

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

LEONARDO MARQUES MIGUEL

**PANORAMA GEOGRÁFICO DA POLUIÇÃO POR MICROPLÁSTICOS NO SOLO
NO CONTEXTO DO LIXO MODERNO**

**GEOGRAPHIC OVERVIEW OF MICROPLASTICS POLLUTION IN SOILS WITHIN
THE CONTEXT OF MODERN GARBAGE**

São Paulo
2023

LEONARDO MARQUES MIGUEL

**Panorama geográfico da poluição por microplásticos no solo no contexto do
lixo moderno**

Trabalho de Graduação Individual (TGI) apresentado ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Área de Concentração: Geografia Humana

Orientador: Prof. Dr. Déborah de Oliveira

São Paulo

2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

Miguel, Leonardo
M634p Panorama geográfico da poluição por microplásticos
no solo no contexto do lixo moderno / Leonardo
Miguel; orientadora Déborah Oliveira - São Paulo,
2023.
76 f.

TGI (Trabalho de Graduação Individual)- Faculdade
de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da
Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia.

1. Plásticos. 2. Resíduos sólidos. 3.
Colonialismo. 4. Solos. 5. Geografia. I. Oliveira,
Déborah, orient. II. Título.

RESUMO

MIGUEL, Leonardo Marques. **Panorama geográfico da poluição por microplásticos no solo no contexto do lixo moderno.** 2023. 76 f. Trabalho de Graduação Individual (TGI) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

A poluição por microplásticos está sendo reconhecida como uma ameaça séria para os ecossistemas do planeta, porém só recentemente sua presença nos ambientes terrestres (solos) está sendo investigada e discutida. Esta pesquisa busca reunir os principais dados e conclusões alcançados até o momento sobre o tema, por meio de revisão bibliográfica. É discutido o contexto social e político da modernidade que leva à produção de resíduos (lixo) com características e dimensões inéditas na história da humanidade. O capitalismo e processos relacionados como colonialismo e racismo são apontados como essenciais para se entender o fenômeno do lixo moderno. O olhar geográfico e espacial guia a abordagem utilizada nesta pesquisa. Possíveis definições e significados do lixo nesse contexto são trazidas para enriquecer o debate. A partir dessa base geral, informações sobre a composição e descarte de plásticos e seus aditivos são analisadas pela perspectiva dos impactos e danos ambientais que podem causar, porém ainda há muita incerteza quanto a seus efeitos devido falta de estudos mais aprofundados, o que dificulta medidas de intervenção mais significativas. Os mecanismos e efeitos já conhecidos desta poluição, assim como as hipóteses sobre seus potenciais riscos, são organizados com a finalidade de facilitar e direcionar futuras pesquisas.

Palavras-chave: Plásticos. Resíduos sólidos. Colonialismo. Solos. Geografia

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1 – PRINCÍPIOS PARA O ESTUDO DO LIXO MODERNO	4
CAPÍTULO 2 – POSSÍVEIS DEFINIÇÕES E VISÕES	13
CAPÍTULO 3 – DISPUTA DE SIGNIFICADOS	20
CAPÍTULO 4 – GEOGRAFIAS DO (ANTI)COLONIALISMO	28
CAPÍTULO 5 – PLÁSTICO: DEFINIÇÕES E DADOS	36
CAPÍTULO 6 – A AMEAÇA DOS MICROPLÁSTICOS.....	49
CAPÍTULO 7 – ORIGEM E DESTINO DOS PLÁSTICOS.....	53
CAPÍTULO 8 – EFEITOS NOS SOLOS E ECOSISTEMAS	62
CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS.....	74

INTRODUÇÃO

A poluição por lixo, incluindo os plásticos, é atualmente um problema que afeta praticamente todo o planeta, e todo tipo de ambiente, desde os aquáticos até os terrestres. Apesar desta ubiquidade (qualidade de estar presente em todo lugar ao mesmo tempo), o lixo é um tema ainda pouco estudado, considerando a grande relevância e seriedade do problema para a humanidade como um todo.

Os autores estudados nesta pesquisa são unâimes quanto à presença de lixo em todos os tipos de ambientes, tanto aquáticos quanto terrestres. Sobre o impacto humano no planeta que inclui o lixo, De Souza Machado *et al.* (2018, p. 1405) afirmam que "influências antropogênicas físicas e químicas no Sistema Terra alcançaram um nível comparável ao de processos geofísicos naturais" (tradução nossa).

Essas são conclusões preliminares cabíveis, como pode-se perceber desde as leituras iniciais das referências. E a escolha de estudar em específico tais poluentes em ambientes terrestres se dá pelo fato de que são os menos estudados pela literatura até hoje (figura 1). Assim atesta Hurley e Nizzetto (2018, p. 1, tradução nossa): "Pouquíssimos trabalhos lidaram com a presença, destino ou impacto de microplásticos em solos" (Figura 1).

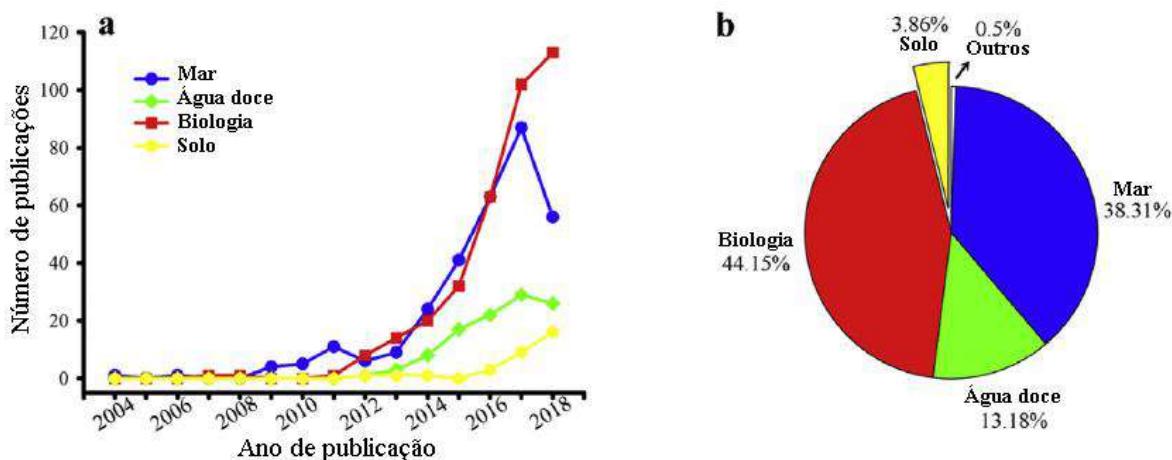


Figura 1 – Gráficos representando publicações sobre microplásticos em diferentes ambientes e matrizes, desde o início da pesquisa nesse tema. Adaptado de HE *et al.* (2018).

A definição de microplásticos se dá pelo tamanho das partículas, sendo "a colocação mais aceita é como sendo as partículas de dimensões inferiores a 5 mm"

(OLIVATTO et al., 2018, p. 1974), e podem ser classificados a partir de sua origem, como microplásticos primários, quando são produzidos industrialmente com estas dimensões e são chamados de "*pellets*", e os secundários, que são formados pela fragmentação de pedaços maiores de plástico descartados e expostos à degradação nos diferentes ambientes.

Outras classificações possíveis e tentadas pelos pesquisadores é por forma e fontes; porém, a falta de métodos padronizados para separação e identificação dificulta chegar a conclusões mais complexas e confiáveis sobre a poluição de microplásticos, inclusive a respeito de dados geográficos essenciais sobre origem e distribuição.

Apesar da atual insuficiência da pesquisa sobre microplásticos no solo, outra conclusão preliminar cabível é que, mesmo limitados, "dados sugerem que sistemas terrestres podem representar um reservatório ambiental maior que o oceano global." (HURLEY; NIZZETTO, 2018, p. 1, tradução nossa).

A outra contextualização necessária para uma análise mais aprofundada destes temas é o contexto social e histórico da produção e descarte de lixo moderna.

Para investigar os fundamentos colonialistas da poluição moderna, a abordagem de Liboiron (2021) - sustentada em diversos outros autores anticolonialistas - é trazida para dialogar com o tema, e tem como princípio o acesso à Terra¹ Indígena para o colonialismo, através da violência material e simbólica, como raiz dos problemas ambientais atuais.

Sobre as múltiplas dimensões do colonialismo, Liboiron (2021, p. 16, tradução nossa) - sempre partindo de pensadores comprometidos com o anticolonialismo - resume que:

Roubar Terra e expropriar pessoas são eventos com limites temporais, mas roubo contínuo de Terra exige manutenção e infraestrutura que não são tão distintos, dado que 'colonização é um processo contínuo, não simplesmente um evento histórico'. Colonialismo é um conjunto de relações específicas, estruturadas, entrelaçadas e sobrepostas que permitem que esses eventos ocorram, façam sentido e até mesmo pareçam corretos (para alguns).

Sua abordagem critica também à postura da ciência ocidental hegemônica, deste contexto moderno e colonialista, que reproduz esse tipo de relação com a Terra, mesmo em tentativas conservacionistas, pois “[o] colonialismo espreita em

suposições e premissas, mesmo quando nós achamos que estamos fazendo o bem." (LIBOIRON, 2021, p. 45, tradução nossa).

Outra base conceitual deste trabalho é a perspectiva geográfica de Waldman (2012) sobre o problema do lixo, que o autor chama de "dilema civilizatório" da sociedade moderna, fruto do modo de produção e de vida promovido por esse modelo de sociedade. E quanto à extensão de tal problema, afirma que: "(...) o enfrentamento dos desafios pautados pelos resíduos ensombra a totalidade dos humanos, unificados, embora não unidos, por um modelo técnico, econômico, político, cultural e social difundido pela globalização." (WALDMAN, 2012, p. 3).

Partindo dessa proposição, o autor coloca a cidade e o urbano como o centro de sua análise sobre a questão: "(...) as mazelas dos lixos marcam de modo pronunciado o espaço que acima de tudo seria representativo de um modus vivendi civilizado. Qual seja: a própria cidade." (WALDMAN, 2012, p. 4). Sua principal base teórica e metodológica é a obra de Milton Santos, cujo conceitos como fixos e fluxos, zonas luminosas e zonas opacas, são aplicados por Waldman (2012).

A perspectiva de Waldman (2012, p. 4) (com sua escrita excessivamente sofisticada) traz para o tema um olhar altamente geográfico, pois parte do princípio da relação entre a humanidade e o ambiente por meio do modo de produção:

O debate sobre o lixo requer que as atenções se voltem para uma interface matricial, relacionada com a magnitude alcançada pela intervenção humana no ambiente terrestre, substantivada no trabalho incessante em prospectar e obter matérias-primas para que no final do processo, sejam transformadas em refugo.

Sob esta contextualização, as principais conclusões das pesquisas deste tema foram reunidas e investigadas neste Trabalho de Graduação Individual, para se trazer à tona as principais tendências e paralelos entre os resultados, como modo de encontrar deficiências e pontos de entrada para futuras pesquisas. Em consequência do percurso deste trabalho, o papel fundamental dos solos para a vida no planeta será defendido, assim como a tese de que a perspectiva geográfica e sua análise espacial pautada no estudo das relações - também salientado sutilmente por Liboiron (2021) e as outras referências - tem muito a oferecer e é capaz de contribuir com o enfrentamento desse impasse que encara a humanidade como um todo no nosso lar, este planeta que dividimos.

CAPÍTULO 1 – PRINCÍPIOS PARA O ESTUDO DO LIXO MODERNO

Desde a vida cotidiana da população em geral, até os ambientes mais sofisticados de pesquisa formal, a definição de lixo - e poluição, que a acompanha de perto - não é muito bem estabelecida. Desde materiais usados por perder sua utilidade, como embalagens, até substâncias perigosas e indesejáveis, como excrementos e produtos químicos, uma característica que passa por praticamente todas as definições de lixo é a repulsa, vontade e necessidade de colocar para longe, que está dentro de nós coletivamente, mas vem de fora.

A definição de lixo (e poluição) é, desse modo, obrigatoriamente social, e até mesmo geográfica, pois a referência (espacial inclusive) para tal repulsa é a sociedade, com todas suas delimitações concretas e abstratas. 'Colocar o lixo para fora de casa' serve como analogia e até mesmo como microcosmo para ilustrar a dimensão espacial do lixo. Cabe aqui o conceito de abjeção, trabalhado por Arefin (2021, tradução nossa) nesse contexto do descarte:

Lixo não é uma característica vital de objetos mas é produzida através de sua ambiguidade e sua subsequente incapacidade de ser assimilada em categorias e sistemas sócio-culturais existentes, Kristeva explica como o constante processo de manter o inclassificável afastado é um ato produtivo. Abjeção portanto se encontra na produção de limites entre os corpos das pessoas, normas sociais, e o eu. Assim, abjeção é colocada em movimento sempre que tentamos dar significado ao mundo e a nós mesmos.

A intersecção entre o subjetivo e o social que o conceito de abjeção oferece para o estudo do lixo e poluição é inestimável, estabelece uma conversa entre esferas comumente distintas nas ditas ciências tradicionais, principalmente quanto às naturais. Dada a perspectiva geográfica deste trabalho, não pode-se deixar de considerar todo o conjunto do fenômeno. De Castro (2002, p. 1) explica, trazendo esse olhar geográfico sobre as interrelações que permeiam o meio onde vivemos:

O meio não é apenas o conjunto de elementos materiais que, interferindo continuamente uns nos outros, configuram os mosaicos das paisagens geográficas. O meio é algo mais do que isso. As formas das estruturas econômicas e das estruturas mentais dos grupos humanos que habitam os diferentes espaços geográficos também são partes integrantes dele.

Apesar da necessidade incontestável de uma definição mais abrangente de lixo e poluição, ainda assim o senso comum da própria Geografia não captura tais nuances, como aparente na definição de Scarlato e Pontin (1992, p. 10), de que se sustenta na ideia de desequilíbrios e “níveis de concentração no ambiente”, que são a medida da “quebra do ritmo vital e natural em uma ou mais áreas da biosfera”. Ou seja, até certo nível de concentração, não se considera poluição, pois a matriz ambiental (solo, água...) ainda consegue suportar mais descarte.

Esta visão é criticada profundamente por Liboiron (2021) em sua teoria ancorada em autores anticoloniais. Os modelos de poluição baseados na “capacidade assimilativa”, segundo a autora, são dominantes na ciência e políticas de descarte, o que por sua vez expõe os pressupostos e bases colonialistas tanto de nossa sociedade ocidental moderna como um todo, como da ciência (dominante) produzida nela. Afirma a autora (LIBOIRON, 2021, p. 40, tradução nossa):

Capacidade assimilativa é baseada em relações de terra que retira as complexidades da Terra - incluindo relações com peixes, espíritos, humanos, água, e outras entidades - em favor de elementos relevantes a objetivos coloniais de usar a água como um sumidouro, um local de armazenamento de resíduos. Conforme la paperson (colono não-branco de diáspora) escreveu, “Acumulação primitiva envolve não só a coleta de recursos ‘naturais’ como propriedades mas também a externalização do ‘custo’ da acumulação na forma de água contaminada, doença, e outros traumas para o ‘natural’ não apropriado, isto é, o mundo ‘Indígena’”.

Em sua definição do fenômeno, a autora o posiciona como parte interna e integral do funcionamento da sociedade colonial, que é baseada em violências concretas e simbólicas (LIBOIRON, 2021, p. 76-77, tradução nossa):

Poluição é sobre manter diferenciação através de apropriação e acesso à terra, sobre mantê-la reservada para fins coloniais e indisponível para outras relações de Terra. Assim como, também, é atirar em pessoas negras, indígenas e não-brancas.

Liboiron (2021, p. 77 tradução nossa) traça a ligação íntima entre a produção de valor capitalista e colonial com o descarte, que escapa de muitos estudiosos: “Poluição e descarte (de Terra, de vida) não só acumula valor e direito de acesso a brancos e colonos. Produz branquitude e colônia.”.

Central para a abordagem de Liboiron (2021), que é a principal base teórica deste trabalho, é o conceito de Terra, com t maiúsculo - elaborado por diversos autores e autoras não-brancos com quem dialoga intensamente - que deixa explícita a especificidade das relações envolvidas com os lugares, “diferente de terra, Terra é fundamentalmente relacional e específica a estas relações” (LIBOIRON, 2021, p. 45, tradução nossa). E continua (LIBOIRON, 2021, p. 43, tradução nossa):

Terra nunca se acomoda. É sobre relações entre os aspectos materiais que algumas pessoas tratam como paisagens - água, solo, ar, plantas, estrelas - e histórias, espíritos, eventos, parentescos, responsabilizações, e outras pessoas que não são humanas. Essas relações estão acontecendo todas ao mesmo tempo em vez de serem divididas em unidades individuais pareadas, como planta com solo, mãe com filha.

Este posicionamento vai contra a pesquisa e ciência dominante e hegemônica, pois se baseia em conceitos de terra e natureza distintos. De acordo com o que explica, esta ciência do colonialismo busca universalismo e generalização, e portanto reduz as relações inerentes à Terra (separando-as em variáveis isoladas), com a finalidade de instrumentalizar mais eficientemente a ação colonial.

O universalismo ocidental é essencial para os objetivos coloniais por dar fomento científico para esta relação reduzida com a terra. Citando Castree, Kitchin, e Rogers, e novamente la paperson, Liboiron (2021, p. 51, tradução nossa) traz que:

Universalismo é a alegação que “certos princípios, conceitos, verdades, e valores são inegavelmente válidos em todos os tempos e lugares e, por extensão, as características de fenômenos são invariáveis. Conhecimento universal é portanto o oposto de local, particular, e situado... É transcendental, sem lugar, e intocado pelo contexto.” Universalismo exige fungibilidade ou “permutabilidade”. Fungibilidade também significa ser anatomicizado em partes trocáveis para ser armazenado, enviado, vendido, combinado com outras partes, o tipo de trabalho que variáveis fazem”.

Ou seja, a ideia de que a Natureza é governada por leis absolutas está implícita na tradição europeia desde antes do momento colonial propriamente, que remonta a separação entre o racional e o irracional, entre (“alguns”) humanos e a Natureza. Essa crença afirma que a realidade independe do que pensamos sobre ela, e as leis de seu ordenamento não mudam em qualquer contexto que seja. E

essa ciência ocidental seria capaz de realizar previsões por conseguir desvendar tais leis.

Enquanto em muitas culturas indígenas, somente Anciãos deveriam fazer esse tipo de afirmações ousadas, comenta a autora sobre a generalização do conhecimento. E acrescenta que esse sistema de conhecimento é como o truque de deus, pois “vê tudo de lugar nenhum. É inatingível, inconsequente. Não é a toa que Natureza nasceu dessa visão de mundo”, Liboiron (2021, p. 52-53, tradução nossa) citando a autora feminista Donna Haraway. Considerações necessárias para abalar nossos confortáveis pressupostos intelectuais.

Mas o “universal nunca é universal, mas sim um argumento para imperialisticamente expandir uma visão de mundo particular como a visão de mundo” (LIBOIRON, 2021, p. 52 tradução nossa). Por meio da ciência, o colonialismo busca criar “mini-Europas e Europeus” (LIBOIRON, 2021, p. 53, tradução nossa).

Esse é o pano de fundo de todo esse trabalho, pois ofereceu uma contextualização bastante completa sobre o fenômeno que buscamos entender, serviu para enriquecer as outras abordagens dos outros autores quando estas foram insuficientes, assim como criticá-los quando necessário. Conforme são trazidos outras contribuições sobre o tema, elas serão contrastadas diante do esquema teórico (e também metodológico) de Liboiron (2021).

Importante lembrar, como a própria autora reforça ao longo de sua obra, que todas estas ideias são fruto de esforços de inúmeros pesquisadores e estudiosos dedicados a fazer uma ciência anticolonial, muitos deles não-brancos, e também de outros agentes detentores de conhecimentos ancestrais que não cabem nos moldes limitados da ciência ocidental.

A autora toma todos os cuidados para não cair numa produção de conhecimento que acabe permitindo relações coloniais, justamente o que ela tenta lutar na sua obra. Por isso, devemos igualmente não reproduzir essas atitudes de apropriação e redução em nossa produção de conhecimento. Reconhecer todas essas vozes, e estabelecer diálogo com elas (ao invés de apropriar-se delas), é o mínimo que devemos fazer.

Tal postura cabe não só para o presente trabalho, mas para qualquer outro que busque ir além do convencional. Por tudo isso, essa base teórica é adequada aqui, ainda mais considerando que o trabalho de Liboiron (2021) foca precisamente

na poluição por plásticos, então fornece ainda mais caminhos e ferramentas para estudarmos este fenômeno, que usaremos no decorrer deste trabalho.

Outra contribuição de Liboiron (2021) é sobre o contexto histórico e social concreto em que se deu o encadeamento dessa visão de mundo-relação com a Terra-conceito de lixo e poluição: o próprio nascimento do capitalismo.

Para entendermos a relação ocidental moderna com a Terra e a Natureza, que está por trás do conceito de lixo e poluição atuais, a autora recorre aos princípios de John Locke, que foram cruciais para estabelecer esse tipo de relação na qual ocorre a separação entre o humano e o selvagem, e a subsequente transformação do não-humano (ou não-civilizado) em Recurso. Liboiron (2021, p. 71, tradução nossa), com base no geógrafo Jesse Goldstein, se refere ao momento dos cercamentos (*enclosures*) na Inglaterra que marcaram o início da acumulação primitiva, primeira fase do capitalismo que se desenvolveu desde então:

Cercamentos foram uma transformação de uma concepção moral de valor para outra. [Mais] do que uma técnica histórica específica de reforma agrária na Inglaterra feudal, a mais do que uma coleção de atos individuais de roubo ou distribuição desigual de terra e recursos, desapropriação e cercamento de terra como Recurso é uma maneira geral de ver o mundo” baseada em uma específica (e persistente) lógica de expropriação, produzida na e como parte da terra em si.

