prensados, transformados em fardos para comercialização.

O material não comercializado é segregado como rejeito e enviado para o aterro sanitário. Em 2019, no período de maio a setembro, a média de aproveitamento nos IRR foi de 43%. Para o SLU, esse dado é um indicador da necessidade de melhora na qualidade do material entregue na coleta seletiva.

Como no Distrito Federal não existem atualmente indústrias recicladoras para todos os resíduos. O material triado é vendido para empresas intermediárias, para posteriormente serem revendidos a indústrias recicladoras²⁸.

O plástico é o material que mais gera renda as para as cooperativas de catadores. Entretanto o metal tem o maior valor de revenda, mas em virtude da quantidade triada, sua venda para as cooperativas é irregular.

* Informação disponível em: <http://www.slu.df.gov.br/wp-content/uploads/2019/10/TUDO-QUE-VOCE-PRECISA-SABER-SOBRE-COLETA-SELETIVA.pdf>.

Apesar de não fazer parte do programa de coleta seletiva, o vidro é triado, entretanto, tem o valor significativamente mais baixo que dos outros materiais. Sua comercialização é prejudicada uma vez que as indústrias de reciclagem deste material estão localizadas na região sudeste²⁸.

Separação, coleta, tratamento e destinação do lixo sujeito a logística reversa

Dos resíduos sujeitos a logística reversa, os mais comumente encontrados no lixo doméstico são: pilhas e baterias; lâmpadas; produtos eletroeletrônicos e medicamentos vencidos.

Isso implica que estes resíduos não devem ser descartados no lixo úmido e nem no lixo seco. Eles podem ser entregues em pontos de coleta de logística reversa. A lista dos locais para entrega desses materiais pode ser consultada no site do SLU.

Para saber mais!

CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em: <https://cempre.org.br/>. Acesso em 02 abr. 2021.

EIGENHEER, E. M. Lixo: A limpeza urbana através dos tempos. Rio de Janeiro: ELS2 Comunicação, 2009. v. 1. 144p. Disponível em <http://www.lixoeeducacao.uerj.br/imagens/pdf/ahistoriadolixo.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2020.

LAYRARGUES, P. P. O cinismo da reciclagem: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental. In: LOUREIRO, F. B.; LAYR ARGUES, P. P.; CASTRO, R. S. (Org.). Educação Ambiental: repensando o espaço da cidadania. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2002. p. 1-23. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237655129_O_CINISMO_DA_RECICLAGEM_o_significado_ideologico_da_reciclagem_da_lata_de_aluminio_e_suas_implicacoes_para_a_educacao_ambiental_1

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L. M.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de química em foco**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2019. p. 231-261

SPINACÉ, M. A. S.; DE PAOLI, M. A tecnologia da reciclagem de polímeros. Química nova, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 65-72, 2005. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7413/1/td_2268.PDF. Acesso em: 5 abr. 2020.

SLU. Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal. Disponível em: <http://www.slu.df.gov.br>. Acesso em 02 abr. 2021.



Fonte: fotospublicas.com

Unidade - 4

OS CATADORES DE MATERIAL RECICLADO



Fonte: fotospublicas.com

Essa unidade tem como objetivo descrever o trabalho dos catadores de materiais recicláveis abordando aspectos sociais e políticos desta profissão.

O experimento proposto é a exibição de vídeo sobre o trabalho destes trabalhadores. Sugerimos como vídeo de apoio o filme *Catadores de Histórias* de Flávia Quaresma. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-GFgVpDs8oo>.

O texto complementar: *Os catadores de materiais recicláveis*, aborda aspectos históricos e as condições de trabalho desses profissionais.

Após a filme a proposta da unidade é um debate sobre o trabalho dos catadores. O(A) professor(a) pode durante a discussão apresentar aspectos presentes no texto complementar.

EXIBIÇÃO DE VÍDEO: OS CATADORES DE MATERIAL RECICLADO

A - Material utilizado

Vídeo sobre a temática dos catadores.

B- Pergunta inicial: O que faz um catador de material reciclado?

C – Execução do filme

A proposta é realizar um debate após a discussão, mas fica a critério do(a) professor(a) realizar intervenções durante o vídeo ou propor questões anteriores.

