

TECNOLOGIAS AMBIENTAIS



SÉRIE RECURSO SOLO: PROPRIEDADES E USOS

Ramom Rachide Nunes
Maria Olímpia de Oliveira Rezende (ORG)

editora  cubo

TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

Série RECURSO SOLO: PROPRIEDADES E USOS

Ramom Rachide Nunes

Maria Olímpia de Oliveira Rezende

(organizadores)

© 2023

Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte. Todos os direitos desta edição são reservados aos Autores.

O conteúdo dos capítulos é de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Tecnologias ambientais / Ramom Rachide Nunes e Maria Olímpia Oliveira Rezende
(organizadores). – 1. ed. . – São Carlos : Editora Cubo, 2023.

E-BOOK

EPUB

ISBN: 978-65-86819-34-2

1. Química analítica. 2. Ciências Ambientais. 3. Química Ambiental. 4.
Tecnologias Ambientais. I. Nunes, Ramom Rachide. II. Rezende, Maria
Olímpia Oliveira. III. Título.



INTRODUÇÃO

As tecnologias ambientais sob a perspectiva da química analítica e ambiental

Edson Thiago Gomes de Lima

Jefferson Campos da Silva

Maria Olímpia Oliveira Rezende

Ramom Rachide Nunes

1. INTRODUÇÃO

A história e evolução do ser humano se relacionam com sua interação com a natureza e o meio ambiente. Estamos em uma etapa do desenvolvimento humano na qual cada vez mais se coloca em prática a ideia de que somos parte da natureza e não seus senhores, a quem, ela -a natureza-, deve servir.

Da mesma forma que cada ser humano é único e diferente do outro, assim é o solo, ou melhor, assim são os solos. Cada região vai apresentar um determinado tipo de solo, em consonância com as características daquele ecossistema. Até mesmo dentro da extensão de um mesmo bioma podem ser encontrados vários tipos de solo.

Podemos traçar um paralelo com a espécie humana. Embora sejamos seres únicos e diferentes uns dos outros, nossas características comuns são maiores em número que as nossas diferenças, o que permite que a espécie humana possa ser abrigada sob o mesmo guarda-chuva. O mesmo acontece com os solos, as características comuns permitem classificá-lo como solo e mais especificamente como solos de aluvião, ou massapé ou terra-roxa etc., mesmo sendo um solo tipo terra-roxa com mais ou menos teor de ferro, ou de matéria orgânica ou umidade ou diferente vida microbiana etc.

Além disso, é maravilhoso observarmos que existe uma relação de equilíbrio entre o tipo de solo de um local e as formas de vida que nele habitam. Por exemplo, árvores muito altas são observadas em solos profundos enquanto plantas mais baixas em solos rasos. Além disso, a vegetação determinará a fauna do ambiente, que ocupará seus nichos ecológicos. Se alterarmos a vegetação, altera-se também o tipo de solo – mesmo que a longo prazo - e vice-versa. O solo relaciona-se intimamente com o clima, sendo responsável pela temperatura atmosférica. Relaciona-se diretamente, também, com a água do local, as rochas, o clima e com a fauna e a flora. O solo relaciona-se com todos os compartimentos ambientais: atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera.

Essa dependência envolve a biota, a microbiota, os teores de matéria orgânica e nutrientes, entre outros; trata-se de uma mistura de elementos químicos, físicos, biológicos e microbiológicos, fatores bióticos e abióticos, além do tempo cronológico, que reunimos em duas palavras: vida e equilíbrio. Devemos adicionar mais um componente nessa equação: o homem! A atividade antrópica altera paisagens naturais devido aos diferentes usos do solo, tais como, construção de casas e rodovias, desvios de leitos de rios, represamento de água, mineração, sumidouro de resíduos, pecuária e agricultura, por exemplo.

Pensando nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS-apregoados pela ONU, dependendo de seu uso, o solo pode contribuir com a ‘erradicação da pobreza’ (ODS 1), privilegiando a pecuária, a agricultura e a construção civil; a ‘fome zero e a agricultura sustentável’ (ODS 2), privilegiando a pecuária e a agricultura; a ‘saúde e o bem-estar’ (ODS 3), considerando-se o fornecimento de alimentos saudáveis e as relações com a água e o ar; ‘água potável’ (ODS 6), mais uma vez considerando-se a relação com a água. Podem-se considerar outros ODS, como o 8: ‘trabalho decente e crescimento econômico’. Se pensarmos na agricultura, capaz de assegurar ao homem do campo um trabalho rentável com grande capacidade produtiva, contribuímos com o produto interno bruto do país, que pode ser grandemente aumentado com a produção e comercialização de commodities. Assim, com a produção e exportação de commodities, aumentamos a demanda