E continua sobre a expansão desse tipo de relação com a Terra para todos os cantos do planeta através do colonialismo (LIBOIRON, 2021, p. 71, tradução nossa):

A lógica de extração máxima de valor estava em andamento não só na Grã-Bretanha, mas também em suas colônias. Lá, o imperativo moral de melhorar a terra, de reorganizar Terra em Natureza e Natureza em Recurso, foi um refrão para desapropriar povos Indígenas de sua Terra. Mishuana Goeman (Tonawanda Band de Seneca) sustenta, “propriedade, como tem sido defendido por acadêmicos Indígenas e seus aliados, é nitidamente uma noção Europeia que une (‘locks together’, trocadilho com John Locke) trabalho, terra e conquista. Sem trabalho para domar a terra, lhe é intimamente atribuída a designação ‘natureza’ ou ‘selvagem.’” Tiffany Lethabo King (negra) concorda, escrevendo que “dentro desta formulação Lockeana, sujeitos Indígenas que não trabalham por

toda a terra não conseguem transformar a terra em propriedade e portanto não conseguem eles próprios se tornar sujeitos humanos adequados." Civilização e seu oposto se tornam identificados com uso da terra alinhado com a criação de reserva permanente para obter máximo valor econômico.

Assim podemos demonstrar como a questão da relação com a T/terra é indispensável para contextualizar não só a questão do lixo e da poluição, como de todo o modo de produção capitalista; além da dimensão espacial de todos esses processos e fenômenos, evidência da importância da Geografia para o entendimento de nossa realidade. E, em sintonia com a perspectiva relacional de Liboiron (2021), devemos lembrar que esse tipo particular de poluição é inerente e intrínseco a tal modo de produção, não é externo ao sistema capitalista, posição que outros autores também defendem, como Waldman (2012).

Outro autor que fundamenta este trabalho, e que também traz uma postura profundamente geográfica sobre o lixo e a poluição é Waldman (2012), que denomina esse problema como um "dilema civilizatório" de nossa "Era do Lixo".

Waldman (2012) se aproxima do tema partindo de outros princípios e referências teóricas, com destaque para a obra de Milton Santos, e lança uma visão um pouco mais tradicional e centrada na civilização ocidental moderna, por esse motivo muitas possíveis entradas para crítica se apresentam ao longo de sua obra.

O autor conceitua o lixo primeiramente como um problema a ser enfrentado por nossa civilização, que por sua vez é a própria causa deste problema. Mesmo reconhecendo essa estreita relação, o autor não atinge o nível de aprofundamento e sensibilidade da investigação de Liboiron (2021). Subentende-se que o desenvolvimento econômico pleno - industrial, capitalista - é o objetivo final pretendido e defendido por Waldman (2012), e o lixo e a poluição são obstáculos para tal objetivo. Ou seja, acaba normalizando o capitalismo, ou no mínimo, normaliza a civilização ocidental moderna.

Waldman (2012) parece ser avesso às origens dos fenômenos que estuda, a começar pelo conceito de civilização, uma das principais heranças simbólicas do colonialismo. Também propõe e trabalha com a íntima relação entre o urbano e o lixo, e articula essa "conexão siamesa" entre o moderno e o urbano através do meio técnico-científico-informacional, um dos vários conceitos de Milton Santos que pega emprestado. De novo, sua análise fica na superficialidade, o que leva a uma

normalização desse modo de vida e produção altamente técnico da Modernidade. É recorrente em sua obra a exposição de dados e números (sem grandes preocupações com as fontes) como argumento e justificativa para as ações que defende como solução, seguindo sua toada metodológica rasa.

Waldman (2012) ilustra o fenômeno da crescente urbanização com imagens de satélite do planeta de noite, que mostra as luzes dos grandes centros urbanos distribuídos desigualmente (figura 2). A partir dessa imagem, subverte o esperado e diz que não necessariamente os pontos luminosos na imagem de satélite correspondem a "zonas luminosas", segundo a terminologia de Milton Santos, lugares com grande alteração do ambiente pela humanidade, e concentração de tecnologia, pois certos pontos luminosos podem ser espaços dedicados a suprir os supostos principais centros urbanos.

O autor chama a atenção desses outros tipos de "ação antrópica" com outra imagem de satélite, que mostra a irradiação de calor proveniente da exploração de hidrocarbonetos, que é um dos mais importantes recursos utilizados para alimentar o meio técnico-científico-informacional que prospera nas metrópoles. Ou seja, as áreas "opacas", carentes de desenvolvimento pleno, estão subordinadas a servir ao crescimento das áreas "luminosas" (figura 2). Como explica sua esquematização sobre a alteração (desigual, hierarquizada) do ambiente pela humanidade (WALDMAN, 2012, p. 9):

"Nesta via de entendimento, a abrangência da percepção da artificialização do planeta fica ampliada com a inclusão de muitas áreas "vazias", "opacas", "carentes de brilho", que passam deste modo, a estar conferidas de funcionalidade por configurarem, do ponto de vista objetivo, espaços incorporados ao rol das paisagens alteradas pelos humanos."



Figura 2 - Fotomontagem da Terra de noite, recurso utilizado por Waldman para representar a alteração do espaço pela presença humana. Fonte: https://www.nasa.gov/topics/earth/earthday/gall_earth_night.html

Novamente, Waldman (2012) não se preocupa com as raízes dos fenômenos que estuda. Acaba naturalizando opiniões e interpretações que não contribuem para o avanço da discussão, não só por serem ultrapassadas - mostram uma mentalidade típica do século XX, dos maiores núcleos do capital, no contexto de Guerra Fria, com a ideologia espacial do desenvolvimentismo imperando, dividindo o mundo em primeiro, segundo e terceiro mundo (os lugares opacos são praticamente todos "pobres", nessa visão) - mas também por simplesmente ignorar a complexa teia de fatores que levam a tal desigualdade, cujas origens remontam justamente à época do colonialismo tratado por Liboiron (2021).

E ainda por cima, passa a impressão de que esses lugares e países "de terceiro mundo", fornecedores para os lugares "gloriosos" do desenvolvimento (do capital), são os maiores culpados pelos danos ambientais causados no grande revolvimento de materiais promovido pela humanidade, ao invés de questionar sobre

a estrutura que coloca esses lugares nessa posição de fornecedores subordinados; tendência infelizmente repetida por outros autores.

Perguntas óbvias e básicas ficam pendentes: O que motiva toda essa alteração no planeta? Por que ela está mudando nos últimos tempos? Por que só agora se preocupam com os danos causados? Como que chegamos no estado atual das coisas? E por quê? Entre tantas outras possíveis. Nada disso, só precisamos resolver esse dilema que nos enfiamos para continuar o desenvolvimento e tudo estará bem - essa é a impressão que o autor passa.

A obra de Waldman não deixa de ser relativamente compreensível, apesar da linguagem desnecessariamente rebuscada e pomposa, que chega ao ponto da cfonice, pois o autor aplica fundamentos tradicionais da Geografia, e serve de um bom ponto inicial para abordar o tema do lixo do ponto de vista espacial, por isso sua presença aqui é necessária - assim como as críticas à ele.

CAPÍTULO 2 – POSSÍVEIS DEFINIÇÕES E VISÕES

Continuando na complexa tarefa de conceitualizar o lixo moderno, Moore (2012) reúne diferentes e até opostas visões sobre a geografia do lixo, entre eles, o lixo como abjeto, já mencionado. Divide essas conceitualizações em dois eixos, quanto a facilidade ou não de definir lixo com qualidades específicas e únicas (visões positivas ou negativas, respectivamente), e quanto a visões dualistas (esferas separadas que podem se cruzar) ou relacionais (interdependência mútua) de lixo e sociedade (figura 3). A autora apresenta a diversidade de conceitos de lixo empregados pelos autores do tema, e afirma que entender como o lixo importa e para quem importa é central para pensarmos nos “potenciais políticos inerentes em uma geografia das coisas” (MOORE, 2012, p. 783, tradução nossa).

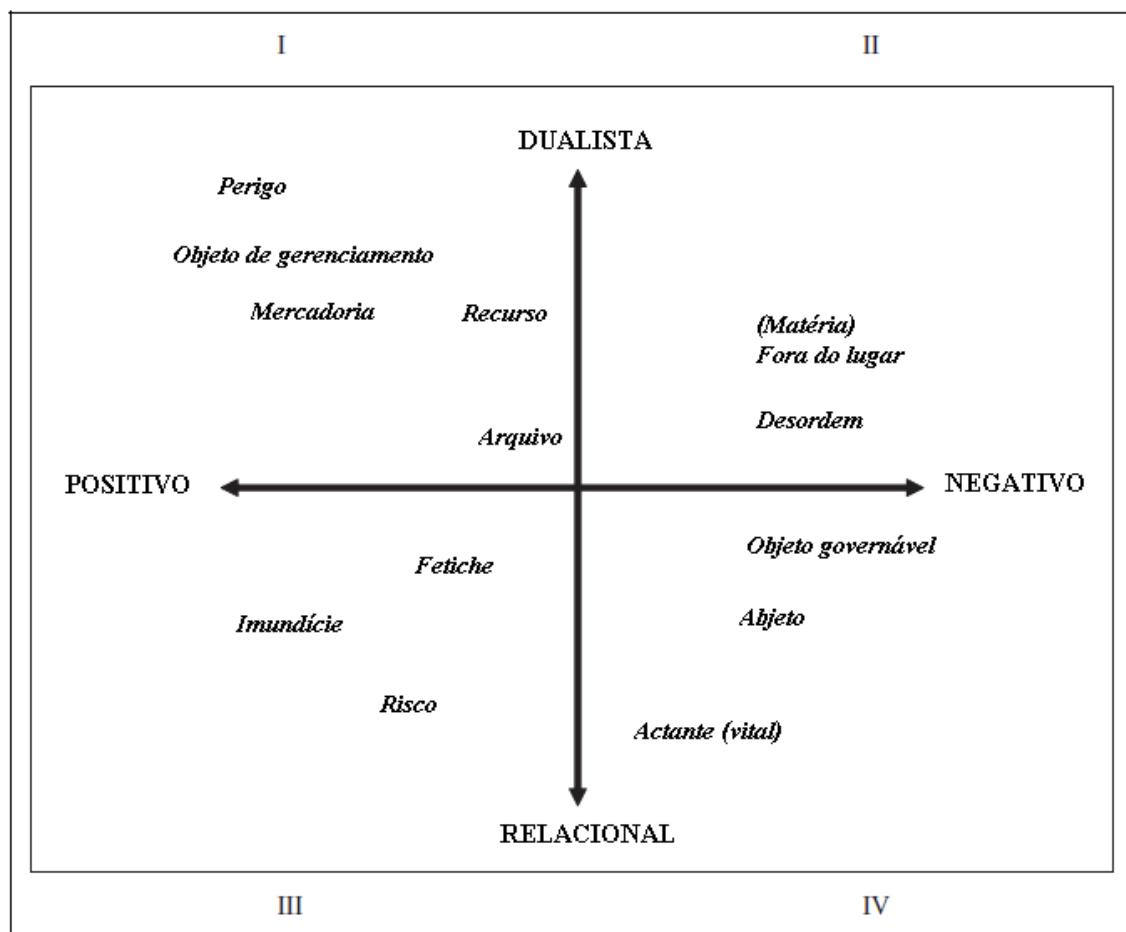


Figura 3 - Diagrama de diferentes visões possíveis sobre o lixo. Adaptado de Moore (2012).

Ao mostrar distintos conceitos simultaneamente, o objeto acaba por revelar sobre o contexto que está inserido, além de seus desdobramentos e causas neste mesmo contexto - um nível de crítica e sensibilidade necessário mas ausente em certas análises, como de Waldman (2012). Tal abordagem complementa e enriquece a contextualização do tema (trazida por outros autores) almejada neste trabalho, abraça a complexidade conceitual inerente do tema, e seu enfoque explicitamente geográfico faz dele ainda mais relevante. A autora destaca (MOORE, 2012, p. 781, tradução nossa):

Tentativas de entender o lixo por múltiplas perspectivas são plataformas frutíferas para uma política das coisas que questiona os preceitos modernistas de limpeza, higiene, e saneamento, e os frequentemente injustos e altamente excludentes ordenamentos socioespaciais produzidos por meio daqueles.

Podemos traçar paralelos entre a metodologia de Moore (2012) e de Liboiron (2021), na medida que, através do fenômeno do lixo, conseguem chegar nos princípios e componentes essenciais, basilares, que caracterizam nossa sociedade, colocando o lixo como reflexo e parte da sociedade que o produz - ao mesmo tempo hipótese e conclusão possível e cabível desde o início da pesquisa. Tais parâmetros metodológicos e teóricos servem de pano de fundo para interpretação de todos os dados e inferências produzidos e reunidos aqui, mesmo quando não abertamente citados.

Ao reunir nesse apanhado de visões sobre o lixo, a autora busca não propor uma definição única deste objeto, mas sim como diferentes visões, até mesmo contraditórias, se cruzam nas tentativas de avaliação e valorização do “potencial político do lixo como uma parte material da vida cotidiana” (MOORE, 2012, p. 783, tradução nossa). Esta sistematização da autora contribui para o caráter geográfico do tema(MOORE, 2012, p. 783, tradução nossa), pois se preocupa com duas questões sobre “espaço, coisas, pessoas e suas relações”:

- (1) Os objetos podem ser definidos positivamente - por características essenciais inerentes a eles - ou negativamente - somente em oposição a outra coisa?
- (2) Certos processos sociais preexistem objetos e sujeitos ou objetos e sujeitos, juntos, ajudam a constituir a sociedade e o espaço?

Seguindo essa sistematização, podemos tentar encaixar as visões dos principais autores deste trabalho dentro desse esquema - naturalmente, com um

certo grau de imprecisão - como exercício metodológico, para solidificar os fundamentos da pesquisa.

Poderíamos alinhar a visão de Waldman (2012) com a de “lixo como risco”, em que o lixo é produto de uma sociedade historicamente específica, tanto quanto a reação e tratamento do lixo. Dessa forma, os autores dessa visão se preocupam com os agentes responsáveis pelo manejo do lixo, desde o nível nacional, e com a percepção do público quanto a esse problema. Tal visão se encontra no quadrante da intersecção do positivo e relacional, e é próximo da visão positiva-dualista de “lixo como perigo”. Moore (2012, p. 789, tradução nossa) pontua que essas duas visões se distinguem pois

lixo como risco também (...) foca nos processos de modernização pelos quais a sociedade criou uma porção de quase-objetos além de seu controle tecnológico e político. (...) Conforme lixo e outros riscos se revoltam, eles apresentam a capacidade de comprometer instituições políticas e de manejo e seus ordenamentos socioespaciais associados.

Depois de observarmos como Waldman (2012) trata o lixo como uma ameaça a sociedade moderna industrial ao mesmo tempo que fruto dessa mesma sociedade, alinhar sua visão nesse quadrante parece uma das possibilidades. “Lixo como objeto governável”, do quadrante negativo-relacional, talvez seja uma outra opção possível. Como dito, tal classificação não tem como finalidade limitar a discussão, e sim pelo contrário, alimentá-la.

Moore (2012) traz as visões mais comuns das análises geográficas sobre o lixo, a do quadrante positivo-dualista, que inclui a mencionada “lixo como perigo”, assim como “mercadoria, recurso, objeto de manejo ou arquivo”. O primeiro coloca o lixo como uma lente para estudar a distribuição desigual do lixo em diferentes escalas e suas consequências políticas, sociais e ambientais. Outros focos dessas visões são a reciclagem e a mão-de-obra envolvida, a reincorporação do lixo nos ciclos econômicos, abertura do lixo para soluções técnicas e institucionais de governança.

Uma definição que conecta várias visões dessa sistematização é a de “lixo como arquivo”, que poderíamos tratar até como um pano de fundo para toda esta discussão, pois revela os processos por trás de sua produção, e portanto o outro

lado das sociedades que o produzem, o lado sem holofote, o lado jogado para fora - debaixo de nossos narizes mas invisível (MOORE, 2012, p. 787, tradução nossa):

Objetos descartados contam histórias sobre a cultura contemporânea pelas margens, pelo deixado para trás. Conceitualizar lixo como artefato ou arquivo destaca o valor do lixo para iluminar tanto histórias marginalizadas e as contradições da cultura de consumo contemporânea.

Seguindo essa linha, chegamos nas definições do quadrante negativo-relacional, principalmente a de “lixo como abjeto”, que é a mais adequado para articular as abordagens aplicadas neste trabalho, sobretudo a de Liboiron (2021), Arefin (2021), e de Achille Mbembe (2021), em sua seminal obra “Necropolítica”.

Neste quadrante, o lixo é visto como um elemento constitutivo da sociedade, que não é valorizado nem bem definido, deixado de lado como no caso do “lixo como arquivo”. É o “outro que é expulso pela sociedade com a finalidade de reforçar fronteiras individuais e sociais” (MOORE, 2012, p. 792, tradução nossa): Essas abordagens encaram de frente os desafios do tema desde a sua própria natureza, que dificilmente poderia ser reduzida a um problema meramente material e técnico. As outras têm utilidade prática, mas não se aproximam tanto das raízes do problema. Tratam dos sintomas e não da causa, ou do dano ao invés da violência, como Liboiron (2021) discute, assim “o abjeto é criado não através da identificação, mas sim através de sua sempre incompleta exclusão”, estabelece Moore (2012, p. 792, tradução nossa), com base em Julia Kristeva, trazendo à tona a ligação profunda entre os conceitos e categorias envolvidas na discussão, como sujeito, modernidade, colonização, símbolos e significados, e agora, limpeza e pureza. O abjeto é o que o sujeito rejeita sobre si próprio, e dessa maneira, inevitavelmente, acaba revelando como se define perante o mundo, e com quais ideias ele imagina essa separação do “outro”. O “belo”, o “limpo”, o “puro” é colocado contra seus opositos, e a partir dessas organizações e separações, o sujeito cria significados que usa para se relacionar com tudo que está fora de si (e dentro também).

A discussão sobre abjeto é extremamente extensa e pode enriquecer o entendimento de inúmeros assuntos, além de não se esgotar facilmente, mas como evidenciado pelo exposto, defendo que este conceito é essencial para compreensão do lixo moderno, suas origens e facetas, desdobramentos e consequências.

A autora continua elaborando sobre a relação do puro e impuro presente no abjeto (MOORE, 2012, p. 792, tradução nossa):

(...) invés de resultar de ou meramente perpetuar ordenamentos simbólicos que diferenciam pessoas e práticas aceitáveis, ele é constitutivo deles. Lixo como o abjeto não tem uma característica essencial, mas cria a sociedade através de sua expulsão. (...) No caso do lixo como abjeto, processos de expulsar objetos, lugares e pessoas descartados são essenciais para a produção de espaços e cidadãos modernos. Por a abjeção sempre ser incompleta, o lixo constantemente ameaça desestabilizar espaços e sujeitos sanitários.

Portanto podemos concluir que, enquanto Liboiron expõe a complexidade da origem do problema do lixo moderno, Moore (2012) expõe a complexidade da definição conceitual de lixo.

Para complementar o panorama do tema, Mbembe (2021) traz perspectiva da necropolítica, uma maneira de entender a sociedade moderna a partir de um ponto crucial de sua política e que engloba praticamente todos seus aspectos: o direito de matar. Como o autor introduz (MBEMBE; SANTINI, 2021, p. 5): “(...) a expressão máxima da soberania reside, em grande medida, no poder e na capacidade de ditar quem pode viver e quem deve morrer.”

Mbembe (2021) cria o conceito de necropolítica a partir do biopoder de Foucault, e o expande para seu limite no contexto colonial moderno, que é o da violência absoluta sobre determinados corpos como o ápice da racionalidade da política. O autor parte da ideia que “a modernidade esteve na origem de vários conceitos de soberania” (MBEMBE; SANTINI, 2021, p. 8), soberania essa que vai além do controle e administração dos territórios nacionais, mas também dos corpos ao eu comando.

Nesse contexto de soberania absoluta, a grosso modo, a morte se coloca como a última medida da soberania, é a dissolução de todos os limites do indivíduo, inclusive o limite máximo, que é a morte. É o “dispêndio” absoluto, a “perda das fronteiras”, uma “transgressão em espiral”, como discute com as definições de diversos autores e posicionamentos filosóficos sobre a relação da política, morte e soberania. A soberania seria “a recusa em aceitar os limites a que o medo da morte teria submetido o sujeito” (MBEMBE; SANTINI, 2021, p. 15).

A tradução desse conceito de política na prática é o direito de matar, cujas bases normativas são o estado de exceção e a relação de inimizade, onde “o poder (e não necessariamente o poder estatal) continuamente se refere e apela à exceção, à emergência e a uma noção ficcional do inimigo” (MBEMBE; SANTINI, 2021, p. 17). Como podemos perceber, tal concepção consegue capturar - ou se aproximar - da essência da sociedade moderna colonial, por isso não poderia faltar numa análise de uma manifestação desse contexto, o lixo.

A divisão entre quem deve morrer e viver se dá numa subdivisão biológica da população, e então finalmente se demonstra o racismo, um dos pilares fundamentais desta sociedade, talvez a própria essência dessa, que é dependente dessa divisão. Como o próprio autor coloca (MBEMBE; SANTINI, 2021, p. 18):

(...) a raça foi a sombra sempre presente no pensamento e na prática das políticas do Ocidente, especialmente no que se trata de imaginar a desumanidade dos povos estrangeiros - ou a dominação a ser exercida sobre eles. (...) A função do racismo é regular a distribuição da morte e tornar possíveis as funções assassinas do Estado.

Naturalmente, este trabalho não adentrou-se em debates filosóficos e teóricos sobre política, direito e Estado, mas as contribuições de Mbembe são nada menos que vitais para não só esta mas qualquer tentativa de desvendar os fenômenos em ação em nossa conjuntura política e social. Sua obra oferece um valiosíssimo quadro analítico que se acrescenta aos outros aqui empregados, na tarefa de investigar o tão enigmático e banal lixo.