D – Perguntas sugeridas para o debate após o filme

Como o catador visto na sociedade? Os catadores são organizados? Quais os riscos eles correm em sua atividade? O trabalho catador contribui para a preservação do meio ambiente? Como a população pode contribuir com o trabalho dos catadores?

Texto Complementar: Os catadores de materiais recicláveis

Atualmente os catadores têm grande importância no fornecimento de matéria-prima para as indústrias da reciclagem, uma vez que são responsáveis pela coleta, triagem e destinação desses materiais para os fins adequados ao visarem, principalmente, a reciclagem¹⁶.

A partir da promulgação da PNRS em 2010, o papel dos catadores passou a ser considerado como parte fundamental na gestão do lixo. A PNRS garante a inclusão social como um dos eixos estruturantes para o tratamento dos resíduos sólidos. Neste sentido, essa estabelece como instrumentos a criação e o desenvolvimento de cooperativas e associações, bem como a implantação de infraestrutura e aquisição de equipamentos para viabilizar o trabalho destas cooperativas ou associações²⁷.

Estima-se atualmente que 90% de todo o material reciclado no Brasil é recuperado dos resíduos por meio do trabalho de 400 mil catadores. Entretanto esse número pode chegar a 800 mil. Os catadores, neste sentido representam a maior parcela atuante na cadeia produtiva da

reciclagem. Apesar dos catadores representarem o maior número, eles são o elo menos remunerado, dentre todos os agentes econômicos envolvidos³⁰.

É a partir da década de 1990 que surgem as primeiras iniciativas para formação de cooperativas e associações de catadores, nas cidades de Belo Horizonte, Porto Alegre e São Paulo. Antes disto, o trabalho de coleta de materiais recicláveis ficava restrito a catadores individuais, que eram marginalizados sem qualquer organização ou parceria com o setor público, ou grupos organizados³¹.

Além das iniciativas de organização, ao final da década de 1990, os catadores de materiais recicláveis começaram os processos de organização social e econômica, bem como de luta por direitos que culminaram na criação do Movimento Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR), em 2001³².

O MNCR é um movimento social que busca a valorização desta categoria, com atuação na organização dos catadores e catadoras norteados pelos princípios de autogestão das cooperativas, da ação direta, da independência de classe em relação aos partidos políticos, governos e empresários. E ainda, por meio da solidariedade de classe e apoio mútuo para garantia de direitos. É reconhecido como a principal organização nacional de defesa dos interesses dos catadores em todo mundo.

Em 2002 a profissão de catador de material reciclável foi oficializada pela Classificação Brasileira de Ocupações (CBO). Esta profissão é considerada de grande periculosidade em função dos danos causados à saúde deste trabalhador. Em sua jornada, os catadores estão sujeitos a acidentes por falta de equipamentos de segurança para o controle dos riscos. Dentre eles estão os riscos químicos associados a resíduos de substâncias tóxicas nas embalagens; os riscos biológicos em virtude da contaminação de fungos e bactérias em restos de alimentos, bem como vetores de doenças como pombos e ratos; os riscos físicos em função de quedas e acidentes com materiais cortantes misturados ao lixo³⁰.

A atuação dos catadores materiais de recicláveis está diretamente relacionada às condições de trabalho desta categoria. No caso dos catadores individuais, as atividades são basicamente de coleta e venda, em situação em que o trabalho é considerado informal e, desta forma, os trabalhadores não têm acesso a direitos trabalhistas. Esta informalidade é marcada por uma grande precarização de suas condições de trabalho, o que contribui para a exploração de sua mão de obra.

Já no trabalho realizado pelas cooperativas, o volume de material reciclado que é coletado no trabalho individual não possibilita a venda direta para as indústrias recicladoras, e assim, estes trabalhadores estão sujeitos à ação de intermediários. Estes agentes são também denominados atravessadores ou sucateiros, e determinam o preço e as exigências do material coletado. Mesmo em piores condições, o número de trabalhadores individuais supera os organizados em cooperativas e associações, e vale destacar, que apenas 10% estão ligados a algum tipo de organização.

A falta de capacidade técnica e estrutura não permitem que a maioria destas organizações avance na cadeia da reciclagem. O processo de triagem é um dos pontos críticos deste trabalho, pois esta atividade é realizada de forma manual e a eficiência da separação depende diretamente da prática das pessoas que executam esta tarefa. No caso dos plásticos, para um resultado satisfatório é fundamental uma separação criteriosa para que esse material seja vendido diretamente as indústrias recicladoras³³.