industrial de máquinas e insumos, contribuindo com o ODS 9: ‘indústria, inovação e infraestrutura’, pois, para uma agricultura sustentável, produtiva e rentável é necessário que haja estudos e muita ciência. Podemos relacionar o uso do solo a outros ODS. Ao ODS 10: ‘redução das desigualdades’. Esse é fácil de ser compreendido se pensarmos na contribuição da produção sustentável de alimentos para a erradicação da fome, com consequências diretas na saúde e no crescimento econômico. Uma melhor e mais rica vida no campo é vital para que haja ‘cidades e comunidades sustentáveis’ (ODS 11). O uso e conservação do solo é intimamente relacionado à temperatura atmosférica e manutenção do clima, à vida na água, à vida terrestre. Se as pessoas comem bem, vivem bem, têm uma via economicamente estável, é mais fácil garantir a paz, a justiça, a ordem e o progresso.

Essas relações não são facilmente percebidas pelo ser humano. Mas é fácil perceber o sentido oposto. Solos degradados estão localizados em regiões historicamente carentes e longe da presença do Estado. O uso inadequado do solo está relacionado a problemas de cunho político e social. Nesse contexto, substituímos a palavra solo por terra. O termo ‘terra’ designa o uso social do ‘solo’, podendo ser sinônimo de ‘território’. Exemplos do uso da palavra terra com conotação social são Movimento dos Sem Terra, demarcação de terras indígenas, conflito de terras etc. Mais que isso, ‘terra’ tem contexto de pertencimento e ancestralidade, como em terra natal.

A poluição ambiental relaciona-se diretamente com a degradação da sociedade. Uma leva à outra, são causa e consequência e vice-versa.

O último grande desastre ambiental no Brasil, o rompimento da barragem de Brumadinho, ocorrido em 25 de janeiro de 2019, devido ao rompimento de uma barragem de rejeitos controlada pela Vale S. A., causou um desastre ambiental de graves consequências e, se há desastre ambiental, há desastre humanitário. O rompimento da barragem levou ao despejo de inúmeros elementos metálicos, enterrando planícies e pessoas, destruindo a água e tornando o solo improdutivo e, consequentemente, desvalorizando a região e a degradação dos seres humanos que ainda lá vivem.

O PIB do agronegócio brasileiro, calculado pelo Cepea (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada), da Esalq/USP, em parceria com a CNA (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil), calculou no ano de 2021, o recorde de 27,5% como sendo a participação do setor no total.

O objetivo deste livro é avaliar o uso do solo para uma agricultura sustentável e para manutenção do clima do planeta. Pretendemos responder à pergunta: como conservar um solo produtivo e como tornar produtivo um solo pouco fértil?

A resposta não é simples pois envolve aspectos políticos, regionais, culturais, interesse público e ambiental. No entanto, é mandatório um profundo conhecimento do nosso objeto de estudo: para que posamos propor o melhor uso do solo, para uma agricultura sustentável, produtiva e rentável é necessário que haja estudos e muita ciência.

Convidamos você a mergulhar conosco nos conhecimentos aqui disponibilizados acerca do uso do solo. Primeiro, porque esse conhecimento é interessante e holístico; segundo, porque o uso do solo tem implicância em nossa vida, saúde, bem-estar e riqueza.

2. COMO O QUÍMICO VÊ UM RESÍDUO?

Se vamos falar de resíduos agrícolas, domésticos ou industriais, precisamos entendê-los em uma perspectiva que vá além do macroscópico e do olho nu. Sabemos que toda profissão tem suas atribuições, a começar por aquilo que deve fazer por primazia. Em se tratando dos químicos, o que esperar? O que um químico deve saber fazer antes de qualquer outra coisa? A resposta é simples: um bom químico é aquele que mergulha na matéria e consegue vislumbrá-la por completo, em sua totalidade, no campo de visão microscópico: tem de imaginar os átomos, as moléculas, como se dá a estrutura e a organização dos corpos materiais; além de acompanhar e entender as reações químicas, entre outras coisas. Logo — trazendo para o tema deste livro — se vamos falar de resíduos, precisamos adentrar e vislumbrar como se dá a composição e a organização da matéria destes objetos.