O diálogo entre Mbembe (2021), Liboiron (2021) e outros autores é nítido e possível, pois trata de aspectos em comum que atravessam todos os fenômenos abordados, sobretudo no âmbito simbólico, como interpretado em (MBEMBE; SANTINI, 2021, p. 19-20):

A percepção da existência do Outro como um atentado contra minha vida, como uma ameaça mortal ou perigo absoluto, cuja eliminação biofísica reforçaria meu potencial de vida e segurança, é este, penso eu, um dos muitos imaginários de soberania, característico tanto da primeira quanto da última modernidade.

Mbembe (2021) defende que a expressão máxima da desumanização do Outro e de seu gerenciamento racional pelo Estado se deu nas colônias europeias modernas, que são “o local por excelência em que os controles e as garantias de

ordem judicial podem ser suspensos - a zona em que a violência do estado de exceção supostamente opera a serviço da ‘civilização’.

Dessa maneira, a violência colonial não segue as mesmas regras e leis de outros contextos (a guerra justa entre nações civilizadas), “em vez disso, o terror colonial se entrelaça constantemente com um imaginário colonialista, caracterizado por terras selvagens, morte e ficções que criam o efeito de verdade” (MBEMBE; SANTINI, 2021, p. 36). O autor assim expressa materialização da mentalidade colonial, que é, em última instância, a morte. Liboiron (2021) também traça um caminho do colonialismo que leva à morte, porém de formas à primeira vista indiretas, mas que também acabam comprometendo a esperança de futuros não-coloniais.

Mbembe (MBEMBE; SANTINI, 2021, p. 37) conclui que:

As guerras coloniais são concebidas como a expressão de uma hostilidade absoluta que coloca o conquistador face a um inimigo absoluto. Todas as manifestações de guerra e hostilidade marginalizadas pelo imaginário europeu encontraram a ocasião para reemergir nas colônias.

O vínculo entre lixo, abjeto e necropolítica revela parte da contradição inerente da civilização moderna, justamente por trazer ao centro das atenções o lado voluntariamente esquecido de tal civilização, lado esse que é vital para o funcionamento e existência dessa civilização. Ao compreender o papel da necropolítica no funcionamento do Estado e da política moderna, podemos fazer um paralelo com o lixo e o modo de produção industrial capitalista, e quiçá até sugerir uma espécie de genealogia em comum, uma mesma origem para tais fenômenos e objetos, que é o abjeto, a necessidade de negar - e como última consequência, destruir - o Outro como maneira de existir no mundo, como maneira do sujeito entender seu próprio lugar na realidade.

CAPÍTULO 3 – DISPUTA DE SIGNIFICADOS

Para agregar no debate sobre a dimensão simbólica do lixo, Neves e Mendonça (2016, p. 155) trazem definições proveitosas, começando com: “A priori, é possível definir os resíduos como: símbolo de degradação e degenerescência dos objetos e das coisas; restos de atividades humanas, industriais ou biológicas”. Tal qual as outras definições, estas não buscam esgotar o tema, mas olhá-lo de outro ângulo. Mesmo algo tão banal quanto o lixo, pode ter interpretações múltiplas, dependendo do contexto e do sujeito (figura 4).



Figura 4 - Usina de incineração de lixo em Baltimore, EUA. Diversos significados em jogo para um mesmo objeto. Fonte: <https://www.wbur.org/herinandnow/2019/04/25/baltimore-waste-incinerator-garbage>

A posição desses autores se alinha com vários outros já citados, como o dilema civilizatório de Waldman, (2012) e posicionamentos diversos reunidos por Moore (2012). Um deles que conversa muito com Neves e Mendonça (2016) é do lixo como arquivo, objeto de investigação da arqueologia inclusive. Os próprios autores reconhecem a multiplicidade do tema lixo Neves e Mendonça (2016, p. 156). O manejo dos resíduos ao longo da história da sociedade ocidental é também um dos focos de seu trabalho.

“Os resíduos são testemunhas: contam a história do homem, da distribuição e do consumo de objetos; da degenerescência dos corpos ou daquilo que se produz. É, portanto, um fenômeno mais

complexo do que se pode supor. É necessário reconhecer a sua natureza multifacetada, a fim de compreender a atração que o tema exerce sobre numerosas ciências.

Podemos observar que, como Waldman (2012), os autores se atentam à relação com o lixo especificamente nas ditas sociedades ocidentais, que convencionalmente traça suas origens na Grécia e Roma antigas e tem uma certa continuidade até o período da colonização europeia a partir do século XV e a Revolução Industrial. Mas tal escolha é justificada pela delimitação do objetivo de seus trabalhos, que não pretendem desenhar um panorama abrangente dos significados do lixo no curso das diferentes civilizações da história humana - além da homogeneização e padronização decorrente do regime capitalista de cultura de massa globalizado que promove o fenômeno lixo moderno praticamente do mesmo modo em todo o planeta.

Como eles mesmos dizem, o lixo é um tema interdisciplinar por natureza, por isso inúmeros outros autoras e autores estudam as várias facetas do lixo a partir do ponto de vista de suas respectivas áreas do conhecimento. E, naturalmente, essas contribuições servem de referência para os autores aqui reunidos.

Recuperando brevemente Waldman (2012) quanto ao assunto das relações sociedade-lixo, a especificidade do lixo e poluição modernas pode ser notada quando analisamos esses mesmos conceitos em outros contextos sociais e históricos, como faz Waldman (2012, p. 14), ao contrastar (com certa generalização) as sociedades da Antiguidade com a moderna:

(...) o fato é que as sobras geradas pela antiguidade, pelo escopo de naturalidade que as tipificavam, terminavam cedo ou tarde reabsorvidas pelo meio natural circundante e reintegradas ao espaço habitado (...) Deveras, nada disso ocorre na Era do Lixo. As sobras do cotidiano moderno, com volume exaltado ao patamar do paroxismo, dotadas de enorme capacidade de persistência no ambiente e oferecendo vasto elenco de perigos, foram alçadas à função de agentes de primeira linha da progressiva esterilização do espaço encabeçada pela Modernidade.

Mesmo sem um aprofundamento tão grande sobre as raízes do fenômeno, como em Liboiron (2021), a particularidade do lixo e poluição atual é nítida e também unânime entre os pesquisadores.

Retomando a análise de Neves e Mendonça (2016), a ligação entre as cidades e o lixo, já exposta por Waldman (2012), é explorada por esses autores que afirmam que a própria produção dos espaços urbanos modernos está intimamente conectada aos diferentes tipos de manejo dos resíduos ao longo da história. “As cidades foram, em resumo, marcadas por obras que concretizavam os sistemas técnicos de abastecimento e expulsão, ou seja, os fluxos de entrada e saída de materiais” (NEVES; MENDONÇA, 2016, p. 158). Nesse ponto também começam a surgir as pautas higienistas, altamente influentes na nossa relação com os resíduos, e a questão da “utilidade ou inutilidade daquilo que é descartado” (NEVES; MENDONÇA, 2016, p. 157).

A dinâmica entre os recursos necessários para a sobrevivência de uma sociedade e os riscos advindos de materiais perigosos é particular de cada sociedade, assim como as soluções encontradas para lidar com isso. No mundo ocidental, nosso foco aqui, tradicionalmente tem se recorrido ao descarte dos resíduos nos corpos d’água, que consequentemente passaram a possuir uma conotação negativa no imaginário social, “os corpos d’água tinham uma função nada prestigiosa: a de afastar o que não prestava.”, defendem Neves e Mendonça (2016, p. 158). Aí se encontra a raiz do que viria a ser a associação entre lixo e abjeto na sociedade moderna.

Os autores (NEVES; MENDONÇA, 2016) observam uma mudança na postura quanto aos resíduos nesse mesmo contexto: antes do século XX, os resíduos eram matérias-primas importantes para o ciclo produtivo, pois abasteciam o campo com fertilizante, que por sua vez supria as necessidades da população, situação que levava a certo equilíbrio material na sociedade. Neves e Mendonça (2016, p. 159) comentam que:

Havia um sistema de complementação entre a produção agrícola e a questão da saúde pública já que se fornecia aos agricultores os restos da limpeza das ruas, considerados fertilizantes naturais, sem custo, o que contribuía para esvaziar os locais de lançamento desses restos.

Esse papel de cidade fornecedora se altera quando a indústria moderna começa a operar com outros materiais, não houve mais incentivo à valorização dos resíduos, mas um componente da “invenção do lixo” moderno, no ponto de vista simbólico e prático, uma vez que ”pode-se dizer que a composição do lixo, antes do

século XX, é bem diferente daquilo que polui o ambiente das cidades atualmente” Neves e Mendonça (2016, p. 158).

Novamente, a conclusão dos pesquisadores é a convergência da noção de lixo com o abjeto, e, como podemos perceber, eles chegam nessa conclusão mesmo partindo de enfoques distintos, como no caso do simbólico-cultural de Neves e Mendonça (2016, p. 160), em suas palavras:

Defende-se, nesta pesquisa, que esse processo de renúncia equivale a um esforço de excluir o lixo do imaginário social. A partir daí, a relação com o lixo reduziu-se e concentrou-se na necessidade de sua eliminação (...) A ordem era a de não pensar o lixo, de excluí-lo do espaço público, de apagá-lo do imaginário social. Um esforço que não obteve sucesso. O lixo continuou no imaginário social, mas em outras condições: a do impróprio, do negativo, do inútil.

Nessas condições podemos avançar para a visão do lixo mais contemporânea, do século XX até hoje, baseada na diferenciação social e espacial entre o “limpo” e “belo” e o “feio” e “sujo”. “A higiene foi ligada ao progresso” (NEVES; MENDONÇA, 2016, p. 162). A violência colonial já está em vigor nesta época faziam séculos, não à toa as representações e significados estarem tão em sintonia com o modo de produção e ordem social. A necropolítica precisa desse alicerce simbólico coletivo para se legitimar e retroalimentar tal configuração de sociedade (figura 5).

A solução empregada pelos supostos especialistas e as instituições foi o descarte para longe do espaço de convívio, as cidades. Porém isso ocorreu sem levar em conta os impactos ambientais que recairiam nos locais de destinação dos resíduos, justamente por causa da atitude de ignorar e afastá-los. Essa solução, portanto, se traduz em mero deslocamento espacial. Repulsa era a palavra chave. Uma solução que na verdade não resolia em nada o problema, só o negava - mais uma vez, o abjeto se fazendo presente quanto mais ele é rejeitado.



Figura 5 – Antigo Lixão da Estrutural (DF), maior da América Latina, fechado em 2018. Catadores trabalhando, e bairro nobre de Brasília, Águas Claras, ao fundo. Fonte: <https://www.poder360.com.br/brasil/renda-do-1-mais-rico-foi-36-vezes-maior-que-a-dos-50-mais-pobres-em-2017/>

Esse é o princípio da relegação no manejo de resíduos trazido por Neves e Mendonça (2016), com o qual podemos dialogar com a abordagem de Waldman (2012), que posiciona a cidade como o centro da questão dos resíduos e na tensão entre os espaços luminosos, desenvolvidos, belos, limpos, e os opacos, desiguais, feios, sujos. Entende-se que o problema do lixo é um obstáculo para o pleno desenvolvimento dos centros urbanos e por conseguinte o sistema econômico, por isso a urgência em enfrentá-lo, e a ameaça tão íntima que ele representa. Ou seja, Neves e Mendonça (2016) trata sobre os sujeitos e elementos marginalizados dentro do sistema capitalista mas cai no mesmo lapso que Waldman (2012), não alcança a raiz dessa situação e acaba naturalizando-a de certa forma.

Apesar disso, não há como negar que consegue condensar as principais tendências da relação simbólica entre humano e lixo no nosso atual cenário globalizado, o que justifica sua presença na presente pesquisa. Definem a produção desses espaços resultante desse princípio (NEVES; MENDONÇA, 2016, p. 163):

Os espaços de relegação são estigmatizados e reconhecidos como aqueles em que estão presentes o risco à saúde, o desconforto

visual e o odor fétido. São espaços, por excelência, da negação e do desvalorizado. Não só o lixo, mas os próprios espaços estão relegados à margem da vida social. Tudo em seu conteúdo é marginal. Sua localização é marginal. Geralmente, estão no campo ou em áreas periurbanas e também podem estar nas periferias. São espaços do esquecimento, onde se descarta aquilo que não tem mais valor funcional e afetivo e que, portanto, deve ser esquecido. São lugares malditos, relegados de preferência aos “cantos” e à “periferia” da cidade. Marginais são também os seus frequentadores, aqueles que sobrevivem dos restos recuperados no amontoado de coisas.

Fica evidente a correspondência entre os sujeitos marginalizados associados ao lixo e a divisão da população pela necropolítica, sintomas com a mesma causa. O abjeto é o reflexo subconsciente das contradições do capitalismo, o colonialismo e racismo é sua materialização, e a morte seu resultado.

Outra falta no seu trabalho é a proposta de perspectivas e soluções para além do modo de produção vigente, que irremediavelmente leva a poluição e descarte de materiais pelo simples fato da fabricação seguir a lógica de acúmulo de capital em detrimento a qualquer consequência e impacto no meio, ainda mais considerando os materiais altamente artificiais utilizados hoje em dia. Como Liboiron (2021) astutamente percebe, antes de mais nada, a principal causa da poluição é a produção - na escala e circulação distintas em que se dá; tratar dos danos causados não é o mesmo que tratar da violência cometida, um dos pontos chave elaborados por Liboiron (2021) que trataremos.

Por fim, Neves e Mendonça (2016, p. 165) constatam a complexidade do lixo atualmente em concordância com quase a totalidade dos outros estudiosos, quanto a artificialidade e quantidade característicos e inéditos do descarte contemporâneo:

A produção industrial moderna dirigiu-se para produtos mais poluentes-plásticos, detergentes, fibras sintéticas fertilizantes e pesticidas, em lugar dos produtos naturais menos poluentes, como o sabão, as fibras naturais e fertilizantes orgânicos. (...) Chegou-se a um pico de dramaticidade com a “Era dos descartáveis”. A popularização do plástico transformou a composição do lixo e, por conseguinte, inseriu materiais que passaram a marcar a paisagem dos locais de disposição. As instalações para a destinação final dos

resíduos sólidos tornaram-se obsoletas diante das mudanças qualitativas e quantitativas do lixo e das demandas por um modelo eficiente e ligado aos preceitos de sustentabilidade.

O percurso traçado sobre os discursos e práticas do manejo do lixo em nossa sociedade serve de uma ampla introdução ao assunto, com tópicos organizados e apresentados de forma didática, tal qual o tratamento de Waldman (2012) sobre o tema lixo. Talvez a maior contribuição de sua obra seja introduzir o debate cultural da Geografia, muitas vezes não abordado pelos pesquisadores, como os reunidos nesta pesquisa, por exemplo. Entretanto, como qualquer quadro expositivo, ocorre generalização, e a discussão não chega em níveis de profundidade muito avançados - também como Waldman (2012) - como sobre a origem dessas associações e representações, os motivos que levaram a esse ponto.

E como já comentado, não conseguem propor soluções radicais para o problema pois significaria alterar todo o sistema de produção e economia, e sua obra se manteve fixa dentro dos reduzidos limites impostos por esse sistema para mudanças estruturais, o máximo de mudança que caberia nessas circunstâncias seria por meio das instituições como o Estado.

Outra crítica cabível é que a cronologia relatada foca no lado oficial, dominante, hegemônico dos processos, e não dá voz nem se atenta à relação e reação de outros agentes e atores sociais para com os resíduos, sobretudo os associados diretamente com toda essa carga negativa e pejorativa e colocados às margens dessa mesma sociedade. Dito isso, podemos inserir essas informações na interpretação estruturada por Liboiron (2021) para delinear a procedência desses fenômenos dentro do mesmo contexto. E quanto ao ângulo simbólico do lixo, Liboiron (2021, p. 75, tradução nossa) declara:

“Há um longo histórico de julgar o manejo do lixo de uma sociedade como um indicador para seu nível de civilização. Esse discurso é alimentado por arranjos ocidentais dominantes onde “seres humanos, tanto numa tenra idade individualmente, e em sociedades em fases “menos desenvolvidas” de Civilização, são profundamente coprofílicos. Eles adoram a visão e o cheiro de seus próprios resíduos, ou de qualquer modo não tem nojo deles. Mas conforme a Civilização historicamente se desenvolve, essas predisposições são cada vez mais colocadas sob rigoroso controle, assim como a criança no ocidente contemporâneo é treinada para usar o banheiro

a partir de sua inicial ausência de repulsa em relação às próprias fezes.” Resumindo, de um ponto de vista colonial, modelos de manejo de lixo estão vinculados a ideias sobre civilização (autorretrato Europeu) e moralidade.”

CAPÍTULO 4 – GEOGRAFIAS DO (ANTI)COLONIALISMO

Agora, no caráter tanto abrangente quanto específico de Liboiron (2021), retomaremos os princípios e argumentos reunidos pela autora no diálogo ponderado com suas inúmeras e diversas referências e colegas, tópicos que guiam nossa análise do tema, e trazer mais alguns que são necessários para nossa discussão.

Uma das noções mais importantes trazidas por Liboiron (2021) é a distinção entre Terra (*Land*) e terra (*land*), já introduzida anteriormente, que merece ser recuperada para detalhar mais ainda a abordagem que estrutura esta pesquisa, além de apresentar uma visão de mundo geográfica que demonstra a possibilidade de outras maneiras de nos relacionar com nossa realidade. Deve-se entretanto alertar sobre o perigo de não se apropriar dessas abordagens e referências não alinhadas com a ciência dominante ocidental produto do colonialismo e capitalismo, pois essas visões de mundo dizem respeito a vivências e origens que não são universais nem universalizáveis, como a própria autora discute, e tomá-las como recurso seria engajar em práticas coloniais ao invés de dialogar com elas num regime de “boas relações” (ética de não-apropriação para com as referências) - portanto, elas são trazidas com o intuito de demonstrar alternativas através da crítica à abordagem dominante, não como recurso para ser apropriado e utilizado.

Pede-se aos leitores, acima de tudo, respeito com as referências que são de origens e lugares distintos dos seus.

Liboiron (2021, p. 6-7, tradução nossa) começa, quanto ao uso dos dois termos:

(...) Para nós, terra (o termo mais geral) se refere a paisagens como um espaço físico e geográfico que inclui solo, rochas, e corpos d’água; enquanto que, ‘Terra’ (o nome próprio) se estende além de um espaço material fixo. Terra é um lugar espiritualmente imbuído fundamentado em relacionamentos interconectados e interdependentes, posicionamento cultural e é altamente contextualizado. Igualmente, quando eu escrevo Terra em maiúsculo eu estou me referindo à entidade única que é o espírito vivo combinado de plantas, animais, ar, água, humanos, histórias, e eventos reconhecidos por muitas comunidades Indígenas. Quando terra não está em maiúsculo, eu estou me referindo ao conceito a

partir de uma visão de mundo colonial na qual paisagens são comuns, universais, e em todo lugar, mesmo com grande variação.

Esse entendimento difere do tradicional da ciência ocidental moderna justamente por levar em conta a relação mais do que cada elemento individualmente por si só. Somente por essa diferença de visão de mundo, já podemos começar a compreender as justificativas e rationalidades por trás das alterações do meio e produção do espaço empreendidos por causa povo. E, analisando o que está por trás do colonialismo que é a raiz a atuação da civilização ocidental moderna no mundo, vamos encontrar que (LIBOIRON, 2021, p. 9, tradução nossa)

Colonialismo é uma maneira de descrever relações caracterizadas pela conquista e genocídio que concede a colonialistas e colonos “acesso estatal contínuo a terra e recursos que contraditoriamente fornecem o sustento material e espiritual de sociedades Indígenas por um lado, e a fundação do estado-formação colonial, assentamento e desenvolvimento capitalista de outro.” Colonialismo é mais do que a intenção, identidades, heranças, e valores dos colonos. É sobre genocídio e acesso.

Como Liboiron (2021) sustenta em toda sua obra, a relação com o que chamamos comumente de terra, mundo, meio, meio ambiente, ou espaço, é um fator determinante tanto para justificar as decisões políticas dos atores sociais quanto para entender qual é sua procedência, seja qual for a civilização ou sociedade. No caso do processo de colonização europeia moderna, essa visão de mundo foi transferida para terras onde já haviam diversas outras; e nesse mesmo processo, a relação com a terra era especialmente importante, pois era exatamente o objetivo dos invasores coloniais, a conquista das terras e tudo que estava nelas.

Liboiron (2021, p. 13, tradução nossa) evidencia a posição desse processo de conquista como engrenagem vital para o funcionamento da máquina do capitalismo:

Você não pode fazer ou acumular capital sem roubar Terra primeiro.
 (...) A esteira da produção industrial e capitalista está sempre precisando de mais Terra para conter sua poluição, levando ao argumento de que contaminação e desapropriação [são] fatores necessários e inerentes do capitalismo.

A relação entre poluição, colonialismo e capitalismo não é acidental nem secundária.

Um ponto chave para unir toda a discussão deste trabalho, por intermédio da Geografia, é esse conceito de Terra, indispensavelmente vinculado às relações humano-mundo, principal preocupação da Geografia (LIBOIRON, 2021, p. 45, tradução nossa):

Ao contrário de terra, Terra é fundamentalmente relacional e é específica a essas relações: “Todo grupo cultural estabeleceu esse relacionamento com [seu] lugar com o passar do tempo. Seja aquele lugar em um deserto, um vale montanhoso, ou ao longo de uma costa litorânea, ele é o contexto da comunidade natural, e através desse entendimento eles estabeleceram um processo educacional que era prático, em última instância ecológico, e espiritual. Dessa maneira eles buscaram e encontraram sua vida.” Por isso Terra está em maiúsculo - é a abreviação para todas essas relações como um nome próprio que é específico e único, não universal e comum.