Desta forma, mesmo organizados em cooperativas e associações, os catadores ainda estão sujeitos à ação de intermediários. Estes agentes realizam as mesmas atividades produtivas que as cooperativas e associações de catadores, entretanto, conseguem agregar mais valor ao produto triado, principalmente quando estas atividades são realizadas por empresas que possuem equipamentos e conhecimentos específicos para o desenvolvimento desta atividade.

A despeito da importância destes trabalhadores, o tratamento social dispensado aos catadores pode ser considerado preconceituoso e discriminatório, e as ideias negativas relacionadas ao lixo, como algo sujo, inútil e digno de descarte, são estendidas a essas pessoas².

É preciso que a sociedade entenda que o catador presta um serviço de utilidade pública, reconhecendo-o como um trabalhador formal que necessita de condições dignas de trabalho³⁴.

Para saber mais....

ANCAT. Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis. Disponível em <http://www.ancat.org.br>. Acesso em: 02 abr. 2020.

DEMAJOROVIC, J; BESEN, G. R. Gestão compartilhada de resíduos sólidos: avanços e desafios para a sustentabilidade. *In: Encontro da ANPAD*, 31, 2007, Rio de Janeiro. Anais[...]. Rio de Janeiro: ANPAD, 2007. p. 2-16. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/APS-C1680.pdf>. Acesso em 5 abr. 2020.

GUTIERREZ, R.F.; GITAHY, L. A comercialização dos resíduos sólidos urbanos de plásticos no estado de São Paulo. *In: PEREIRA, B. C. J.; GOES, F. L. (Org.). Catadores de materiais recicláveis: um encontro nacional*. Rio de Janeiro: Ipea, 2016. p. 537-558. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=27461. Acesso em: 5 fev. 2020.

MNCR. Movimento Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis. Disponível em: <http://www.mncr.org.br>. Acesso em: 02 abr. 2020.

SILVA, S. P. A organização coletiva de catadores de material reciclável no Brasil: dilemas e potencialidades sob a ótica da economia solidária. Brasília: Ipea, 2017 (Texto para Discussão, n. 2268). Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7413/1/td_2268.PDF. Acesso em: 28 mar 2020.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabendo que cada escola tem sua realidade, esse módulo poderá ser utilizado de várias formas a critério do(a) professor(a). Caso não seja possível realizar os módulos em sequência, cada módulo isolado ou até mesmo um experimento é capaz contribuir compreensão por parte dos alunos da contextualização do conteúdo polímeros. Pode ser utilizado também em atividades extracurriculares, como mostras científicas, feiras de ciências e disciplinas de parte diversificada.

No caso específico do Novo Ensino Médio, este módulo tem grande potencial para ser implementado na escola como um projeto para o Itinerário Formativo de Ciências da Natureza⁵. Entretanto, apesar de sua construção ser voltada para o ensino médio, os conteúdos referentes a atividade de limpeza urbana e ao lixo plástico se adequam a qualquer etapa da educação básica.

Dessa forma, o módulo poderá também ser utilizado por professores de outros componentes curriculares ou em conjunto com professores de Química na elaboração de projetos voltados ao tema.

Esperamos desta forma contribuir para que os alunos compreendam a importância do conhecimento científico na explicação dos fenômenos presentes em atividades cotidianas nas quais eles estão inseridos. Como também ampliar seus horizontes ao incluir na discussão da problemática do lixo, questões importantes como o papel dos catadores e suas condições de trabalho.