Para começar, podemos dizer que a matéria, de forma generalizada, pode ser compreendida como algo que tem massa e ocupa um lugar no espaço. Porém, foi necessária muita discussão histórica e filosófica para se chegar ao conceito de matéria que se conhece atualmente. Inúmeros filósofos apontaram questionamentos que influenciaram na interpretação do conceito de matéria, foi a partir dessas especulações que culminou na criação e no desenvolvimento da Química tal qual se conhece hoje.

No período pré-Socrático surgiu a ideia da prima matéria, que está relacionada à quatro elementos da natureza (terra, ar, fogo e a água), a matéria era considerada a mesma, porém, poderia apresentar suas inúmeras formas de existência. Tudo era derivado desses elementos. Já no século XVII, Robert Boyle, que para muitos autores é considerado o precursor da Química Moderna, evidenciou as suas ideias sobre como a matéria poderia ser compreendida. Boyle rompeu com as práticas alquímicas vigentes e propôs uma interpretação sobre a matéria pautada na razão e na experimentação. Boyle evidenciou que a matéria seria composta por diferentes partículas, cada corpo químico apresentaria seus elementos constituintes. Lavoisier, por sua vez, adotou a ideia de Boyle e esclareceu que os elementos constituintes da matéria são corpos simples, não pelo fato de não ter outras partículas componentes, mas porque não se tem métodos para separá-los. Lavoisier inseriu as práticas

quantitativas, dando lugar de destaque a essas análises, criando as bases centrais da Química. Já Mendeleev, no século XIX, foi quem propagou a diferença entre elemento e corpo simples. Então, o conceito de elemento passou a se referir ao átomo e essa nova interpretação deu margem para que se propusessem os modelos atômicos.

Assim, surgem as teorias dos modelos atômicos, nas quais para Dalton, o átomo é uma partícula maciça e indivisível. Além disso, Dalton definiu o termo peso atômico (massa atômica), que serviu para separar e identificar os elementos. Já John Thomson teorizou a presença de cargas positivas (prótons) e negativas (elétrons) no átomo. Rutherford propôs o modelo atômico planetário, onde o núcleo é pequeno e positivo e, ao redor do núcleo, na eletrosfera, ficam os elétrons. Bohr, por sua vez, caracterizou os níveis de energia que os elétrons podem ser encontrados, sendo que absorve energia para ir para um nível de energia mais externo e libera energia em forma de luz para retornar a um nível de mais baixa energia.

Ademais, após o entendimento sobre a existência e comportamento dos átomos, foi possível compreender como toda a matéria é composta, até mesmo a dos seres vivos, visto que os átomos formam as moléculas, e cada molécula (a depender dos átomos que a compõem) possui as suas características próprias e específicas, como a solubilidade, a polaridade, a acidez ou alcalinidade, e isso influencia na conformação espacial de cada molécula. As moléculas compõem os corpos e organismos, dando forma a toda matéria existente e vida a todos os seres que conseguem se desenvolver, reproduzir e realizar processos metabólicos. Além disso, as moléculas são componentes de todas as células, tanto animais quanto vegetais e são elas que caracterizam as funções que cada célula pode desempenhar. Já as células, são responsáveis por formar os tecidos (epitelial, conjuntivo, nervoso e muscular) no caso dos animais, e alguns desses tecidos são componentes dos órgãos, que são essenciais ao desenvolvimento, reprodução e metabolismo dos organismos.

Dessa forma, a partir dessas discussões e teorias propostas, tentando entender a composição e organização da matéria, foi possível compreender como a matéria é constituída. Além disso, esse processo de questionamento e descoberta proporcionou a compreensão em nível atômico sobre como os corpos funcionam e interagem entre si.

Extrapolando estes conceitos para os resíduos em geral, nos deparamos no seguinte ponto: qual a natureza de um determinado resíduo? É orgânico (e.g., resíduos agrícolas, a grande maioria dos resíduos domésticos, como restos de alimentos, papel, tecidos etc.) ou é de origem mineral (e.g., alguns resíduos industriais, alguns resíduos domésticos, como o vidro, resíduos da mineração, excedente da adubação mineral, entre outros)? Essa pergunta nem sempre é tão fácil de se responder, uma vez que alguns resíduos, principalmente os industriais, são uma mistura de substâncias de origens diferentes. Por exemplo, é comum encontramos um resíduo industrial de base orgânica, mas com um grande montante de minerais em sua composição. Cada caso é um caso. E caberá ao químico avaliar macro e microscopicamente a natureza de cada resíduo.