Ainda que os invasores coloniais europeus declarassem que pretendiam oferecer e ensinar as dádivas de sua própria civilização para os supostamente selvagens, “relações de terra coloniais são herdadas como senso comum, até mesmo como boas ideias”, complementa Liboiron (2021, p. 12, tradução nossa). Os sorrateiros preceitos coloniais se fazem presente quando menos esperamos, em todo e qualquer momento, até os dias de hoje, nos locais onde eles foram implantados com sucesso - em praticamente todo o planeta.

E o âmbito da ciência também se inclui, uma vez que a ciência e a pesquisa foram cruciais ferramentas para os processos de invasão e colonização. Como diz a autora (LIBOIRON, 2021, p. 20, tradução nossa):

A ciência ocidental há muito tempo tem sido identificada como uma prática que pressupõe domínio sob a Natureza, reproduz a doutrina do descobrimento, se deleita na exploração e apropriação de Terra Indígena, e é dedicada a um rigoroso autorretrato no qual conhecimento científico válido é criado somente por decentes sujeitos Europeus. Também é bem sexista.

Esta pesquisa não deixa de estar dentro desta lógica, dadas circunstâncias e condições em que ela foi produzida. O primeiro passo para ir contra essa lógica é reconhecê-la, o que se está tentado aqui.

“Pesquisa e transformação, científica ou não, estão sempre envolvidas nas contradições, injustiças, e estruturas que já existem, que nós já identificamos como

violentas e que necessitam de mudança” (LIBOIRON, 2021, p. 21, tradução nossa). Como a autora elabora, não podemos agir socialmente como se estivéssemos numa *terra nullius*, ignorando todo o contexto material e representativo em que nos encontramos; se assim fizermos, vamos inevitavelmente acabar reproduzindo os valores e princípios que nos governam, ainda que inconscientemente.

A influente teoria da “capacidade assimilativa” já discutida anteriormente também se encaixa nesse cenário, como vemos: “Essa forma de regular a poluição é relativamente nova, mas tem como premissa um antigo sistema colonial de relações com a terra onde a terra é um Recurso” (LIBOIRON, 2021, p. 39, tradução nossa). E para nosso estudo sobre o lixo e seu descarte, a terra além de fornecer todos as matérias-primas para a fabricação dos produtos, também serve de sumidouro (*sink*) para esses produtos quando eles são descartados como lixo.

Como define (LIBOIRON, 2021, p. 40, tradução nossa):

Um sumidouro é um local baseado-na-terra (land-based) para armazenar lixo. Nas palavras do historiador Joel Tarr (sem marcação), “Muito da história do descarte de resíduo industrial, bem como o descarte de resíduos de outras fontes como a população urbana, envolve a busca por um “sumidouro” no qual resíduos possam ser descartados da maneira mais barata e conveniente possível.

A conjuntura social e histórica novamente figura como um determinante central para a relação com o meio (LIBOIRON, 2021, p. 41, tradução nossa); tanto que:

Quando a maioria das pessoas se referem a lixo e poluição hoje, elas estão se referindo a um conjunto de relações que usa a Terra como um sumidouro para uma forma relativamente nova de lixo caracterizada por um peso, toxicidade, e heterogeneidade criados dentro de economias políticas industriais baseadas em crescimento e lucro.

Por isso que , como concordam a maioria dos autores, como comentado por Waldman (2012) previamente, o fenômeno do lixo moderno é singular, particular, precisamente por causa do contexto que o provocou.

A redução realizada de um conjunto amplo de fatores com interligações complexas é típica da ciência dominante atual, ciência colonial (LIBOIRON, 2021, p. 47, tradução nossa):

A tensão entre universalismo e localização - tentativas de ordenar e controlar a Natureza a despeito da especificidade relacional da Terra - me oferece uma oportunidade de desnaturalizar as relações de terra da ciência dominante em favor de outros jeitos de se relacionar com o mundo, inclusive (e especialmente) quando a ciência dominante parece possuir um monopólio de descrever relações de terra.

Liboiron (2021, p. 52, tradução nossa) cita Angela Willey ao afirmar que essas premissas modernas tem origem num ‘tipo implicitamente Judeo-Cristão de secularismo que permite-nos imaginar a natureza como sendo governada por leis’. Porém, o desdobramento prático de tal posicionamento desemboca nos mesmos objetivos coloniais que todas as outras facetas do colonialismo.

Em uma anedota da estudiosa feminista Helen Verran sobre o ensino da ciência dominante para povos colonizados, no caso ensinar em inglês para o povo Iorubá, Liboiron (2021, p. 54, tradução nossa) expõe os extremos a que chega o choque entre civilizações promovido pelo colonialismo:

Ela escreve como a contagem e conhecimento Iorubás “só poderiam ser tomados como um eco, uma sombria forma da lógica Inglesa. O esquema reconstitui as categorias de uma modernidade universal, originada em tradições Europeias, e um eco Iorubá de uma modernidade necessariamente Europeia. De qualquer modo, um distinto ‘nós’ e ‘eles’ estão presos para sempre juntos, e separados, pelo espectro da originalidade/imitação.... O único jeito de saber a diferença é puxar o mundo ‘deles’ para dentro do ‘nossa’”. Esse tipo de acesso - ser capaz de puxar mundos inteiros para dentro de mundos dominantes - é um marco do colonialismo.

E encerra (LIBOIRON, 2021, p. 54, tradução nossa):

Resumindo, a ciência dominante pode ser usada para alimentar um universalismo militante onde um único conhecimento se torna a pedra angular para todos os outros sistemas de conhecimento, o qual pode ou desprezar e apagar outras formas de conhecimento ou pode pôr aqueles conhecimentos na sala de espera da modernidade como atrasados pitorescos, fofos, curiosos, subdesenvolvidos, e

consumíveis para desejos colonos, bem intencionados ou não. Isso não é só um problema histórico.

Aí está a relevância em se examinar mais cuidadosamente o contexto particular no qual ocorre o fenômeno do lixo moderno (figura 6), somente nos aproximarmos de entendimento mais pleno ao atingirmos suas raízes.



Figura 6 - Conteúdo das entradas de pardelas-brancas do Mar do Labrador, Canadá. Que mundo e realidade levou essas partículas até aí?

Fonte: <https://maxliboiron.com/2015/12/24/dinner-plates-northern-fulmar/>

O tratamento dado ao lixo moderno também possui suas especificidades, como Liboiron (2021) propõe com a chamada “teoria do limite da poluição” (threshold theory of pollution), foi fundamentada na “capacidade assimilativa” proposta pelos engenheiros Earle B. Phelps e H. W. Streeter ao criar um modelo para medir como o rio Ohio nos Estados Unidos poderia se purificar sozinho de poluentes orgânicos, foi extrapolada para basicamente todo e qualquer ambiente natural, se tornou a teoria dominante para o estudo e manejo de resíduos. Conforme explica Liboiron (2021, p. 4-5, tradução nossa):

A equação Streeter-Phelps, como ficou conhecida, não só se tornou um marco da ciência e regulação da poluição de águas, mas

também continha nela sua teoria da poluição: que existia um momento quando a água não conseguiria se purificar sozinha e aquele momento poderia ser medido, previsto, e devidamente chamado de poluição. Auto-purificação ficou conhecido como capacidade assimilativa, um termo técnico tanto na ciência ambiental quanto na formulação de políticas que se refere a “quantidade de resíduos que pode ser dispensado em águas receptoras sem causar efeitos ecológicos prejudiciais.” Regulações ambientais estatais na maioria do mundo desde a década de 1930 são baseadas na lógica da capacidade assimilativa, na qual um corpo - de água, humano, ou outro - consegue aguentar uma certa quantidade de contaminantes antes de dano cientificamente detectável ocorra. Chamo isso de teoria do limite da poluição. Plásticos não são assimilados da maneira que a poluição orgânica de Streeter e Phelps são assimiladas no rio Ohio.

Esse foi o ponto de entrada que suscitou o estudo de Liboiron (2021), que por sua vez é a base da abordagem desta pesquisa. A partir das premissas e princípios embutidos nessa teoria, a autora começa a expor o complexo de processos por trás do lixo moderno, além de usar essa teoria como principal exemplo em seu livro.

E aplicando as posturas anticoloniais apresentadas, comenta que (LIBOIRON, 2021, p. 5, tradução nossa):

A teoria do limite da poluição e o futuro dos plásticos como lixo parecem relações ruins. (...) Quero dizer que as relações ruins de uma teoria científica que permite alguma quantidade de poluição e sua respectiva auto-prerrogativa (entitlement) à Terra para assimilar aquela poluição. Quero dizer colonialismo. As estruturas que permitem a distribuição global dos plásticos e total integração nos ecossistemas e vidas humanas cotidianas são baseadas em relações de terra coloniais, o acesso presumido pelo colono e projetos coloniais para terras Indígenas para objetivos colonos e coloniais.

Tal é a capacidade penetrativa dos preceitos coloniais. No limite, eles causam a violência máxima sobre qualquer outra visão de mundo e conjunto de princípios, que é a destruição total e apagamento. Relembrando que o racismo é um desses preceitos inerentes do colonialismo e capitalismo, que está a todo momento em operação para administrar as populações e mantê-las separadas, através dos mais desumanos e cruéis métodos já criados pela humanidade.

Nosso objetivo aqui é lançar uma lente geográfica sobre todos esses processos, por isso que a proposição de Liboiron (2021) de Terra se combina perfeitamente com o presente estudo, pois consegue contemplar de uma só vez toda a dimensão espacial dos fenômenos estudados e suas relações, além de que consegue expressar a espacialidade de todos esses processos (embora discretamente), o modo como eles se traduzem em nossa realidade material e imaterial; tamanha é a capacidade da Geografia.

Sobre a escala do problema do lixo e dos plásticos em particular, Liboiron (2021, p. 17, tradução nossa) afirma:

Plásticos e suas substâncias químicas resistem o confinamento, uma abordagem consagrada para manejo de resíduo industrial, pois eles são assoprados, fluem, e são vaporizados de modo que seus poluentes são ubíquos em todos os ambientes testados. Por último mas não menos importante, sua longa temporalidade significa que seus efeitos futuros são em grande parte desconhecidos, deixando incertos futuros colonos.

A poluição por plásticos representa uma ameaça para a humanidade como um todo, e possivelmente para toda a vida no planeta, portanto precisamos agir em conjunto para encontrar ou mesmo inventar saídas dessa situação que tudo indica só está começando a mostrar suas consequências drásticas.

CAPÍTULO 5 – PLÁSTICO: DEFINIÇÕES E DADOS

Dentro do cenário geral exposto anteriormente, iremos direcionar nossa atenção à poluição por plástico, e aos plásticos em si, sua composição e propriedades.

Sobre esse grupo de materiais, um dos mais produzidos e comuns na vida cotidiana por todo o mundo atualmente, Olivatto *et al.* (2018, p. 1969-1971,) explicam:

Os polímeros são materiais constituídos por macromoléculas, estruturas químicas de alto peso molecular, formadas por uma grande cadeia de monômeros, unidades químicas menores, que são unidas por ligações covalentes e que se repetem ao longo da cadeia. Os polímeros podem ser naturais, como a seda, ou sintéticos, como o polietileno, e classificados como termoplásticos (Plástico, do Grego, “adequado à moldagem”) ou termorrígidos (borrachas e fibras). Os termoplásticos são considerados uma subcategoria da classe de polímeros orgânicos sintéticos e são facilmente fabricados, pois são passíveis de serem moldados quando submetidos ao aquecimento, tornando-se um fluido ou líquido viscoso, e se solidificam por resfriamento, em um processo reversível. (...) O petróleo bruto, mistura complexa de diversos hidrocarbonetos com diferentes temperaturas de ebulação, é submetido ao processo de refino, o qual é realizado em diferentes etapas, e a partir disso podem ser obtidos muitos subprodutos derivados, como por exemplo, a nafta, a principal matéria prima utilizada para a produção do material plástico. Após o seu refino, a nafta é fornecida para a indústria de primeira geração, onde ocorrem diversos processos que dão origem aos principais monômeros utilizados para a produção do plástico, como por exemplo, o eteno. Em seguida, a indústria de segunda geração é a responsável pela produção de resinas poliméricas, também conhecidas como “pellets”, e por fim, a indústria de terceira geração, também conhecida como Transformadoras de Plásticos é a responsável pela moldagem e confecção dos utensílios de plásticos.

E Thompson *et al.* (2009, p. 1973, tradução nossa) complementam sobre sua produção (figura 7):

O termo plástico se aplica a uma ampla variedade de materiais que em algum estágio na fabricação são capazes de fluir tal que podem

ser extrudados, moldados, fundidos, fiados ou aplicados como revestimento. Polímeros sintéticos são tipicamente preparados por polimerização de monômeros derivados de petróleo ou gás (natural), e plásticos são geralmente feitos deles pela adição de vários aditivos químicos.

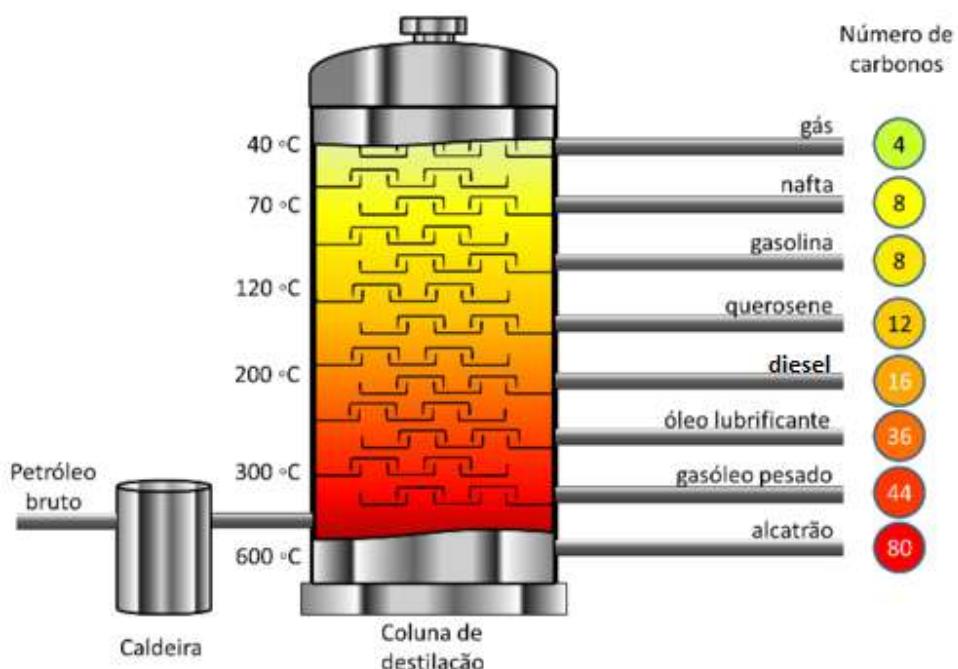


Figura 7 - Coluna de destilação fracionada de petróleo. Fonte <https://cbie.com.br/artigos/como-funciona-a-destilacao-do-petroleo/>

A importância e o impacto que os plásticos tiveram na indústria, economia e vida de quase toda a humanidade não pode ser subestimado. Não é necessário nem sequer um olhar técnico ou acadêmico para perceber como somos dependentes desses materiais, basta olhar ao seu redor que provavelmente estará rodeado de incontáveis objetos com pelo menos algum tipo de plástico, ao ponto de que até normalizamos sua presença. Pode-se afirmar com tranquilidade que praticamente todas as infraestruturas que sustentam o modo de produção e vida moderno industrial dependem dos plásticos de maneira obrigatória, devido suas propriedades extremamente convenientes. Como confirmam os pesquisadores (GABRYS; HAWKINS; MICHAEL, 2013, folha de rosto, p. 1, 4, tradução nossa):

[Os plásticos] se tornaram centrais aos processos sociomateriais contemporâneos de vida. (...) Deve ser óbvio que estamos cercados de plástico. (...) Existem atualmente mais de 10 mil tipos de

polímeros plásticos em uso, e o consumo mundial de plástico foi de quantidades praticamente não mensuráveis em 1940 para 260 milhões de toneladas por ano hoje

E quanto a sua participação na indústria, Thompson *et al.* (2009, p. 1973-1974, tradução nossa) reforça:

Nas últimas décadas, os plásticos revolucionaram nossas vidas cotidianas. Globalmente nós usamos mais de 260 milhões de toneladas de plástico por ano, representando aproximadamente 8 por cento da produção de petróleo mundial. (...) Não foi até as décadas de 1940 e 1950, contudo, que a produção em massa de itens de uso diário de plástico realmente começou. (...) O uso mais significativo dos plásticos hoje, representando bem mais de um terço da produção, é, entretanto, para itens descartáveis de embalagem, a maioria dos quais são descartados em um ano ou menos de sua fabricação.

Igualmente Liboiron(2021, p. 1, tradução nossa) pontua: “Hoje, embalagem é a maior categoria de produção de plástico”.

Não é exagero dizer, como muitos autores, que estamos vivendo na Era do Plástico. Esses materiais milagrosos mudaram radicalmente nossa vida em inúmeros aspectos, alguns intencionalmente outros como efeitos colaterais não considerados, ou nem cogitados. Aí entra nossa preocupação neste trabalho sobre o lixo gerado com o descarte desses materiais, uma das maiores consequências que essa maravilha moderna trouxe para a humanidade e o planeta.

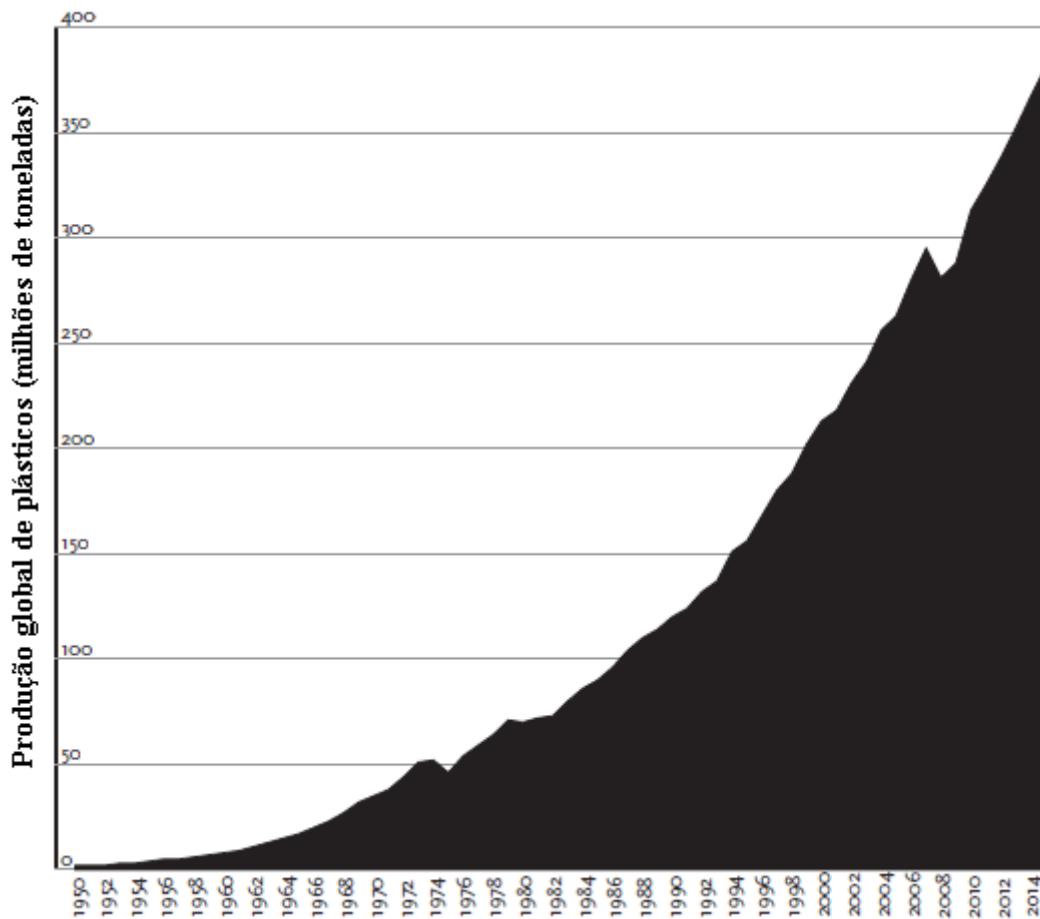


Figura 8 - Aumento da produção anual de plástico. Em 1950 o mundo produziu somente 2 milhões de toneladas de plástico por ano. Desde então, a produção anual aumentou cerca de duzentas vezes, chegando a 381 milhões de toneladas em 2015. Para contexto, isso é mais ou menos equivalente à massa de dois terços da população mundial. Observe também as quedas na produção que coincidem com a crise do petróleo no meio da década de 1970 e com a crise econômica de 2008. Adaptado de Liboiron (2021).

“Frequentemente o impacto dos plásticos opera em complexos sistemas nos quais não é nem um pouco claro quais serão os resultados”, descrevem sucintamente Gabrys, Hawkins e Michael (2013, p. 6, tradução nossa) a grande dúvida apresentada pelo plástico, o verdadeiro mistério, incógnita, sobre quais serão as consequências de nossas ações e decisões coletivas.

Primeiramente, dado que essa situação é fruto do sistema capitalista como discutido anteriormente, já podemos concluir que a responsabilidade desses acontecimentos não é a mesma para todos os indivíduos e grupos dentro da humanidade; e também podemos perceber que os efeitos tanto positivos quanto negativos desses processos não são igualmente distribuídos, sendo o colonialismo e

racismo alguns dos principais mecanismos reguladores de seus benefícios e prejuízos.

Retomando um pouco sobre a repercussão histórica dos plásticos, com base em Gabrys, Hawkins e Michael (2013, p. 20, tradução nossa), observamos que os plásticos inicialmente eram usados como alternativas mais baratas para materiais tradicionais, e sua versatilidade era mal vista, pois não combinava plenamente forma e função. Porém, as possibilidades aparentemente infinitas desses materiais (figura 9) poderiam levar a uma democratização do consumo nunca antes vista. E suas propriedades únicas trouxeram novas concepções de design de objetos, uma vez que eles eram sintetizados e moldados ao mesmo tempo - redefiniram nossa visão de natureza e tecnologia, narra a autora (GABRYS; HAWKINS; MICHAEL, 2013, p. 20, tradução nossa).