REFERÊNCIAS

1. MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 111-124. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sn/v20n1/a08v20n1.pdf>. Acesso em 05 abr. 2020.
2. SANTAELLA, S. T. (Org.). **Resíduos sólidos e a atual política ambiental brasileira**. Fortaleza: UFC/LABOMAR/NAVE, 2014. 232 p. Disponível em: <http://www.repositoriobib.ufc.br/000011/00001121.pdf> Acesso em: 6 jan. 2020.
3. SANTA MARIA, L.C.; LEITE, M. C.A.M.; AGUIAR, M.R.M.P.; OLIVEIRA, R.O.O.; ARCANJO, M.E.A.; CARVALHO, E.L. Coleta seletiva e separação de plásticos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 17, p. 32-35, maio, 2003. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a08.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2020.
4. MIGUEL, D.C.A. Lixo Plástico Doméstico: Um estudo de polímeros para o ensino de Química na perspectiva da politécnica. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências – Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2021).
5. BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular. Educação é a Base**. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 5 fev. 2020
6. SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L. M.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. *In*: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de química em foco**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2019. p. 231-261.
7. PEREIRA, C.L.N.; SILVA, R.R. A História das ciências e o ensino de Ciências. **Revista Virtual de Gestão de Iniciativas Sociais**. ed. Especial, p. 34 -46, março, 2009. Disponível em <http://doczz.com.br/doc/390616/revista-virtual-de-gest%C3%A3o-de-iniciativas-sociais-issn---ltds>. Acesso em: 6 abr. 2020.
8. MANO, E.B.; MENDES, L.C. **Introdução a polímeros**. 2ed, São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 191p.
9. ZANIN, M.; MANCINI, S. D. **Resíduos plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia**. 2 ed. São Carlos: UFSCar, 2015. 138p.
10. WASSERMAN, A.; PLACHTA, I. **Petroquímica: Introdução**. São Paulo: McKlaussen editora, 1999. 206p.
11. CANTO, E. L. **Plástico: Bem supérfluo ou mal necessário?** 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2004. 96 p.
12. CANEVAROLO JR, S. V. Ciência dos polímeros. São Paulo: Artliber Editora, 2002. 183 p.
13. ABIPLAST. Associação Brasileira da Indústria do Plástico. **Perfil 2019**. São Paulo, 2020. Disponível em <http://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil2019>. Acesso em: 02 abr. 2021.
14. FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. Decomposição térmica do PVC e detecção do HCl usando um indicador ácido-base natural. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 14 , p.10-42, 2001. Disponível em: Acesso em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc14/v14a09.pdf>. Acesso em: 02. abr.2021
15. CANGEMI, J. M.; SANTOS, A. M.; NETO, S. Biodegradação: Uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos. **Química nova na escola**, São Paulo, n. 22, p. 17-21, novembro, 2005. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a03.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2020.

16. VILHENA, A. (coord.). **Lixo municipal: manual de gerenciamento**. 4 ed. São Paulo: CEMPRE, 2018. 316 p. Disponível em: http://cempre.org.br/upload/Lixo_Municipal_2018.pdf. Acesso em: 6 abr. 2020.
17. HATJE, V.; COSTA, M. F. CUNHA., L.C. Oceanografia e Química: unindo conhecimentos em prol dos oceanos e da sociedade. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 10, p. 1497-1508, 2013. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=3043. Acesso em: 2 fev. 2020.
18. BRITO, G.F.; AGRAWAL, P. ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista eletrônica de materiais e Processos**, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011. Disponível em: http://www2.ufcg.edu.br/revista_remap/index.php/REMAP/article/download/222/204. Acesso em: 5 abr. 2020.
19. LIMA, A. K. T. Principais pontos da política nacional de resíduos sólidos para a gestão de resíduos municipais. In: EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: perspectivas e desafios para a gestão integrada**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2014. p. 20-29. Disponível em: <http://www.editora.ufrpe.br/node/61>. Acesso em: 4 abr. 2020
20. COLTRO, L.; GASPARINO, B. F; QUEIROZ, G. de C. Reciclagem de materiais plásticos: a importância da identificação correta. **Polímeros [online]**, vol.18, n.2, pp.119-125, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/po/v18n2/a08v18n2.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2020.
21. SPINACÉ, M. A. S.; DE PAOLI, M. A tecnologia da reciclagem de polímeros. **Química nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 65-72, 2005. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7413/1/td_2268.PDF. Acesso em: 5 abr. 2020.
22. ANCAT. Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis. **Anuário da Reciclagem**, São Paulo, 2019. Disponível em <https://ancat.org.br/wp-content/uploads/2019/09/Anua%CC%81rio-da-Reciclagem.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2020.
23. EIGENHEER, E. M.; FERREIRA, J. A.; ADLER, R. R. Reciclagem: mito e realidade. Rio de Janeiro: In-fólio, 2005.
24. LAYRARGUES, P. P. O cinismo da reciclagem: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental. In: LOUREIRO, F. B.; LAYRARGUES, P. P.; CASTRO, R. S. (Org.). **Educação Ambiental: repensando o espaço da cidadania**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2002. p. 1-23. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237655129_O_CINISMO_DA_RECICLAGEM_o_significado_ideologico_da_reciclagem_da_lata_de_aluminio_e_suas_implicacoes_para_a_educacao_ambiental_1
25. EIGENHEER, E. M. **Lixo: A limpeza urbana através dos tempos**. Rio de Janeiro: ELS2 Comunicação, 2009. v. 1. 144p. Disponível em <http://www.lixoeeducacao.uerj.br/imagens/pdf/ahistoriadolixo.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2020.
26. ADEODATO, S (org.). **Reciclagem, ontem, hoje, sempre**. São Paulo: CEMPRE, 2008.
27. BRASIL. **Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010** - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2010]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em 04 abr. 2020.
28. ADASA. Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PDGIRS). Disponível em <http://www.adasa.df.gov.br/plano-distrital-de-saneamento-basico-e-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos>. acesso em 16 abr. de 2020.
29. SLU. Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal. **Relatório Anual de 2019**, Distrito Federal, 2020. Disponível em <http://www.slu.df.gov.br/wp-content/uploads/2021/03/RELATORIO-ANUAL-2019.pdf>. Acesso em 29 mar. 2021.