Mais a frente veremos ainda que, dentro das tecnologias ambientais, os processos de transformação também envolverão o vislumbre das reações químicas. Como a matéria se transforma com o tempo? Quanto ao novo material, como é sua composição e a organização de seus átomos, moléculas e estrutura?

Por ora, paramos aqui. No próximo tópico, precisamos falar dos seres vivos em geral, uma vez que vem deles a vasta larga maioria dos resíduos que são empregados como matéria-prima para as tecnologias ambientais e a química dos novos materiais.

3. O CICLO DA VIDA EM UM CONTEXTO CIENTÍFICO

Entender a composição da matéria e dos corpos é de grande importância quando nos dedicamos a compreender os seres vivos (organismos em geral, sejam eles animais, vegetais, fungos etc.) e suas funções desempenhadas no ambiente.

A princípio, sabemos que os seres vivos nascem, crescem, produzem (produtos de excreção e/ou liberação), reproduzem (quando o ambiente é favorável) e, por fim, morrem. Esse é o ciclo da vida e são eventos naturais que fazem parte da vida de qualquer organismo.

Ao longo da vida dos seres vivos, diversos processos naturais que produzem dejetos provenientes da excreção e liberação, e.g., processos de respiração (envolvendo a absorção do O_2 e produção do CO_2 nos animais, e o contrário, nas plantas, dependendo da luz solar), processos de alimentação animal, que envolvem a excreção de dejetos e, até mesmo, a produção dos frutos e folhas nos vegetais, que são liberados no ambiente; além de muitos outros fluidos e substâncias constantemente incorporados ao ambiente.

Se tomarmos como base a alimentação, todos os animais precisam se alimentar e, conseqüentemente, excretar/defecar aquilo que não foi absorvido pelo organismo. Ou seja, os animais se alimentam de matéria, a qual é formada a partir das moléculas (substâncias), além dos nutrientes (metais, cátions e ânions com funções biológicas bem definidas nos organismos), os quais são oriundos do próprio ambiente. Assim, ao excretar, os organismos devolvem ao ambiente uma considerável quantidade de matéria (moléculas orgânicas + nutrientes) que, de antemão, nutrem novas formas de vida, em especial, os vegetais.

O primeiro ponto que podemos questionar é acerca daquilo que faz os seres estarem vivos. O que os mantém vivos. A princípio, esta questão não é difícil de se responder: é preciso obter energia, seja por meio dos alimentos (nível macro) ou

seja pela respiração celular (nível molecular). Logo, para viver, os seres vivos precisam consumir para obter energia. Como consequência, se os seres vivos consomem, eles precisam excretar o excedente, transformado por meio de processos biológicos e metabólicos dentro do corpo do organismo. Resumindo:

- Se o organismo vive é porque consome;
- Só vive o organismo que consome;
- Se o organismo consome, ele tem que excretar.
- Se excreta, produz-se um dejetos (em um sentido amplo), que pode representar um problema sério do ponto de vista ambiental e/ou ecológico a depender do volume, da quantidade, da toxicidade e do local de descarte. A depender da área de estudo ou do material obtido, podemos falar em resíduo, dejetos, resíduo ou meramente lixo (alguns resíduos são mais difíceis de trabalhar e reciclar/reutilizar).

Ademais, considerando a relação da nutrição de uma forma de vida por outra, introduzimos o conceito dos níveis tróficos, que representam um conjunto biótico (animal e vegetal) que integra o mesmo ecossistema, ou seja, uma sequência de seres vivos que servem de alimento (obtenção de energia) para outros. Consequentemente, de forma generalizada, os organismos fornecedores/produtores primários (plantas e algas) nutrem (servem de alimento) os consumidores primários (herbívoros) que por sua vez nutrem os consumidores secundários (carnívoros). Note que a relação trófica configura um aspecto cíclico de reciclagem da matéria, com o último nível trófico sendo representado pelos seres decompositores ou detritívoros, nutrindo-se de restos orgânicos ou de organismos mortos.