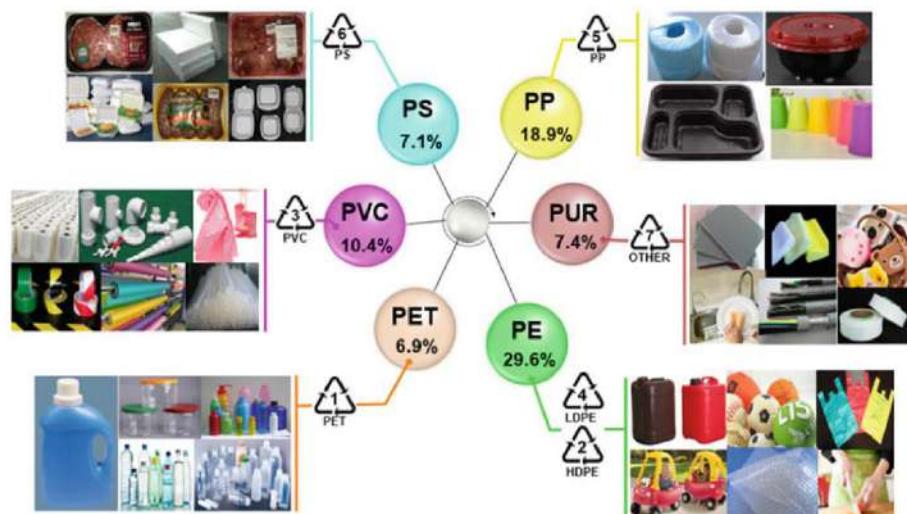


Figura 9 - Os tipos de plástico mais usados no mercado. Fonte: (HE; LUO, 2020, p. 397)

Além dos polímeros em si, diversos aditivos químicos e plastificantes são usados nos plásticos para otimizá-los para suas diferentes aplicações e funções (tabela 1) o que complica ainda mais a identificação e estudo dos materiais finais descartados, que é um dos primeiros e principais problemas que se encontra quando começamos a pensar sobre poluição. As combinações de substâncias nas composições do lixo plástico (e outros tipos também) são um obstáculo tão insuperável que exige outros métodos para lidar com essa questão.

Este ponto é um dos principais que esta pesquisa pretende evidenciar: as abordagens de identificação, rastreamento, manejo e controle do impacto dos

resíduos não podem se basear somente na típica divisão dos polímeros de plástico justamente por causa dos incontáveis aditivos e outros materiais adicionados na sua composição durante a fabricação. E o modo como essas substâncias irão interagir nos diversos ambientes onde chegam é ainda mais inviável de se compreender ou prever. Pelo menos com essa metodologia. É necessário uma perspectiva que ultrapasse esse impeditivo, que aborde a questão partindo de outro ângulo. Um dos possíveis é a partir da própria produção, que é obrigatoriamente o que leva ao descarte desses materiais.

Aditivos Tóxicos	Usos	Efeitos na saúde pública	Tipos de plástico
Bisfenol A	Plastificante, revestimento de latas	Imita estrogênio, câncer de ovário	PVC, PC (policarbonato)
Ftalatos	Plastificante, fragrâncias artificiais	Interferência com testosterona, motilidade do esperma	PS, PVC
Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs)	Pesticidas, retardantes de chama, etc.	Possível dano neurológico e reprodutivo	Todos os plásticos
Dioxina	Formado durante combustão em baixa temperatura de PVC	Agente cancerígeno, interfere com testosterona	Todos os plásticos
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs)	Uso na produção de pesticidas	Toxicidade reprodutiva e de desenvolvimento	Todos os plásticos
Bifenilos policlorados (PCBs)	Dielétricos em equipamentos eletrônicos	Interfere com hormônios tireóideos	Todos os plásticos
Monômero de estireno	Produto da degradação	Agente cancerígeno, pode formar adutos de DNA	PS
Nonilfenol	Anti-estática, anti-nevoeiro, surfactante (em detergentes)	Imita estrogênio	PVC

Tabela 1 - Diferentes aditivos usados na produção de plástico e seus efeitos. Fonte: Alabi *et al.* (2019)

Liboiron (2021) traz essa perspectiva aplicando o conceito clássico da Geografia de escala, com seu enfoque sistêmico. Como diz a autora (2021, p. 84, tradução nossa), “Escala não é sobre tamanho relativo. Escala é sobre quais relacionamentos importam dentro de um contexto específico.” Sua visão do problema foca primeiro na “(...) violência de um sistema que permite que o plástico

exista em todos os ambientes já testados.”, antes de tratar dos impactos e danos causados por essa poluição, que no caso de seu texto usa de exemplo o trabalho que realiza em seu laboratório de coletar e contar o número de partículas de plástico ingeridas por peixes e outros animais. A raiz do problema é, antes de mais nada, a produção em massa desses materiais, nesse contexto social e econômico já discutido.

A autora usa outra ilustração para explicar sua visão sobre escala, comparando células no nosso braço e o próprio braço, que apesar de um ser feito do outro, eles não agem nem reagem igualmente, ao serem cortados por exemplo, mesmo sendo intimamente conectados. Liboiron (2021, p. 84, tradução nossa) completa dizendo que:

Escala é uma maneira de falar sobre esse deslocamento ontológico, onde os processos que importam (relaaaaaçõeeeeees!) são de um tipo fundamentalmente diferentes em escalas diferentes sem romper relações que cruzam escalas.

Confundir dano e violência é um problema que decorre de misturar as relações, não diferenciar quais relações importam em cada contexto. A ubiquidade do plástico é o que leva a potenciais prejuízos e impactos aos ambientes e seus habitantes, humanos e outros. Assim, explica Liboiron (2021, p. 85, tradução nossa), “nós podemos passar de uma questionamento de dano que pergunta ‘quanto’ (uma pergunta baseada em teorias de limite) para perguntas de ‘como’ e ‘por que’ sobre violência (as perguntas relacionais que importam numa escala diferente)”.

Outro exemplo muito pertinente que Liboiron (2021) traz para nosso estudo é sobre o bisfenol A (BPA), um composto químico usado em vários produtos de plástico, um dos mais produzidos no mundo. Pesquisas indicam que o contato com ele leva a muitos problemas de saúde, e foi encontrado em quase a totalidade das populações testadas ao redor do mundo inteiro, mesmo sendo solúvel e expelido pelo corpo em pouco tempo. Ou seja, conclui Liboiron (2021, p. 86, tradução nossa), “(...) exposição ao BPA deve ser ubíqua para ele aparecer em teste de biomonitoramento em taxas tão altas.” Essa ubiquidade expressa relações em escalas distintas daquelas do dano em si.

Dessa forma vemos como o contexto socioeconômico e seus princípios coloniais operam e se manifestam quase que despercebidos, naturalizados,

estabelecendo um "sistema de permissão-para-poluir", cujo alicerce e justificativa é o acesso à Terra e seu uso como sumidouro da poluição, como discutido.

Se ater somente aos sintomas pontuais e localizados dessa violência leva a análises incompletas e insuficientes, que nunca conseguiram propor medidas capazes de solucionar verdadeiramente o problema, no máximo remediar suas manifestações, esses ditos sintomas (autor, ano, página, tradução nossa?): "descrever violência estrutural permite que intervenções ocorram na escala certa para impactar relacionamentos salientes."

E de novo, como já dito por Liboiron (2021), mesmo com boas intenções, soluções pontuais vão acabar também contribuindo para a reprodução do *status quo* que mantém esse mesmo problema, como são tantas propostas ambientalistas míopes, que não enxergam as relações que de fato importam para entender esse fenômeno do lixo.

A escala em que ocorre essa violência da ubiquidade é estrutural, não diz respeito a um único ou um grupo de indivíduos ou agentes sociais - não que os responsáveis diretos pela não tenham um papel de destaque nessa violência – logo ((LIBOIRON, 2021, p. 87, tradução nossa),

(...) ao invés de definir violência como um evento direto de força ou coerção, o conceito de violência estrutural "diretamente ilustra um sistema de poder no qual estruturas sociais ou instituições causam prejuízo às pessoas de uma maneira que resulta em mau desenvolvimento ou carência... que os restringe de alcançar a qualidade de vida que seria de outro modo possível." Violência estrutural afeta pessoas diferentes diferentemente, criando e solidificando diferenças sociais e estratificação, a base para a violência reprodutiva.

Ou seja, o saldo final sempre acaba sendo a reprodução do racismo e a concretização da necropolítica. Conclui Liboiron (2021, p. 88, tradução nossa):

Kyle Powys Whyte (Potawatomi) defende que mudanças climáticas e outras formas de usar a Terra como sumidouro "sistematicamente apaga certos contextos socioecológicos, ou horizontes, que são vitais para membros de outra sociedade experimentar a si mesmos no mundo como tendo responsabilidades para com outros humanos, não-humanos e o

ambiente." Violência ambiental é sobre quem consegue apagar - ou produzir - como isso é estruturado para que a poluição se torne normal, até mesmo ubíqua.

O exemplo do bisfenol A ilustra também as complicações envolvidas no estudo de substâncias tóxicas na medida em que nem todas seguem pressupostos tradicionais da toxicologia de que uma dose maior é pior que uma dose menor, ou que "o perigo está na dose", pois esse composto e muitos outros são disruptores endócrinos (ECDs, sigla em inglês), que se conectam em receptores de hormônios pelo corpo devido sua similaridade com os hormônios produzidos pelo corpo, que mandam comandos para o DNA nas célula realizar algum tipo de função (Liboiron, 2021). Porém, o efeito de ECDs no corpo não é linear ou previsível (figura 10), não segue as teorias e modelos de limite da poluição e da toxicologia que tratam os agentes poluentes como entidades individuais e separadas, com comportamento regular e mensurável função (Liboiron, 2021).

Os ECDs podem ter diversos efeitos quando encontram receptores em que se encaixam, inclusive não ter efeito nenhum. Sua presença provoca uma série de distúrbios e problemas no corpo, que afetam a saúde e qualidade de vida das pessoas, mesmo não sendo diretamente fatais. Todos esses efeitos não podem ser medidos em curvas toxicológicas típicas lineares, ferramentas amplamente utilizadas por agências regulatórias, pois esse tipo de composto não obedece as ideias básicas de que quanto mais, mais dano, e de que há dano a partir do primeiro contato, que também segue a lógica linear de quanto mais tempo, mais dano (Liboiron, 2021).

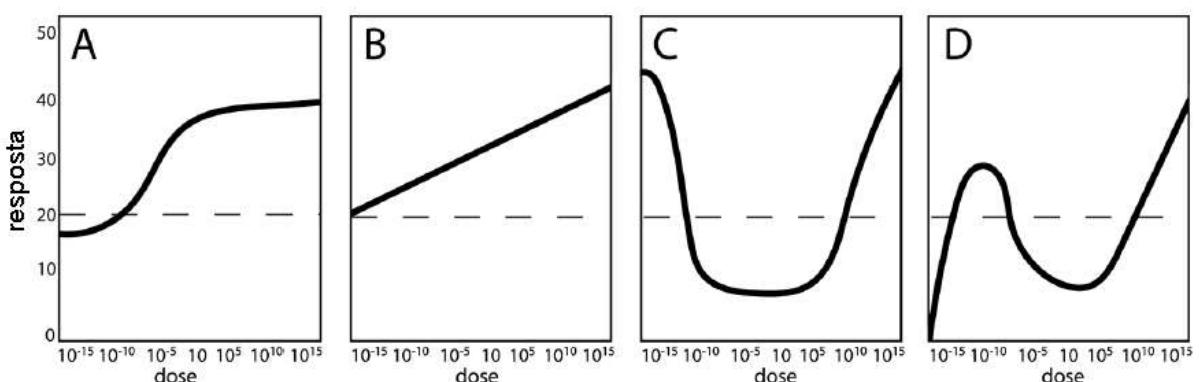


Figura 10 – Curvas toxicológicas de dose-resposta. (A) monotônica, curva de limite sigmoidal (exemplo: poluição orgânica); (B) curva linear sem um limite (exemplo: substâncias cancerígenas); (C) curva não-monotônica simples (exemplo: disruptores endócrinos); (D) curva não-monotônicas complexas(exemplo: disruptores

endócrinos). As curvas C e D representam o tipo de toxicidade dos contaminantes aqui discutidos. Fonte: (LIBOIRON, 2021, p. 93)

Outro fator que complica ainda mais a análise toxicológica é o efeito coquetel, que se refere ao fato de que essas substâncias interagem entre si nos ambientes fora do laboratório, onde seu comportamento e efeitos geralmente são estudados e testados em condições muito distintas do que em cenários reais (LIBOIRON, 2021, p. 96, tradução nossa). Tal combinação incalculável de fatores e variáveis leva o estudo dos efeitos de poluentes para um grau de complexidade que foge do alcance de previsões e medições precisas; exige uma abordagem diferente.

Em outro texto, Liboiron em Gabrys, Hawkins e Michael (2013) traça uma comparação ousada e provocativa entre os modelos de poluição vigentes atualmente da teoria dos germes, baseadas nos efeitos de cada partícula, com as teorias de miasma, que eram as principais explicações para doenças e contaminações entre o século VI e XIX, que se pauta em um modelo de influência para explicar os danos causados. A autora defende que o comportamento e características particulares dos plásticos, de certa forma, se adequam melhor aos preceitos das miasmas, que portanto servem de exemplo de uma abordagem diferente da oferecida pela ciência dominante, que pode oferecer mais ferramentas para entendermos a poluição por plástico.

A lógica dos miasmas se encaixa bem à poluição por plásticos a começar pela ubiquidade típica dessa poluição, é difícil senão impensável acompanhar cada trajetória de cada partícula, mas convém mais buscar entender quais são as influências e combinações delas em cada ambiente, que podem levar a possíveis danos. A interação com os fatores locais não era colocada de lado, pelo contrário, não se buscava isolar uma variável responsável por causar determinado efeito.

As miasmas eram definidas como infecções, impurezas nos ares, que causavam doenças, cujas origens eram diversas, como esgotos e fossas, corpos e matéria orgânica em decomposição, eventos climáticos extremos, entre outros. Através desse entendimento de combinações de fatores, os defensores dessa teoria conseguiam perceber que condições de pobreza, superexploração no trabalho e falta de saneamento básico estavam diretamente relacionadas com as epidemias e surtos de doenças, pois eram predisposições muito propícias para esses casos. Ou seja, as manifestações da violência estrutural se faziam presente de modo

combinado e contextualizado: a vida das pessoas em condições de miséria e desamparo, que por sua vez provocava doenças, era um sintoma dessa violência social e estrutural.

Igualmente complexos são os plásticos, e além deles, seus aditivos e plastificantes são mais enigmáticos ainda quanto a sua origem, distribuição e efeitos - principalmente os ECDs - por isso uma abordagem mais semelhante a dos miasmas se faz necessária. Nas palavras da autora (GABRYS; HAWKINS; MICHAEL, 2013, p. 143, tradução nossa): “(...) devido a complexidade do sistema e da maneira que plastificantes participam nele, a relação entre poluente e corpo pode ser melhor descrita como um complexo de influências e sistema de causalidades”

A esfera de ação onde um olhar mais multifatorial é muito relevante é justamente nas políticas de intervenção, que geralmente tem foco mais fragmentado e localizado, e assim não conseguem lidar com um problema que é onipresente. “Se plásticos estão em todo lugar – e alguns deles são permanentes – essas interveções em larga escala fazem mais sentido do que táticas de prevenção”, explica Liboiron em Gabrys, Hawkins e Michael (2013, p. 145, tradução nossa). Esse modelo de influências também facilita a análise espacial das fontes e distribuições dos poluentes, que nunca vai ser homogênea - tampouco seus impactos - apesar de sua ubiquidade. Conclui Liboiron (GABRYS; HAWKINS; MICHAEL, 2013, p. 146, tradução nossa):

Invés de focar somente na presença, nós podemos nos atentar a fontes e topografias do dano e os tipos de intervenções que elas exigem. Como na época de Griscom [teórico da miasma discutido no texto], a política da concentração e onde essas concentrações se originam pode ser reintroduzidas como parte da lógica da poluição e sua mitigação. Até agora, a justiça ambiental foi pouco utilizada para descrever o problema da poluição por plástico.

O comportamento desses poluentes simplesmente não conseguem ser entendidas e explicadas facilmente pela ciência dominante baseada em relações coloniais com a natureza e a Terra. No caso do exemplo dos ECDs, Liboiron (2021) propõe que o que uma das deficiências desse método é a falta de um olhar para a escala, pois esse olhar nos permite compreender os fenômenos em sua interação, não isoladamente, e através de diferentes momentos no tempo, no cruzamento das

sus diferentes temporalidades, e cada um nos ambientes e contextos que pertencem.

Portanto, generalizando, podemos esperar a mesma complexidade de interações e impactos para todo e qualquer poluente e resíduo descartado, podemos tomar como princípio guia para nossa abordagem para estudar o lixo. Comprovar cada efeito de cada substância em cada cenário, em combinação com todas as outras substâncias, não é um método praticável nem frutífero de investigar e combater os danos causados pela poluição e lixo: é necessário uma mudança de paradigmas.

Nenhuma medida de intervenção na poluição de plástico será bem sucedida se não levar em conta a outra ponta desse processo, que é de onde vem todo esse lixo, a produção. O ciclo de produção industrial possui etapas em um sequência determinada, que começa na produção, passa pelo transporte e consumo, e acaba no descarte ou geração de algum resíduo após o aproveitamento do produto ou recurso. Logo, naturalmente, não há lixo sem produção. De nada adiantam medidas paliativas se inevitavelmente parte dos resíduos sempre vai vazar para fora das estruturas, como comenta Liboiron (2021). A já efetiva ubiquidade dos plásticos e sua longevidade nos ambientes e corpos impõe uma escala para a questão que não é compatível com uma postura que se contenta em remediar danos mas ainda permitir a produção e consequente poluição. “Podemos monitorar plásticos no ambiente e nas prateleiras dos consumidores o quanto quisermos, mas plásticos vêm somente de um lugar: a indústria.”, nas palavras de Liboiron (2021, p. 102, tradução nossa).

A escala dos plásticos é maior que o ato de jogar fora depois de consumir, essa é somente uma parte do processo, que estamos em geral mais familiarizados por estar inserida em nosso cotidiano, nossa vivência. As relações que revelam a verdadeira e completa essência do lixo são mais amplas e envolvem grandes entidades e instituições, que são muito mais responsáveis por esse problema do que qualquer indivíduo ou grupo de cidadãos trabalhadores.

Entre essas entidades, as indústrias de extração, refinamento de petróleo e de produção de plástico evidentemente possuem um papel de destaque, mas elas mesmas, por sua vez, estão inseridas num contexto socioeconômico profundamente enraizado em todos os aspectos das sociedades modernas, sistema esse que deixa rastros materiais de sua passagem pelas paisagens onde passa. Sistema esse

sustentado por uma rede de agentes e atores de proporções imensuráveis e não facilmente identificáveis, menos ainda fáceis de enfrentar.

A escala do lixo e dos plásticos, afinal, é a do próprio sistema capitalista e de suas facetas e desdobramentos materiais e imateriais, desde os preceitos coloniais de se posicionar na realidade, até o racismo e necropolítica que realizam a expressão máxima desse sistema, a morte. É fundamental que toda e qualquer atitude e postura que pretende lidar com a questão do lixo tenha nitidamente consciência dessas relações que importam.

CAPÍTULO 6 – A AMEAÇA DOS MICROPLÁSTICOS

Depois de traçar esse panorama sobre a questão da poluição, lixo e dos plásticos e seu contexto, podemos focar nossa atenção agora num dos tipos dessa poluição por plásticos, os microplásticos (abreviados por MPs), especificamente em ambientes terrestres ou continentais, nos solos, em contraste aos marinhos, encontrados nos oceanos.

Como já visto, MPs são partículas de menos de 5 milímetros compostas por polímeros sintéticos de plástico, e para o início do seu estudo, podem ser divididos em MPs primários, produzidos com essas dimensões nas indústrias, e os MPs secundários, que são resultado do desgaste e fragmentação de pedaços maiores de plástico.

A intenção de focar nos ambientes terrestres é justificada pela falta de estudos sobre MPs nesses tipos de ambientes em comparação com os ambientes marinhos e aquáticos, nos quais o nível de desenvolvimento e aprimoramento de métodos e padronizações já está bem mais avançado do que em solos. Há unanimidade entre os autores quanto a escassez de estudos sobre MPs nos solos, como De Souza Machado *et al.* (2018, p. 1406, tradução nossa) revelam:

Sistemas terrestres tem recebido muito menos atenção científica do que seus equivalentes aquáticos. Contudo, contaminação por microplásticos na terra pode ser 4-23 vezes maior que no oceano. De fato, apenas os solos agrícolas podem estocar mais microplásticos do que bacias oceânicas.

Apesar do pouco que se sabe sobre MPs nos solos, os dados indicam situações extremamente preocupantes, como exposto pelos autores. Aí está outra forte justificativa para investigar esses ambientes: os potenciais graves impactos decorrentes desse poluente, para a humanidade e o resto da vida no planeta.

Estudos também indicam que a origem dessa poluição são principalmente os ambientes terrestres, como explicam He e Luo (2020, p. ix, tradução nossa), ao abrir seu livro, um dos poucos dedicados especificamente ao tema, outra das principais bases desta pesquisa: “*Sendo um dos poluentes mais difundidos e duradouros na superfície do planeta, MPs são majoritariamente provenientes de atividades antropogênicas em ambientes terrestres.*

Naturalmente, a detecção dessas partículas em ambientes com matrizes sólidas é muito mais difícil que em fluidos, onde basta filtrar e peneirar. Talvez esse tenha sido um obstáculo que inibiu os pesquisadores, mas atualmente já foram feitos muitos esforços para organizar e sistematizar procedimentos.