30. SILVA, S. P. **A organização coletiva de catadores de material reciclável no Brasil**: dilemas e potencialidades sob a ótica da economia solidária. Brasília: Ipea, 2017 (Texto para Discussão, n. 2268). Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7413/1/td_2268.PDF. Acesso em: 28 mar 2020.
31. DEMAJOROVIC, J; BESEN, G. R. Gestão compartilhada de resíduos sólidos: avanços e desafios para a sustentabilidade. *In*: Encontro da ANPAD, 31, 2007, Rio de Janeiro. **Anais[...]**. Rio de Janeiro: ANPAD, 2007. p. 2-16. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/APS-C1680.pdf>. Acesso em 5 abr. 2020.
32. BORTOLI, M A. Catadores de materiais recicláveis: a construção de novos sujeitos políticos. **Revista katálysis**, Florianópolis, v. 12, n. 1, p. 105-114, junho, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/katalysis/article/view/10697/10201>. Acesso em 04 abr. 2020.
33. GUTIERREZ, R.F.; GITAHY, L. A comercialização dos resíduos sólidos urbanos de plásticos no estado de São Paulo. *In*: PEREIRA, B. C. J.; GOES, F. L. (Org.). **Catadores de materiais recicláveis: um encontro nacional**. Rio de Janeiro: Ipea, 2016. p. 537-558. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=27461. Acesso em: 5 fev. 2020.
34. CRUVINEL V.; ARAUJO, W.; MARTINS, C.; ALVARENGA, J. Perfil dos Catadores de Resíduos Sólidos do Distrito Federal: Uma Análise Comparativa entre Associações de Ceilândia e Estrutural. **Revista Hegemonia**, Brasília, n. 19. p. 67-87, jan./jul., 2017. Disponível em: [http://www.unieuro.edu.br/sitenovo/revistas/revista_hegemonia_20/Vanessa%20Cruvinel%20e%20outros%20\(5\).pdf](http://www.unieuro.edu.br/sitenovo/revistas/revista_hegemonia_20/Vanessa%20Cruvinel%20e%20outros%20(5).pdf). Acesso em: 4 abr. 2020.

**DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO OU TESE DE
DOUTORADO**

Declaro que a presente dissertação/tese é original, elaborada especialmente para este fim, não tendo sido apresentada para obtenção de qualquer título e que identifico e cito devidamente todas as autoras e todos os autores que contribuíram para o trabalho, bem como as contribuições oriundas de outras publicações de minha autoria.

Declaro estar ciente de que a cópia ou o plágio podem gerar responsabilidade civil, criminal e disciplinar, consistindo em grave violação à ética acadêmica.

Brasília, 14 de junho de 2021 .

Assinatura do/a discente: 

Programa: Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências

Nome completo: Débora Cristina Araújo Miguel

Título do Trabalho: LIXO PLÁSTICO DOMÉSTICO: UM ESTUDO DE POLÍMEROS PARA O ENSINO DE QUÍMICA NA PERSPECTIVA DA POLITECNIA

Nível: Mestrado Doutorado

Orientador: Roberto Ribeiro da Silva