Nessa mesma perspectiva, considerando o ciclo de vida, após os organismos crescerem e produzirem, sucessivamente, eles morrem. No mais, na contramão da reprodução, que não é um fator obrigatório para todos os seres vivos, a morte é inevitável, podendo acontecer em qualquer momento da vida. Longe dos vieses religiosos, a morte é de grande importância para a compreensão dos ciclos de vida de todos os organismos. Tomando como base uma abordagem no âmbito das ciências naturais, o fenômeno da morte é algo inerente à continuidade da vida das espécies na biosfera, pois quando um organismo morre, seu corpo (válido para todos os tipos de organismos) é degradado pelos seres decompositores, representados principalmente pelos microrganismos, fungos e bactérias, sendo incorporado ao solo. Por sua vez, via processos complexos, a exemplo do cadaverismo, o bolo de materiais incorporados ao solo é chamado de matéria orgânica (MO). Assim, os átomos que constituíam os organismos mortos retornam ao ambiente e podem ser novamente incorporados por outros seres vivos: passam a constituir suas células, tecidos, órgãos e, por fim, um novo organismo. Os nutrientes, por sua vez, além de comporem esta sequência, atuam fortemente no metabolismo, sejam eles animais ou vegetais. Até este ponto, vemos uma relação intrínseca e direta: a morte nutre e alimenta a vida, em uma perspectiva ecológica, biológica e ambiental, tendo a química um protagonismo nas percepções das transformações ocorridas nos processos associados.

Ademais, após o entendimento que a morte dos organismos nutre e alimenta outras formas de vida, fica evidenciado que, além da decomposição dos corpos mortos, a decomposição dos produtos de excreção (dos animais) e de liberação (das plantas, e.g., folhas, frutos, galhos, etc.) também incorporam MO ao solo. A MO e os nutrientes provenientes da decomposição serão consumidos por outros organismos (vegetais e animais), a fim de crescerem, produzirem, reproduzirem (quando favorável) até morrerem, dando então início a um outro ciclo da reciclagem dos nutrientes e materiais orgânicos.

Desta forma, consideramos a matéria orgânica como o conjunto de compostos químicos formados por moléculas orgânicas encontradas em ambientes naturais sendo eles terrestres ou aquáticos. A MO é geralmente heterogênea e complexa, sendo composta por organismos vivos e mortos em diversos estágios de decomposição (veja o Volume 1 da Série Recurso Solo: Propriedades e Usos. O Solo: Estrutura e Composição). Ou seja, a MO apresenta constituintes lábeis e estáveis com base na taxa de decomposição dos organismos, com isso, permite melhor compreensão da dinâmica da MO no solo. Consequentemente, a MO estável representa os estágios mais elevados de decomposição dos materiais orgânicos. Já os estágios de decomposição mais recentes, chamado de matéria orgânica lábil, estão mais diretamente relacionados à atividade microbiana do solo. Além disso, parte da MO lábil vai passando para estágios mais estáveis, que são mais resistentes às intempéries e ao manejo do solo, chamada de húmus.

4. TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

Que tal começarmos a falar das tecnologias ambientais, resgatando um pouco da leitura que fizemos até aqui? Primeiro vimos o conceito de matéria. Na sequência, nos conscientizamos da atribuição dada aos químicos de vislumbrar a matéria, a partir da visualização dos átomos, moléculas, estrutura, energia etc. Por fim, vimos a relação que existe entre os seres vivos e a geração de resíduos, passando para necessidade dos organismos de consumir para viver, e de excretar o que não é consumido pelos seus organismos.

Além disso, existe uma grande variedade de resíduos que não são diretamente produzidos pelos organismos ou que não são meramente liberados pelas plantas. É o caso dos resíduos de origem antrópica, geralmente produzidos pela indústria e agricultura. Quase sempre são os mais preocupantes, uma vez que vem de atividades intensivas e extensivas. Além disso, geralmente são gerados e descartados sem grande preocupação ambiental.

A gestão destes resíduos vem se tornando um desafio ambiental, uma vez que quando realizada de maneira incorreta acarreta outros problemas ambientais. Por exemplo, o aterramento de resíduos sólidos é um método ultrapassado para os dias atuais, devido à restrição de espaço, ainda mais quando próximo a grandes centros urbanos. A produção de chorume também pode ocasionar contaminação do solo e de corpos d'água. A incineração desse material gera poluição atmosférica e mais resíduos a serem descartados e a liberação de efluentes líquidos sem tratamento pode contaminar cursos d'água.

Desta forma, é necessária a utilização de alternativas viáveis para o tratamento de resíduos. Tendo em vista que boa parte destes materiais são de origem orgânica, convém utilizar tecnologias ambientais baseadas nas transformações da matéria orgânica para sua reutilização como uma solução eficaz para este problema.

Neste ponto podemos analisar sob a perspectiva química o resíduo, para assim sabermos qual a melhor tecnologia ambiental aplicar e qual o melhor novo material a se produzir.