Um dos primeiros pesquisadores a indagar sobre a presença e potencial perigo da poluição de solos por MPs foi Rillig (2012), que em 2012 instigou o debate e preocupação com a questão. Em seu texto levantou diversas hipóteses que serviram de impulso para as futuras pesquisas; porém, ainda não existem conclusões sólidas e satisfatórias o suficiente para comprovar ou contestar essas hipóteses, apesar de haver ocorrido um razoável progresso.

As hipóteses iniciais de Rillig (2012) eram de que essas partículas poderiam ser ingeridas e transferidas através da cadeia alimentar, e que poderiam acumular substâncias e microrganismos em suas superfícies e assim transportá-las. Essas suposições guiam e estimulam as pesquisas até hoje, e provavelmente continuarão por se tratarem de ameaças sérias que esses poluentes representam. As dificuldades metodológicas de investigação de MPs em solos também foram percebidas pelo autor, que além da dificuldade de extração, também existe uma incompatibilidade entre entre os mecanismos e processos nos ambientes aquáticos e terrestres, mesmo entre os costeiros e terrestres não há tantas semelhanças, devido à “*complexa matriz orgânica-mineral dos solos*”, como explica o autor (RILLIG, 2012, p. ??, tradução nossa).

Sobre as fontes de MPs secundários nos solos, o Rilling (2012) supôs que a abrasão dos pedaços maiores de plástico poderia ocorrer tanto na superfície dos solos quanto no subterrâneo, ao longo dos perfis de solo. A prática de cobertura morta (*mulching*, em inglês) com filmes plásticos, comum na agricultura, também foi destacada como potencial fonte de MPs nos solos. Outra prática comum em solos agrícolas, a aplicação de lamas de depuração (*sewage sludge*, em inglês) produzidas nas estações de tratamento de esgoto, igualmente foi apontada como possível entrada do poluente nos solos, principalmente de fibras sintéticas que acabam no sistema de coleta de esgoto. E a difusão das partículas menores e mais leves pelo ar, possivelmente por longas distâncias, e sua deposição nos solos, também foi levantada como suposição.

Como veremos, todas essas suposições em certa medida se provaram verdadeiras, ou pelo menos serviram de ponto de partida para os estudos e conclusões alcançadas.

Por fim, se perguntou se os MPs poderiam alterar as propriedades físico-químicas dos solos em si, como a formação de agregados através da adsorção dos MPs pelas superfícies de contato extensas e bastante quimicamente ativas do solo (BRADY; WEIL; WEIL, 2017, p. 39). Aí se encontra uma área de estudo ainda não tão investigada, a interação entre as argilas e os colóides orgânicos do solo, as menores e talvez as mais importantes para a estrutura e saúde do solo, graças a sua capacidade de adsorver nutrientes, promover a agregação das partículas e reter água. (BRADY; WEIL; WEIL, 2017, p. 159).

Dos pesquisadores referenciados, nenhum se atentou a esse ponto, um caminho provavelmente bastante relevante para a investigação da poluição de MPs nos solos - e até outros tipos de poluição.

Voltando a análise do quadro atual dos plásticos, é estimado que foram produzidos cerca de 6,3 bilhões de toneladas de lixo plástico desde a invenção dos polímeros sintéticos, e destes, 4,977 bilhões foram descartados em lixões e aterros ou na natureza. Daí que vem o número que circula na imprensa e mídia de que aproximadamente 80% dos plásticos já feitos estão amontoados sem tratamento, enquanto 9% foi reciclado e 11% foi incinerado - esses dados entretanto, não são consenso na comunidade científica, como por exemplo Liboiron (2021) que critica os parâmetros e premissas usadas nas estimativas de uma das principais e mais difundidas pesquisas sobre o tema, de Jambeck *et al.* (2015), chamando seus cálculos de “matemática simplesmente impossível, puro carisma” (LIBOIRON, 2021, p. 74, tradução nossa). Aponta também que os países indicados como os maiores poluidores são justamente os com economia em crescimento, em desenvolvimento.

Em suas palavras, Jambeck *et al.*: “Basicamente, desvios do estilo americano [estadunidense] de uso da terra e manejo de resíduos. Outra forma de interpretar os dados é que os países listados são aqueles que menos se assemelham com os Estados Unidos”. (LIBOIRON, 2021, p. 74, tradução nossa) E completa que pesquisas como essa, com essa metodologia de estimativa e medição de descarte (LIBOIRON, 2021, p. 74, tradução nossa):

Reproduzem a obviedade errônea de que a poluição por plástico é um problema do consumidor, invés de um problema da produção

industrial. (...) Medições de resíduos per capita apagam tanto o papel da indústria em criar descartáveis quanto as desigualdades econômicas que impactam como os resíduos circulam pelos domicílios e regiões. (...) A matemática atinge a universalização da diferença, contexto, e história em um nível surpreendentemente alto, até mesmo para a ciência.

Como podemos ver, logo no começo da discussão sobre o tema já cruzamos com conflitos políticos e de interesse, que se traduzem e manifestam em nossas atitudes e posturas, mesmo que sem perceber, e mesmo com boas intenções, como alerta Liboiron.

Agora quanto aos perigos que os plásticos representam, não há muita discordância. De Souza Machado *et al.* (2018) coloca que suas características de artificialidade, toxicidade, baixa solubilidade e hidrofobia criam uma combinação de efeitos físicos e químicos praticamente inédita. Também observam que são em ambientes terrestres onde ocorre o primeiro contato com a biota, que pode acelerar as alterações biogeoquímicas dos ambientes.

A exposição às intempéries e a ação biológica desgasta os plásticos, que tendem a sofrer desintegração mais facilmente do que degradação: se fragmentam em pedaços menores mas mantém suas propriedades físico-químicas.

O comportamento dessas partículas em ecossistemas estruturados em material particulado, podemos deduzir com certa confiança, é diferente do que em outros mediados por fluidos como água ou outros fluidos. Porém está muito cedo para tentar delinear mecanismos e processos geral ou universais que expliquem ou se aproximem do comportamento dessas partículas poluentes - mais ainda considerando as infinitas relações e reações entre poluentes e ambientes, fora as reduções e perdas inerentes às generalizações.

CAPÍTULO 7 – ORIGEM E DESTINO DOS PLÁSTICOS

Em sua revisão sobre a pesquisa em MPs no solo, Hurley e Nizzetto (2018) elaboram uma sistematização das principais fontes de MPs nos solos, as principais entradas dessas partículas nos ambientes, tanto terrestres quanto marinhos. Essa tentativa de separação é um primeiro passo importante para começarmos a solidificar nosso conhecimento enquanto humanidade sobre essa potencial ameaça, é uma ferramenta crucial para entendermos a distribuição geográfica desse poluente (figura 13), e quais fatores influenciam sua presença e efeitos nitidamente desiguais em cada tipo de ambiente. Hurley e Nizzetto (2018, p. 7-8, tradução nossa):

- Entrada por práticas agrícolas.
- Influência do escoamento e deposição.
- Fragmentação de detritos plásticos maiores.
-

Podemos incluir nessa divisão as mais frequentemente identificadas fontes de MPs, como a cobertura morta e lama de depuração, escoamento de pneus e deposição atmosférica, e a fragmentação de pedaços maiores de plásticos que podemos presumir um processo comum aos diferentes tipos de ambientes, porém com graus e mecanismos distintos em cada situação.

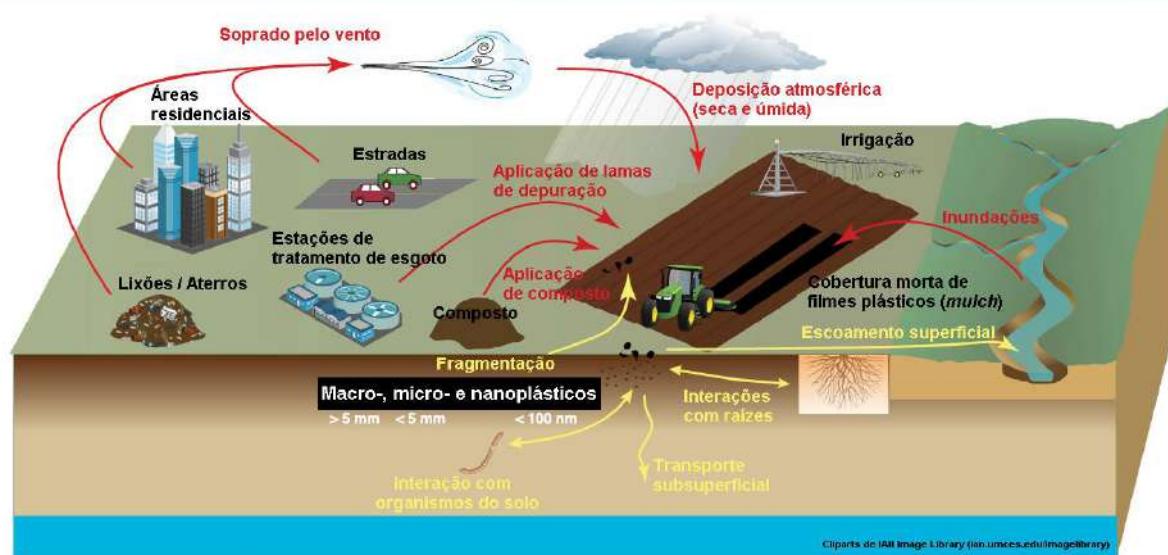


Figura 11 - Fontes e caminhos percorridos pelos plásticos em ambientes terrestres. Setas vermelhas indicam entrada de plástico nos solos, setas amarelas indicam mecanismos de interação e saídas do solo. Adaptado de Yu e Flury (2021).

A partir dessas observações preliminares, conseguimos perceber uma correlação entre essa poluição com centros urbanos, dado a quantidade e variedade de objetos e estruturas feitas de plásticos, como apontam os autores, como He e Luo (2020), que também deduzem que essa geração de partículas ocorre devido a perdas accidentais durante uso diário, transporte, e lavagem de têxteis no caso das fibras.

Também é observado que o escoamento em áreas urbanas é o caminho de parte das partículas de MP que acabam em ambientes aquáticos, incluindo fluviais, onde também já foram encontrados MPs em diversos locais.

Essa correlação é uma primeira pista para a análise geográfica dos MPs, que pode eventualmente chegar à elaboração de modelos para previsão de seu transporte e distribuição, que serão instrumentos valiosos para políticas e medidas de intervenção.

Detalhando melhor as fontes, com base em He e Luo (2020, p. 41-54, 144-156, tradução nossa) temos que:

Entre as fontes primárias:

- *Pellets* de plástico, a primeira forma que os plásticos tomam ao serem produzidos, são grãos arredondados de fácil transporte e armazenamento, geralmente de poucos milímetros de diâmetro. São posteriormente transformados em objetos de plástico, por isso também recebem o nome de plástico “virgem” ou *pellets* de “pré-produção”.. O contínuo aumento da demanda de plástico resulta no aumento da emissão dessas partículas ao longo do seu ciclo produtivo, porém, atualmente, ainda não é possível estimar a quantidade de partículas de plástico emitidas no ambiente durante esse processo, afirmam os autores. Muitos esforços de pesquisa estão sendo feitos para investigar e quantificar a poluição por *pellets*, como o International Pellet Watch (<http://pelletwatch.org>), um programa voluntário de monitoramento global da poluição dos oceanos por *pellets* de plástico e poluentes orgânicos neles transportados. Entretanto, em ambientes terrestres, a pesquisa ainda não está tão avançada ainda, como já reiteradamente constatado.
- Produtos de higiene pessoal, que contém pequenos grãos de plástico que são usados como pigmentos, esfoliantes, branqueadores entre outros, presentes em produtos como cremes dentais e protetores solares. Devido ao seu pequeno tamanho e insolubilidade, passam pelos encanamentos e chegam no sistema de esgoto, que não consegue removê-los e por isso acabam eventualmente sendo usados na agricultura através das lamas de depuração.

- Tintas, compostas de diversos pigmentos, solventes e aditivos, e com inúmeras aplicações, liberam partículas de plástico com o tempo conforme ficam expostas às intempéries. Diferenças nos sistemas de drenagem levam a diferenças no caminho dessas partículas, como em áreas rurais onde infiltram até as águas subterrâneas ou em cidades onde entram nas redes de esgoto.
- Águas residuais de lavagem doméstica de roupa são consistentemente apontados como uma das principais fontes de MPs no ambiente pelos pesquisadores. Tecidos sintéticos liberam microfibras com o uso diário ou na lavagem e secagem. Estudos indicam que a concentração de microfibras no ar em ambientes fechados é maior do que abertos, ao ar livre, portanto exposição em lugares fechados pode representar um risco à saúde em potencial, assim como exposição a MPs no trabalho em certas ocupações, devido a má circulação e grande quantidades de polímeros.
- Efluentes de estações de tratamento de esgoto são uma das maiores fontes de MPs em águas naturais, pois muitos efluentes são despejados diretamente em corpos d'água diretamente, apesar de ser possível retirar mais de 90% dos MPs das águas residuais de esgoto.
- Lamas de depuração contêm MPs pois essas partículas afundam na lama durante o processo de tratamento, por isso a composição de MPs nas lamas é parecida com a dos efluentes. Estimativas das quantidades de MPs liberadas pelo tratamento de esgoto é impossível devido às diferenças econômicas, estruturais, demográficas e outras entre os países e regiões. Além disso, não existem métodos de retirar MPs de lamas de depuração nem de compostagens feitas delas e aplicadas nos solos.
- Aplicações ao céu aberto como pistas de corrida e atletismo, gramados artificiais, asfalto embrorrachado, também figuram como fontes de MPs no ambiente.
- Desgaste de pneus é considerado uma das maiores fontes de MPs na poeira de estrada,. Os pneus recebem diferentes doses e tipos de aditivos químicos para melhorar sua performance, que são liberados durante a rodagem. E o aumento na fricção entre os pneus e a estrada é uma medida de segurança para os passageiros, e os pneus são fabricados com incorporando essa medida, porém, por sua vez, quanto maior a fricção, maior a emissão de partículas dos pneus. Os autores observam que as partículas de pneu podem formar agregados com outros grãos das estradas e pavimentações, que também podem chegar nos sistemas de drenagem pelo escoamento superficial.

Continuando com a apuração de He e Luo (2020), os MPs secundários tem como principais fontes:

- Sacolas de plástico, muito populares desde seu surgimento na década de 1990, têm sido descartadas em todos os ambientes, e devido a sua durabilidade e resistência na natureza, seu uso está sendo gradualmente banido pelo mundo - porém o grande número de sacolas já presentes nos ambientes são e continuarão a ser uma muito provável fonte de MPs.
- Garrafas plásticas, apesar de um aumento na conscientização e na reciclagem nos últimos anos, a quantidade de garrafas recicladas não passa de metade das garrafas vendidas.
- Embalagens plásticas, como já discutido, representam uma considerável parte da produção total de plásticos no mundo, com cerca de 40%. E quanto aos materiais de embalagem usados, representam aproximadamente 25%. Os filmes finos de MP usados normalmente em embalagens, como PE, PP e PS, têm sido encontrados em altas quantidades nos ambientes.
- Resíduos de pesca descartados diretamente no oceano, acidentalmente ou não, são uma importante fonte de MPs marinhos e costeiros, principalmente as espumas flutuantes.
- Cobertura morta de filmes de plástico, muito popular, porém tem curta vida útil e baixa eficiência de reciclagem, libera grandes quantidades de MPs no solo, como já amplamente detectado. E além de poluir o solo, gradativamente diminui a produtividade do solo e também pode ser absorvido pelos cultivos e biota do solo e afetar as cadeias alimentares e saúde humana.

Quanto a capacidade de armazenamento de MPs nos solos, as pesquisas sugerem que os solos são potenciais sumidouros dessas partículas, e que o soterramento das partículas deve limitar seu desgaste, transporte e exposição a biota do solo, aumentando sua preservação (HURLEY; NIZZETTO, 2018). A influência das características dos solos e seu manejo, com técnicas como aragem, na preservação e desgaste das partículas enterradas precisa ainda ser estudado. Entretanto, a degradação dos MPs nos solos pelos mecanismos naturais parece ser muito lenta, com menos de 1% de perda por ano para alguns tipos de plásticos (HE *et al.*, 2018).

Se repete a necessidade de estudar os efeitos dos MPs nos diferentes tipos de solos e ambientes, fora os próprios tipos de plásticos e aditivos. Também é grande a necessidade de experimentos de campo para comprovar e confirmar as

muitas hipóteses levantadas. E estudos sobre os efeitos de longo prazo da exposição de solos a MPs precisam ser elaborados, dada a durabilidade dos MPs e sua ubiquidade (HURLEY; NIZZETTO, 2018).

Continuando a síntese de (HURLEY; NIZZETTO, 2018), o transporte das partículas toma os princípios da drenagem dos solos, que envolve o deságue nos rios e oceanos, que também precisam ser confirmados em campo. Um fator teorizado como determinante no transporte dos MPs nos solos é o formato, que poderia levar a um efeito peneira como já ocorre nos solos - falta investigação. As partículas que passaram por tratamento de esgoto podem carregar microrganismos e substâncias orgânicas, ou mudar a sua carga na superfície, o que pode alterar seus mecanismos de transporte. O transporte de partículas leves e de formato irregular, como as fibras, favorece o transporte pelo vento. E a atividade biológica contribui para a dispersão dos MPs a partir de fontes pontuais; a bioturbação promove o transporte vertical e translocação descendente do plástico (HURLEY; NIZZETTO, 2018).

Yu e Flury (2021) explicam sobre as propriedades coloidais dos MPs e dos nanoplásticos (NPs), partículas com menos de 100 nanômetros, quando percorrem ambientes terrestres. Quanto à definição de colóides, são sistemas de duas fases, em que pequenas partículas de uma substância estão misturadas em uma outra substância, mas não dissolvidas, que é o caso das argilas e algumas partículas orgânicas nos solos, como explica Brady e Weil (2017). Essas partículas sólidas microscópicas estão dispersas na água que percola e que fica retida nos solos, e são responsáveis por inúmeras reações químicas vitais à vida no solo, como o transporte de nutrientes para plantas, graças à enorme superfície de contato dessas partículas, como já mencionado.

Yu e Flury (2021) comentam que a circulação e desgaste nos ambientes das partículas de MP e NP causa alterações em suas superfícies, por isso a prática comum de testar e elaborar modelos do transporte de colóides usando como referência esferas “virgens” de plástico, geralmente poliestireno, não representa as propriedades verdadeiras dos MPs descartados, principalmente dos MPs secundários, mais heterogêneos que os primários.

Ao circular pelos ambientes, se forma uma ecocorona (figura 14) em volta dos MPs, uma camada superficial de micróbios e resíduos orgânicos, como proteínas e outras biomoléculas. As superfícies dos MPs também são alteradas pela

exposição à luz, água e oxigênio, o que faz com que ocorra a incorporação de hidroxilas, carbonilas e carboxilas nas partículas de plástico, deixando-as mais hidrofílicas e negativamente carregadas. “Todas essas modificações vão tornar os micro- e nanoplásticos secundários mais móveis em meios porosos do que comparado com partículas de plástico não modificadas.”, como dizem Yu e Flury (2021).

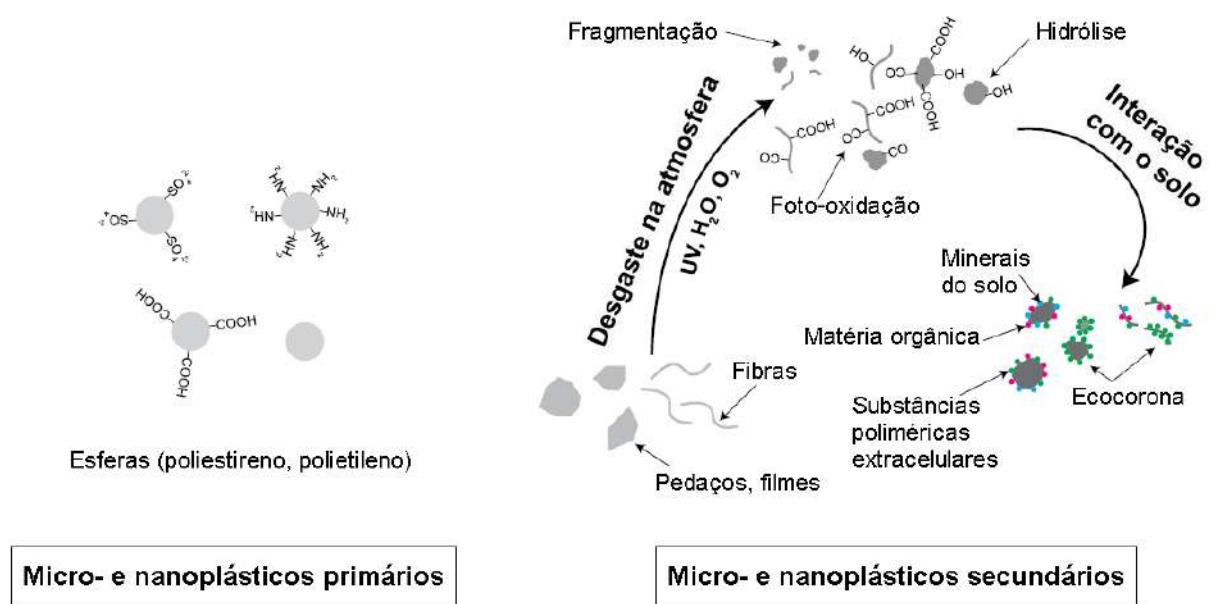


Figura 12 - Propriedades superficiais e modificações ambientais de micro- e nanoplásticos primários e secundários. (UV: radiação ultravioleta). Adaptado de Yu e Flury (2021).

A heterogeneidade superficial, de carga ou rugosidade, aumenta a adesão das partículas na interface sólido-água, e a acumulação delas aumenta ainda mais a adesão pelo processo de maturação (de Ostwald), ou diminui a adesão pelo bloqueio. A vazão da água é um dos mais importantes fatores para a retenção ou não dos MPs e NPs, uma vez que alta vazão pode levantar e arrastar as partículas, resultando em menor retenção, pois promove a mobilização das partículas ao expandir as finas películas de água no solo. Estudos com partículas não alteradas indicam que o transporte dos plásticos se dá pelas interfaces água-ar durante os ciclos de secagem e vazão (YU; FLURY, 2021). Aí está uma pista para prosseguir na investigação da circulação dos MPs e NPs em ambientes terrestres.

Continuando sobre os mecanismos de retenção e transporte, o estrangulamento dos poros e encravamento prendem as partículas nos poros

menores - ocorre um processo de seleção e exclusão baseado no tamanho das partículas, as menores chegam mais rápido nos efluentes. Em estruturas com poros heterogêneos, os caminhos de fluxo preferencial de alta permeabilidade promovem o transporte das partículas. Quando o solo está insaturado, os plásticos podem aderir na interface água-ar através das forças hidrofóbicas, e até penetrar nessa interface, dessa forma ficam retidos pelas forças capilares. Nesse cenário, o estrangulamento e encravamento são reforçados, e o estrangulamento de filmes plásticos por finas películas de água também é favorecido (YU; FLURY, 2021).

Mudanças hidroquímicas (força iônica, pH, tipos de eletrólitos) alteram as forças eletrostáticas entre as partículas e as interfaces, promovendo a mobilização ou a retenção (figura 15). A presença de outras substâncias durante o transporte também afeta esses mecanismos de mobilidade. A agregação com partículas dos solos, como o ácido húmico, parecem aumentar a mobilidade dos MPs (YU; FLURY, 2021). Novamente outra entrada para futuras pesquisas, investigar o efeito de cada combinação de partículas, substâncias e cenários no transporte dos MPs, e mais uma vez, nos deparamos com o dilema metodológico de lidar com tal complexidade inimaginável, que exige outras perspectivas e abordagens para seu enfrentamento.

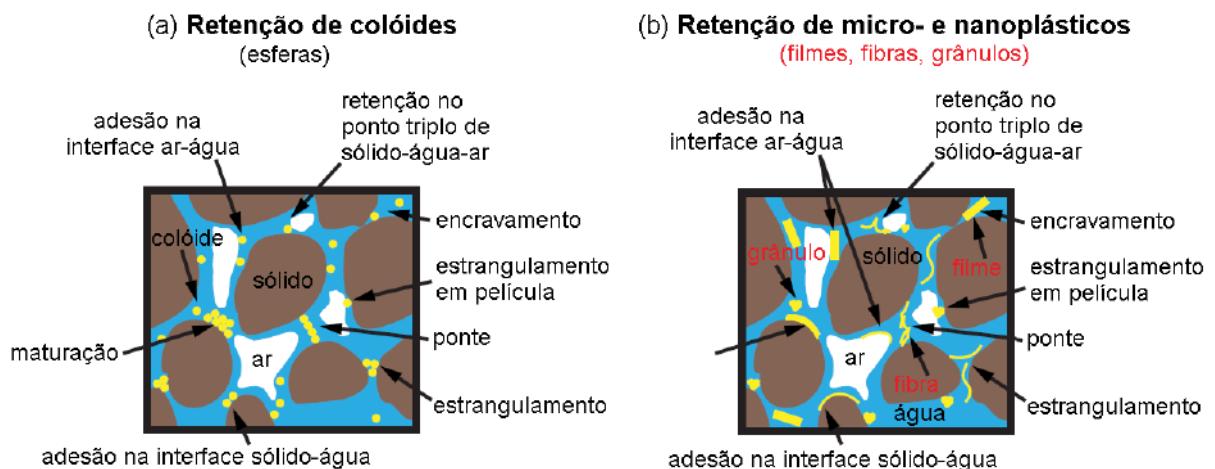


Figura 13 - Mecanismos de retenção de (a) colóides convencionais, e (b) micro- e nanoplasticos. Adaptado de Yu e Flury (2021).

O fator formato das partículas também influencia em seu transporte. O transporte de partículas não esféricas depende de suas proporções, orientação e hidrodinâmica. Elas sofrem mais torques e forças hidrodinâmicas, que compensam as forças atrativas e resultam em menor retenção. As partículas não esféricas

“tendem a estar orientadas com o eixo maior alinhado com a direção do fluxo, o que diminui sua retenção por estrangulamento do que comparado com partículas esféricas com tamanhos equivalentes”, explicam os autores (YU; FLURY, 2021).

Simulações sugerem que, desconsiderando interações superficiais, fibras com comprimentos menores que o tamanho médio dos poros podem ser transportadas como solutos, enquanto fibras mais compridas tendem a se enrolar nos grãos do solo - considerando que as fibras plásticas geralmente são muito finas e compridas, é esperado que elas não migrem tão longe nos solos. É esperado que partículas menores que 10 micrômetros sejam retidas na camada superior dos solos, mas que ao mesmo tempo os macroporos sejam um caminho para maiores profundidades (YU; FLURY, 2021).

Os invertebrados do solo podem contribuir com o transporte dos MPs empurrando-os, digerindo-os e defecando-os, e por aderência em seu próprio corpo enquanto escavam. Estudos sugerem que minhocas transportam MPs de maneira seletiva, levam as partículas menores mais fundo do que as maiores. As minhocas transportam pedaços maiores em suas tocas sem digeri-los; o movimento vertical dos invertebrados produz macroporos que servem de caminho para os MPs circularem movidos pela percolação da água. Relações tróficas de presa e predador também podem promover o transporte e biomagnificação de MPs nas teias alimentares dos solos (YU; FLURY, 2021), e talvez cheguem aos outros níveis tróficos terrestres, como tem sido estudado em ambientes marinhos.

Considerando que a maioria dos plásticos é descartado em lixões à céu aberto, esses ambientes deixam os plásticos diretamente expostos à radiação ultravioleta (UV), alta disponibilidade de oxigênio, altas temperaturas, e comunidades microbianas, aumentando a chance de fragmentação e emissão de MPs (HURLEY; NIZZETTO, 2018).

E quando os plásticos são soterrados em lixões, apesar de menos móveis do que na superfície, foram detectados no chorume 17 tipos de plásticos, com os dominantes sendo de PE e PP (34,94% cada). Soterrados nos lixões, os MPs estão submetidos a condições mais severas devido ao pH do chorume (de 4,5 a 9), alta salinidade, oscilações de temperatura, geração de gases como metano e dióxido de carbono, estresse físico e degradação microbiana, tudo isso podendo levar à continuada fragmentação dos plásticos (HE; LUO, 2020).

Os autores expõem (HE; LUO, 2020, p. 53, tradução nossa):

Apesar de alguns plásticos terem sido reciclados, a maioria é frequentemente misturada com outros tipos de resíduos domésticos e incinerados ou despejados junto com outros resíduos sólidos urbanos. Aterramento é uma estratégia de manejo de resíduos em todo o mundo. Devido a má gestão, estima-se que aterros/lixões contenham 21-24% do lixo plástico global..

Nos lixões o principal tamanho das partículas variava na faixa de 100-1.000 micrômetros (74,88%), e o número de MPs aumentava conforme o tamanho diminuía, o que indica uma probabilidade significativa de serem transportados pelo chorume para os solos e águas subterrâneas, junto com qualquer substância ou organismo adsorvido em suas superfícies (HE; LUO, 2020). Portanto, esses achados demonstram o risco ecológico latente que o descarte inadequado dos plásticos representa, e também evidencia que, da mesma forma que os outros ambientes urbanos e centros de atividade humana, os lixões não são (HE; LUO, 2020, p. 54, tradução nossa):

o destino final dos plásticos, mas uma potencial fonte de MPs em outras matrizes ambientais. (...) MPs podem se acumular no solo e serem transportados e redistribuídos por vento ou deságue em ambientes aquáticos via escoamento superficial.

Foi observado que os MPs de locais fechados conseguem sair para a atmosfera, enquanto somente cerca de 30% dos MPs da atmosfera conseguem adentrar locais fechados, podendo assim concluirmos que o ar de locais fechados é uma fonte de MPs em ambientes fechados (HE; LUO, 2020).

Também foi discutido que o comportamento de MPs na atmosfera deve ser parecido com outros poluentes aerossóis. Os MPs na atmosfera, devido sua densidade, apresentam uma distribuição vertical, com diferentes concentrações em diferentes altitudes, com as maiores concentrações perto da superfície, em até 1,7 metros de altitude. Ainda não há métodos padronizados para investigar MPs na atmosfera (HE; LUO, 2020).

Em vista disso, no que se diz respeito ao transporte dos MPs, “podemos concluir que uma massa de MPs pode migrar entre o solo, o ar, a água e até o oceano. Distribuição e transformação de MPs está intimamente relacionado a eco-ambientes urbanos e atividades humanas.” (HE; LUO, 2020).

CAPÍTULO 8 – EFEITOS NOS SOLOS E ECOSSISTEMAS

Uma das maiores preocupações quanto a poluição por MPs - e que recebeu relativamente bastante atenção - é seu papel como vetor de substâncias tóxicas carregadas dos locais por onde as partículas passaram, ou pela lixiviação, liberação (*leaching*) de compostos químicos que fazem parte de sua composição química (figura 16). O que novamente traz à tona a complicaçāo de considerar as combinações de polímeros, aditivos e ambientes. Como He e Luo (2020) explicam, foi comprovado que os plásticos podem liberar seus aditivos durante o ciclo de vida dos produtos, especialmente nos solos. E ao mesmo tempo, os plásticos podem absorver substâncias tóxicas como metais, bifenilos policlorados (PCBs), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) e pesticidas organoclorados (como DDT, HCH), devido a suas superfícies hidrofóbicas He e Luo (2020).

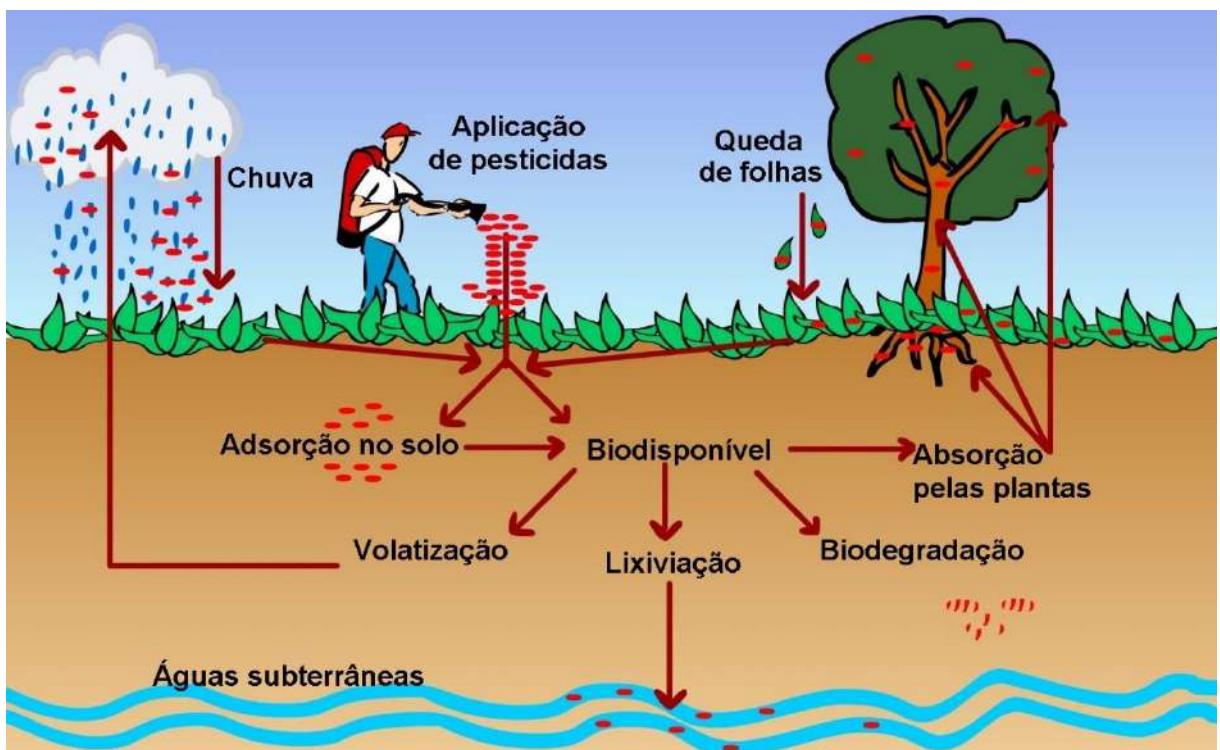


Figura 14 – Dispersão de poluentes orgânicos persistentes (manchas vermelhas) no solo, água e ar.

Fonte: <https://www.intechopen.com/chapters/45279>

Como salientado pelos mesmos autores, os solos são misturas complexas de sólidos e líquidos, além de organismos de todas as escalas, desde a microscópica, e da matéria orgânica, resultado da decomposição de diversos

agentes. Essa complexidade é fruto da combinação única de todos esses fatores e outros em cada lugar, dado que os solos são a interface entre a litosfera, hidrosfera, atmosfera e biosfera. Nessa complexa mistura que é o solo, diversas substâncias podem se incorporar aos plásticos e fora o transporte de poluentes, isso também dificulta os métodos de separação e identificação dos MPs, como com métodos populares de espectroscopia infravermelha e flutuação por diferença de densidade He e Luo (2020).

Por enquanto, os estudos sobre liberação de aditivos focaram nos retardantes de chamas, plastificantes, e aditivos fluorescentes. Os estudos sobre esse tema começaram com o monitoramento de poluentes orgânicos persistentes (POPs) em *pellets* plásticos em praias, nos quais foram detectados diversos tipos desses poluentes (HE; LUO, 2020).

Foi observada uma correlação entre o tempo que os *pellets* passaram soltos no ambiente (envelhecimento) e sua concentração de poluentes orgânicos, provavelmente por causa do aumento na superfície de contato e cristalização decorrente do desgaste nos ambientes (HE; LUO, 2020). Esta conclusão é um passo importante para entendermos os processos de transferência de substâncias através dos MPs, sendo um ponto de partida para futuras pesquisas, os mecanismos de adsorção de cada tipo de polímero e formato (e aditivos) durante sua circulação pelos ambientes. Mais estudos são necessários para entendermos esses mecanismos.

Foi demonstrado que os MPs possuem uma alta afinidade contaminantes orgânicos hidrofóbicos (COHs), que incluem os POPs, devido a sua alta hidrofobicidade e superfície de contato; as estruturas físicas foram apontadas como um dos principais fatores da adsorção de COHs. Como esperado, o desgaste dos polímeros aumenta sua capacidade de adsorção comparado a plásticos “virgens”, pelos motivos já citados, que aumenta a difusividade das substâncias adsorvidas. Outros fatores externos participam desse processo, como a temperatura, que altera a tensão superficial da solução e a solubilidade dos COHs nela. Salinidade, e composição da solução aquosa (conteúdo de partículas dissolvidas, etc.) também influenciam o comportamento dos COHs (HE; LUO, 202).

Finalizam os autores resumindo (HE; LUO, 2020, p.179, tradução nossa):

Os contaminantes presos nos microplásticos têm diferentes comportamentos de adsorção e dessorção dependendo das

características dos contaminantes, propriedades físico-químicas da superfície dos microplásticos e condições ambientais exteriores. O envelhecimento dos microplásticos no ambiente teria impactos importantes nas suas propriedades superficiais e consequentemente influenciam a adsorção de poluentes orgânicos. Portanto, mais estudos são recomendados para investigar a interação de contaminantes orgânicos com microplásticos ambientalmente relevantes, e o destino desses contaminantes no ambiente.

A escabrosa complexidade do estudo da poluição dos solos por MPs - e a necessidade de aprofundamento - se faz presente novamente, continuando as mesmas tendências de pesquisa sobre o tema até agora.

O solo pode não ser tão lembrado quando o assunto é preservação do ambiente e ecossistemas, mas como defende Primavesi (2021, p. 36), a maior expoente da agroecologia no Brasil:

O solo é nossa base vital e de toda a vida em nosso globo. Sem ele não existiria natureza, nem meio ambiente. Ele influi em tudo: no caudal dos rios, que secam quando o solo perde sua macroporosidade superficial; nos oceanos, que devem receber dos solos sua matérias orgânica para a vida do plâncton, que, além de nutrir peixes pequenos, é o maior fornecedor de oxigênio de nosso planeta - oxigênio que também vai formar a camada de ozônio, permitindo, assim, a vida nos ambientes terrestres. Do solo, o ar recebe gás carbônico, produzido pelos microrganismos durante a decomposição dos restos vegetais, e que as plantas em seguida utilizam para sua fotossíntese, por meio da qual transformam a energia livre do sol em energia química, em matéria, ou seja, em compostos orgânicos.

A vida na Terra só é possível graças aos solos, que por sua vez também são mantidos férteis e vivos principalmente graças a presença da vida e ação biológica nele. E sem sua fertilidade e a vida permitida pelos solos, não haveria como a humanidade ou qualquer sociedade se manter, definitivamente não nos padrões modernos. Por isso a preservação e cuidado deles e de seus ecossistemas associados - respeito, como diz a autora - é vital para nossa sobrevivência e futuro como espécie.

Daí vem o lema da autora de “solo sadio - planta sadia - ser humano sadio” (PRIMAVESI, 2021, p. 302).

O papel subestimado dos solos na manutenção da vida e reprodução das sociedades é reforçado por outros autores, como He e Luo (2020, p. 200, tradução nossa) que explicam:

A saúde dos solos é fundamental para o funcionamento adequado de processos que afetam a agricultura, o clima global, e até mesmo coisas aparentemente não relacionadas como a resiliência urbana a inundações. (...) Quando a água e o ar são combinados com matéria inorgânica (argila, areia, silte, minerais) e matéria orgânica (em decomposição e material vegetal e animal decomposto) dentro dos solos, as necessidades da diversa gama de micro-, meso- e macrofauna podem ser supridas. Portanto, a dependência dos solos é a fundação de todos os ecossistemas terrestres, e é da mais alta relevância para as teias alimentares tróficas já que eles sustentam direta e indiretamente a incrível diversidade nas formas de vida vistas no mundo.

Brady e Weil (2017, p. 19–20) também tem a mesma posição, destaca que apesar de grande parte da população atualmente não ter muito contato direto com os solos, por viver em áreas urbanizadas, “o grau no qual somos dependentes dos solos é provável que aumente, não que diminua, no futuro.” A abordagem do autor se utiliza muito do conceito de “serviços ecossistêmicos”, que é uma maneira de medir quase que quantitativamente os benefícios oferecidos pelos solos à economia e sociedades. Essa visão revela uma postura voltada ao aproveitamento e exploração do recurso solo, não tanto ao respeito ou a busca da harmonia - ou seja, poderíamos considerar essa visão como uma reprodução de princípios e preceitos coloniais como discutido anteriormente, mesmo que inconscientemente ou com boas intenções. Ainda assim, suas contribuições para a ciência dos solos e pedologia é inestimável, sendo sua obra uma das maiores referências mundialmente no assunto.

As reações químicas mediadas pelos solos, as “danças de íons e água” (HE; LUO, 2020, p. 201, tradução nossa), cujos efeitos atravessam escalas e temporalidades, sempre estão em um equilíbrio específico de cada ambiente, uma combinação de fatores típica de cada lugar, por isso a alteração de um sequer pode ameaçar todo o sistema.

Essa é a abordagem de Primavesi (2021), um enfoque holístico que não se preocupa com corrigir somente um problema ou sintoma, mas de cuidar de todo o sistema ao mesmo tempo, privilegiando as interações e buscando o equilíbrio, mesmo que não seja possível alcançar o ideal dos ecossistemas naturais, considerando as práticas agrícolas e usos da terra que todas as sociedades impõem nos ambientes (PRIMAVESI, 2021).

Ainda assim, é possível ser menos destrutivo e suicida na nossa relação com o meio ambiente, nesse ponto concorda com o posicionamento de Liboiron (2021), que acredita que é possível ser anticolonial mesmo convivendo com sua herança, Primavesi defende que a recuperação dos solos levaria a subsequente produção de alimentos de alto valor biológico, e assim desencadearia o fim da miséria entre os povos do mundo. Suas visões se complementam, pois se tratam de mudanças estruturais para o combate das injustiças e desigualdades, que pretendem contra-atacar os responsáveis pela opressão, responsáveis esses que, numa escala ou outra, estão na raiz de praticamente todos esses problemas..

Numa viagem a Burkina Faso para entender o processo de desertificação que ameaça este e tantos outros países, Primavesi (2006, p. 187) testemunha a seriedade com que o problema é tratado e a consciência da população de que não há outra solução além do respeito à natureza, e constata que “a agroecologia não é uma alternativa para fazer agricultura, mas que é a única tecnologia que assegura nossa sobrevivência” (PRIMAVESI, 2021, p. 187).

Considerando tamanha importância dos solos e nossa dependência deles, a preocupação quanto aos MPs não é exagerada, pois a grande parte dessa imensa diversidade de interações entre os componentes dos solos ainda não é completamente compreendida (HE; LUO, 2020).

Todos os processos envolvidos na formação e ciclos dos solos acontecem numa escala de tempo geológico, onde mudanças são lentas e graduais, porém desde meados da Primeira Revolução Industrial e mais ainda o pós-Segunda Guerra Mundial (período denominado de “Grande Aceleração”), o aumento da população somado às atividades humanas têm causado um impacto tão enorme nos sistemas naturais do planeta que poderíamos considerar a ação humana como um agente geológico, que inclusive deixará registros para a posteridade - que incluiriam os plásticos. Com base nesses dados e nessa interpretação, alguns grupos defendem

que o início desse período marcaria o início de uma nova época geológica, o Antropoceno (SHOSHITAISHVILI, 2021).

Entretanto, ainda não há consenso na comunidade científica quanto ao termo, que ainda não é reconhecido pelas principais autoridades internacionais responsáveis pelas convenções sobre geologia e estratigrafia.

E dentre essas variáveis em crescimento acelerado, podemos incluir a produção e poluição de plásticos, como já exposto. A poluição dos sistemas terrestres que o plástico está provocando é sem precedente não só em termos de velocidade, mas também de longevidade e ubiquidade (HE; LUO, 2020).

Focando nos impactos na vida no solo, começando pelos microrganismos, alguns dos efeitos são semelhantes aos de ecossistemas aquáticos, outros não. Os patógenos e organismos oportunistas transportados na superfície das partículas de MP, segundo os dados coletados, apresentaram elevado nível de resistência antibiótica genética e outros marcadores de transferência horizontal de genes (HE; LUO, 2020).

Já é conhecido o fato de que em ambientes aquáticos, as partículas de MP são envoltas em uma ecocorona, o que é relevante para o estudo de ambientes terrestres pois grande parte dos microrganismos no solos se localizam na água retida nos poros dos solos. Por isso, esse novo habitat que os MPs representam pode afetar todo o metabolismo das comunidades microbianas e se tornar uma força seletiva para a evolução destas, contribuindo para a potencial ameaça trazida por esse tipo de poluição, considerando o papel vital que esses organismos desempenham nos ecossistemas essenciais para a vida humana (HE; LUO, 2020).

Os autores alertam que os impactos nos microbiomas do solo, mesmo que pequenos, podem trazer consequências consideráveis para a agricultura e os ecossistemas terrestres.

Quanto ao efeito na fauna e nas complexas teias alimentares dos solos, ainda se estuda se os animais conseguem distinguir entre as partículas de MP e comida, e se por consequência evitariam ingerir os MPs. (HE; LUO, 2020). Huerta Lwanga *et al.* (2016) conduziram a primeira pesquisa sobre os efeitos dos MPs na fauna do solo, ao estudar a ingestão de MPs de diferentes tamanhos pela minhoca *Lumbricus terrestris*. Polietileno de baixa densidade (PEBD) foi escolhido como um representante dos MPs, por ser o tipo de polímero mais produzido e encontrado no ambiente. A bioturbação promovida pelas minhocas (e outros organismos no solo)

pode contribuir na distribuição de MPs ingeridos e transportados, possivelmente levando esses poluentes da superfície até as águas subterrâneas.

Partiram de dois potenciais impactos (HUERTA LWANGA et al., 2016, p. B, tradução nossa): “afetar a sobrevivência e condicionamento físico dos organismos, e microplásticos podem acumular nos dejetos.” Para tal, Huerta Lwanga *et al.* (2016) analisaram a mortalidade, crescimento, reprodução e formação de túneis das minhocas em diferentes concentrações de MPs colocados na superfície do solo. E, sobre a segunda parte, foi investigada a taxa de ingestão de MPs e sua consequente presença nos dejetos (HUERTA LWANGA *et al.*, 2016).

A partir dos resultados do experimento, os autores concluíram que quanto menor a concentração de MPs, mais tempo foi necessário para matar essa espécie. Efeitos no condicionamento físico das minhocas também foi determinado pela concentração. A reprodução, avaliada com base na produção de casulos e na biomassa, não apresentou diferenças significativas em nenhuma das concentrações testadas. E a taxa de crescimento das minhocas diminuiu conforme a dose de MPs aumentava (HUERTA LWANGA *et al.*, 2016).

Considerando que somente uma espécie foi estudada, sua fisiologia pode ter influenciado os resultados dos testes de forma que não aconteceria com outras espécies, fato esse que foi levantado pelos próprios pesquisadores. Foi indicado que o muco intestinal dessa espécie é rico em enzimas e microflora, que pode proteger a minhoca de efeitos mais diretos dos plásticos. Minhocas produzem mais muco quando ingerem material não tão rico em matéria orgânica, como no caso dos testes realizados, o que pode ter estimulado mais ainda a produção de muco intestinal. Ou seja, a simbiose entre as minhocas e sua microflora favorece a absorção de nutrientes, mas apesar desses benefícios, altas doses de MP causaram diminuição de crescimento e perda de peso. Esse resultado sugere que a “diluição da comida ingerida”, devido à presença de MPs no lugar de comida, superou os benefícios da simbiose com a microflora e levou a perda de energia e até mortalidade - ainda mais considerando que “se a qualidade da comida é baixa, então a ingestão é alta” (HUERTA LWANGA *et al.*, 2016, p. D, tradução nossa).

Comparando com anelídeos aquáticos, pode se constatar padrões similares: altas doses de MP causam aumento de ingestão, perda de peso e taxas de crescimento menores (HUERTA LWANGA *et al.*, 2016). Suspeita-se que o efeito que essas partículas causam tanto nas minhocas terrestres quanto nos seus

correspondentes anelídeos aquáticos deve ser o mesmo, no caso abrasão e obstrução do trato intestinal, que limita a biodisponibilidade dos nutrientes (HUERTA LWANGA *et al.*, 2016). Entretanto, não é possível comparar os resultados obtidos com essa pesquisa com as realizadas com anelídeos aquáticos devido a diferença nos parâmetros, como na exposição às partículas. Como esperado, a ausência de metodologias padronizadas continua sendo uma barreira para o avanço das pesquisas.

Ainda assim, podemos esperar que a bioacumulação de MPs pode causar efeitos de longo prazo tanto nas minhocas quanto no resto das cadeias alimentares das quais as minhocas formam a base. Os MPs podem afetar a produtividade primária e secundária dos ecossistemas, decomposição de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (HUERTA LWANGA *et al.*, 2016).

(HE; LUO, 2020) fazem um apontamento importante para se considerar nos futuros estudos, de que a exposição a longo prazo pode trazer repercuções no futuro que precisam ser testadas e monitoradas. Outro ponto foi quanto a complexidade das relações tróficas nos solos, que exige que não só uma espécie seja estudada, como tem sido até agora nos poucos estudos realizados, mas que se considere as complexas relações entre os organismos nas cadeias alimentares.

Agora focando em específico na incorporação de MPs em túneis de minhocas da mesma espécie, *Lumbricus terrestris*, foi observado que houve perda de peso em todas as concentrações testadas, e a formação de túneis por biomassa de minhocas não variou entre os cenários testados. E também em todas as concentrações, houve considerável incorporação de MPs nas paredes dos túneis, particularmente com partículas de 150mm e menores. A distribuição vertical dos MPs nos testes teve um pico no meio das galerias usadas para receber o solo. (LWANGA *et al.*, 2017)

Normalmente, as paredes dos túneis de minhocas são mais densas e compactas que o resto do solo onde se encontram, graças à matéria orgânica proveniente de seus dejetos, porém nas concentrações de 7% e 45% neste estudo, as paredes estavam bem mais pesadas e densas mesmo sem alteração no volume. O processo que leva a minhocas desta espécie a formarem túneis mais pesados e densos ainda não foi desvendado, mas pesquisas são necessárias, inclusive para comparação com outros organismos do solo. (LWANGA *et al.*, 2017)

Os autores do artigo ressaltam que uma mudança estrutural nos túneis e um aumento de matéria orgânica nas paredes dos túneis podem trazer consequências como por exemplo maior afinidade para adsorção de contaminantes. Também comentam que talvez haja uma certa compensação entre os efeitos negativos e positivos, como num solo degradado em que composto com MPs pode ser aplicado para estimular a integração de matéria orgânica, entretanto o risco seria alto, pois essas partículas ficariam disponíveis para outros organismos do solo e possivelmente se acumule nas cadeias e teias alimentares, além de dos túneis serem caminhos preferenciais para movimento vertical de água que pode aumentar o risco de poluição das águas subterrâneas por pesticidas e metalóides. (LWANGA et al., 2017)

Sobre os mecanismos de transporte, afirmam (LWANGA et al., 2017, p. 8, tradução nossa):

“O transporte de microplásticos por *L. terrestris* ocorre de duas maneiras: os microplásticos são puxados junto com os detritos dentro dos túneis e são bioconcentrados e expelidos nos dejetos que formam as paredes dos túneis.” Lwanga et al 2017 Incorporation of microplastics from litter into burrows of *Lumbricus terrestris*

No teste com concentração de 7%, houve maior bioturbação e incorporação de MPs nos túneis através dos dejetos, comparado com os testes com 28, 45 e 60%. Supõe-se que esse resultado é devido a maior concentração de matéria orgânica (93%), que leva a maior concentração de MPs nos dejetos por causa da digestão parcial da matéria orgânica - mais estudos são necessários para entender tal processo (LWANGA et al., 2017).

A transporte de MPs por essa espécie parece ser seletivo de acordo com o tamanho das partículas, e a correlação entre concentração de matéria orgânica e de MPs é provavelmente uma resposta das minhocas ao estresse. Observou-se que a concentração da fração 50mm mudou de 40% inicialmente na superfície para 65% nas paredes dos túneis, fato relevante por causa da biodisponibilidade dessas partículas para outros organismos, e essas também podem ser mais móveis e eficientes no transporte de contaminantes, como é o caso em ambientes aquáticos (LWANGA et al., 2017).

Outro estudo analisou a transferência trófica de MPs numa cadeia alimentar terrestre, usando de exemplo minhocas e galinhas em quintais domésticos no

sudeste do México. A presença de MPs nos dejetos das minhocas é através da ingestão direta, com seleção por base no tamanho das partículas (como dito anteriormente), enquanto as galinhas aparentemente ingerem pedaços maiores na superfície, com >5mm, como foi achado em suas moelas após o abate (HUERTA LWANGA *et al.*, 2017)

Entretanto, foram achados também partículas entre 0,1 e 5mm, que os autores deduzem ser resultado da Trituração de pedaços maiores no sistema digestivo das aves. Em simulações de laboratório, a ingestão de plástico por galinhas causou diminuição na alimentação e no volume das moelas, pois os MPs ficam retidos nesse órgão. E em estudos de aves aquáticas, substâncias derivadas dos plásticos foram biomagnificadas (aumento de concentração) em seus tecidos, enquanto as partículas de plástico se encontraram em seus estômagos - um dos potenciais riscos apresentados por esse tipo de poluição, inclusive um risco mais direto à população humana, por meio do consumo de produtos de origem animal; mesmo a lavagem não assegura a remoção completa dos poluentes. (HUERTA LWANGA *et al.*, 2017)

Rillig *et al* (2019) levantam hipóteses sobre as possíveis consequências da poluição por MPs em plantas, partindo do pressuposto de que há e continuará havendo acumulação de plástico nos solos por causa de sua lenta decomposição, uma característica crítica para se considerar os efeitos na vegetação, pois a exposição a essa poluição se dá desde o curto até o longo prazo, provavelmente com mecanismos distintos em cada escala temporal.

Os autores partem do princípio que efeitos nas propriedades e estrutura dos solos podem afetar indiretamente as plantas, como no caso de simbioses de raízes (micorrizas e fixadores de nitrogênio). Ainda não se sabe se nanoplásticos afetam a estrutura dos solos, como por exemplo comprometendo os micróbios produtores de agentes de ligação ou alterando a polaridade das superfícies dos agregados do solo. (RILLIG *et al.*, 2019)

Quanto aos formatos das partículas, microfibras reduzem a densidade dos solos, e por isso reduzem a resistência à penetração das raízes, o que acarreta maior crescimento das raízes, além de promover maior aeração dos solos; microfibras também afetaram a agregação dos solos. Suspeita-se que filmes plásticos criam canais para o movimento da água, levando à maior evaporação, e potencialmente secagem dos solos, que compromete a saúde da vegetação. (RILLIG *et al.*, 2019)

As substâncias provenientes dos plásticos em conjunto com as adsorvidas, como na já mencionada ecocorona, podem ter efeitos negativos na vida do solo, ou talvez retenham esses poluentes e diminuam sua biodisponibilidade, como foi observado em ambientes aquáticos. Ainda não se sabe se o mesmo ocorre nos solos. (RILLIG *et al.*, 2019)

É esperado que conforme o tamanho das partículas diminui, seu efeito na biota seja mais químico e toxicológico do que físico. E nessa escala, a rizoderme das raízes seria o primeiro contato com os poluentes e as partículas de nanoplástico. (RILLIG *et al.*, 2019)

A poluição por MPs também ameaça as comunidades vegetais e sua diversidade, uma vez que os efeitos das inúmeras substâncias poluentes podem ser múltiplos, dependendo de cada espécie, fora as combinações, o que pode significar reações em cadeia entre os membros das comunidades de plantas, e até mesmo uma pressão evolutiva e adaptativa. Por exemplo, o aumento da evaporação dos solos promovido por filmes plásticos pode estimular o crescimento de espécies mais resistentes à seca. (RILLIG *et al.*, 2019)

Considerando o que já se sabe sobre esse tipo de poluição, espera-se que tais efeitos na vegetação sejam de maior preocupação em áreas com maior concentração de MPs, como em cidades ou áreas agrícolas. E de forma até inesperada, esses poluentes podem apresentar efeitos positivos no crescimento das plantas, mas é difícil concluir sobre seus efeitos a longo prazo e em contextos altamente complexos, então é prudente considerar que “de qualquer forma, espera-se que os efeitos no desempenho das plantas sejam no melhor dos casos, neutro” (RILLIG *et al.*, 2019, p. 1068).

CONCLUSÕES

Naturalmente, a direção desta pesquisa é somente uma de inúmeras cabíveis e necessárias para compreensão de um tema tão amplo e diverso, a abordagem interdisciplinar e multidisciplinar deve ser incentivada. Um dos ângulos do tema introduzidos nesta discussão foi o do racismo e sua intersecção com o problema do lixo, porém não foi esse o foco principal da pesquisa. Dada a urgência e seriedade da questão racial, esse é um notável exemplo de uma das várias entradas possíveis e sugestão para investigação do tema lixo. Já existe um campo de estudo do chamado racismo ambiental, que estuda o lixo e poluição partindo dessa preocupação e princípios próprios.

Os plásticos representam um desafio nunca antes visto na história da humanidade, e curiosamente são um verdadeiro mistério mesmo tendo sido inventados por nós humanos. As imensas vantagens desses materiais trazem ao mesmo tempo e na mesma medida sérias ameaças ao futuro da vida neste planeta. Por isso, os plásticos, e o lixo em geral, demonstram bem as contradições destrutivas e autodestrutivas do delírio egocêntrico e irracional que é o capitalismo colonial racista moderno.

Como repetido e reiterado por todos os autores e tantas vezes nessa pesquisa, ainda não é possível concluir com segurança sobre os impactos e danos causados pela poluição por plásticos e microplásticos, porém tudo indica, pelo que se sabe até agora, é que esses poluentes e contaminantes já estão e continuarão cada vez mais abalando o equilíbrio dos ecossistemas e processos biogeoquímicos do nosso planeta – mesmo que não saibamos ainda de que maneiras especificamente e em que grau.

Apesar dessa incerteza, diversas intervenções poderiam ser implementadas desde já, principalmente as que atingem a raiz dos problemas e não só suas consequências. Porém, essas ações dependem de um alto nível de cooperação e de diálogo entre sujeitos e entidades de escalas muito maiores, e acima de tudo, de um posicionamento político não comum entre todos – pelo menos ainda.

Por fim, este trabalho se coloca à disposição como uma referência para outras pesquisas e estudos sobre o tema, busca oferecer um panorama introdutório para outros trabalhos que enriqueçam nosso entendimento e contribuam na busca por soluções e caminhos.

REFERÊNCIAS

- ALABI, Okunola A; OLOGBONJAYE, Kehinde I; AWOSOLU, Oluwaseun; ALALADE, Olufiropo E. Public and environmental health effects of plastic wastes disposal: a review. **J Toxicol Risk Assess**, vol. 5, nº 021, p. 1–13, 2019. .
- AREFIN, Mohammed Rafi. Abjection: A definition for discard studies. 2021.
- Retrieved July. Disponível em:
<https://discardstudies.com/2015/02/27/abjection-a-definition-for-discard-studies/>. Acessado em: 4 fev. 2023.
- BRADY, Nyle C; WEIL, Ray R; WEIL, Ray R. **The nature and properties of soils**. 15º ed. [S. l.]: Prentice Hall Upper Saddle River, NJ, 2017.
- DE CASTRO, Josué. Subdesenvolvimento: causa primeira da poluição. **GEOgraphia**, vol. 4, nº 8, p. 95–98, 2002. .
- DE OLIVEIRA NEVES, Fábio; MENDONÇA, Francisco. Por uma leitura geográfico-cultural dos resíduos sólidos: reflexões para o debate na Geografia. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, vol. 25, nº 1, p. 153–169, 2016. .
- DE SOUZA MACHADO, Anderson Abel; KLOAS, Werner; ZARFL, Christiane; HEMPEL, Stefan; RILLIG, Matthias C. Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. **Global Change Biology**, vol. 24, nº 4, p. 1405–1416, 1 abr. 2018. <https://doi.org/10.1111/gcb.14020>.
- GABRYS, Jennifer; HAWKINS, Gay; MICHAEL, Mike. **Accumulation: The material politics of plastic**. [S. l.]: Routledge, 2013.
- HE, Defu; LUO, Yongming. **Microplastics in terrestrial environments**. [S. l.]: Springer, 2020.
- HE, Defu; LUO, Yongming; LU, Shibo; LIU, Mengting; SONG, Yang; LEI, Lili. Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, vol. 109, p. 163–172, 2018. .
- HUERTA LWANGA, Esperanza; GERTSEN, Hennie; GOOREN, Harm; PETERS, Piet; SALÁNKI, Tamás; VAN DER PLOEG, Martine; BESSELING, Ellen; KOELMANS, Albert A; GEISSEN, Violette. Microplastics in the Terrestrial Ecosystem: Implications for Lumbricus terrestris (Oligochaeta, Lumbricidae). **Environmental Science & Technology**, vol. 50, nº 5, p. 2685–2691, 1 mar.

2016. DOI 10.1021/acs.est.5b05478. Disponível em:
[https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05478.](https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05478)
- HUERTA LWANGA, Esperanza; MENDOZA VEGA, Jorge; KU QUEJ, Victor; CHI, Jesus de los Angeles; SANCHEZ DEL CID, Lucero; CHI, Cesar; ESCALONA SEGURA, Griselda; GERTSEN, Henny; SALÁNKI, Tamás; VAN DER PLOEG, Martine. Field evidence for transfer of plastic debris along a terrestrial food chain. **Scientific Reports**, vol. 7, nº 1, p. 14071, 2017. .
- HURLEY, Rachel R.; NIZZETTO, Luca. Fate and occurrence of micro(nano)plastics in soils: Knowledge gaps and possible risks. **Current Opinion in Environmental Science and Health**, vol. 1, p. 6–11, 1 fev. 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.006>.
- JAMBECK, Jenna R; GEYER, Roland; WILCOX, Chris; SIEGLER, Theodore R; PERRYMAN, Miriam; ANDRADY, Anthony; NARAYAN, Ramani; LAW, Kara Lavender. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**, vol. 347, nº 6223, p. 768–771, 2015. .
- LIBOIRON, Max. **Pollution is colonialism**. [S. I.]: Duke University Press, 2021.
- LWANGA, Esperanza Huerta; GERTSEN, Hennie; GOOREN, Harm; PETERS, Piet; SALÁNKI, Tamás; VAN DER PLOEG, Martine; BESSELING, Ellen; KOELMANS, Albert A; GEISSEN, Violette. Incorporation of microplastics from litter into burrows of Lumbricus terrestris. **Environmental Pollution**, vol. 220, p. 523–531, 2017. .
- MBEMBE, A; SANTINI, R. **Necropolítica**. [S. I.]: n-1 edições, 2021. Disponível em:
<https://books.google.com.br/books?id=fWEtEAAAQBAJ>.
- MOORE, Sarah A. Garbage matters: Concepts in new geographies of waste. **Progress in Human Geography**, vol. 36, nº 6, p. 780–799, 2012. .
- OLIVATTO, Gláucia P; CARREIRA, Renato; TORNISIELO, Valdemar Luiz; MONTAGNER, Cassiana C. Microplásticos: Contaminantes de preocupação global no Antropoceno. **Revista Virtual de Química**, vol. 10, nº 6, p. 1968–1989, 2018. .
- PRIMAVESI, A. **Pergunte o porquê ao solo e às raízes: casos que auxiliam na compreensão de ações eficazes na produtividade agrícola**. [S. I.]: Expressão Popular, 2021(Coleção Agroecologia). Disponível em:
<https://books.google.com.br/books?id=ZTnpzgEACAAJ>.

- PRIMAVESI, Ana. Cartilha do solo. **São Paulo: Fundação Mokiti Okada**, , p. 177, 2006. .
- RILLIG, Matthias C. Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil? 2012. .
- RILLIG, Matthias C; LEHMANN, Anika; DE SOUZA MACHADO, A Abel; YANG, Gaowen. Microplastic effects on plants. **New Phytologist**, vol. 223, nº 3, p. 1066–1070, 2019. .
- SCARLATO, F C; PONTIN, J A. **Do nicho ao lixo: ambiente, sociedade e educação**. [S. l.]: Atual Editor, 1992(Meio ambiente). Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=SFENAAAAAYAAJ>.
- SHOSHITAISHVILI, Boris. From Anthropocene to noosphere: The great acceleration. **Earth's Future**, vol. 9, nº 2, p. e2020EF001917, 2021..
- THOMPSON, Richard C; SWAN, Shanna H; MOORE, Charles J; VOM SAAL, Frederick S. Our plastic age. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, vol. 364, nº 1526, p. 1973–1976, 2009. .
- WALDMAN, Maurício. **A civilização do lixo**. [S. l.: s. n.], 2012. vol. 410, .
- YU, Yingxue; FLURY, Markus. Current understanding of subsurface transport of micro-and nanoplastics in soil. **Vadose Zone Journal**, vol. 20, nº 2, p. e20108, 2021..