É possível definir uma tecnologia ambiental como aquela que gera a melhoria de processos e produtos, conservando a matéria-prima (geralmente resíduos) e a energia. As tecnologias ambientais utilizam recursos de forma sustentável, reduzem impactos ambientais, não são poluentes, geram pouco ou nenhum resíduo e são capazes de tratá-los, reduzindo ou eliminando a toxicidade de possíveis agentes químicos ou biológicos patológicos. Por meio dessas tecnologias a matéria orgânica residual é tratada de forma a gerar novos materiais de maior valor agregado. Os recursos passam a ter um fluxo circular, sendo usados e reutilizados para outros processos ou fluxos semelhantes. Para ilustrar, a Tabela 1 traz alguns exemplos da gestão de resíduos orgânicos por meio de tecnologias ambientais.

Tabela 1. Exemplos de utilizações das tecnologias ambientais para tratamento de resíduos.

TECNOLOGIA AMBIENTAL	TIPO DE MATÉRIA ORGÂNICA	PRODUTO / NOVO MATERIAL
Compostagem	Restos de alimento	Composto agrícola
Vermicompostagem	Resíduos orgânicos industriais	Vermicomposto
Biorrefinarias	Resíduos florestais	Bioetanol, bioquerosene, biodiesel etc.
Olaria ambiental	Palhas agrícolas em geral	Tijolos
Carbonização hidrotérmica	Palhas agrícolas em geral	Hidrocarvão
Pirólise	Palhas agrícolas em geral	Biocarvão

Muitas outras tecnologias ambientais existem. Algumas delas, inclusive, serão discutidas nos capítulos deste livro. O importante é saber, a exemplo do que traz a Tabela 1, que as tecnologias ambientais visam transformar quimicamente/biologicamente/fisicamente a matéria orgânica de algum resíduo, transformando-o em algum material de maior valor agregado. Nos itens abaixo apresentamos um breve resumo acerca de algumas tecnologias.

4.1. Compostagem e Vermicompostagem

Na agricultura, a simples aplicação de um resíduo orgânico na cobertura do solo não oferece tantas vantagens no ponto de vista agrônomo, principalmente no que se refere aos atributos de fertilidade do solo. Contudo, uma vez tratados, estes insumos podem apresentar um elevado potencial agrônomo. Neste caso, sugerem-se como exemplos de tecnologias ambientais a compostagem e a vermicompostagem.

A compostagem se dá por meio da decomposição biológica da matéria orgânica através da ação dos microrganismos, resultando em um composto estável e rico em húmus. Na vermicompostagem o processo é semelhante, mas a decomposição da matéria é realizada por microrganismos do trato digestório das minhocas, que assumem o protagonismo no processo: promovem, além da degradação dos resíduos, o aumento da área superficial das partículas, resultando em um insumo com alta porosidade e capacidade em reter água e nutrientes, chamado de vermicomposto. Na comparação entre os dois métodos, a vermicompostagem é mais vantajosa, por produzir um fertilizante agrícola de melhor qualidade em um período de tempo menor.

Mais detalhes podem ser lidos no Capítulo 2 (Compostagem) e Capítulo 3 (Vermicompostagem).

4.2. Biorrefinarias

A sociedade atual ainda é bastante dependente dos combustíveis fósseis. Uma alternativa seriam os biocombustíveis, gerados a partir de biomassa vegetal. A matéria-prima necessária para a produção é diversa e pode ser classificada em quatro gerações:

- Primeira geração: biomassa agrícola cultivada especificamente para a produção de biocombustíveis;
- Segunda geração: resíduos orgânicos fontes de matéria lignocelulósica, como resíduos agrícolas, florestais, industriais e domésticos;
- Terceira geração: biomassa proveniente de microalgas;
- Quarta geração: biomassa de espécies geneticamente modificadas.

Como a utilização de materiais de primeira geração pode ocasionar concorrência com a produção de alimentos, e os materiais de terceira e quarta geração ainda são estudados, a utilização de materiais de segunda geração tem ganhado espaço e faz-se importante por produzir fontes limpas e renováveis de energia, ao mesmo tempo que contribuem para o tratamento de resíduos. Os produtos gerados a partir da utilização desses materiais dependem dos processos envolvidos nas biorrefinarias. Biorrefinarias são as instalações e os processos capazes de transformar, por métodos termoquímicos e bioquímicos, biomassa em biocombustíveis, energia e/ou produtos químicos.

Mais detalhes podem ser lidos no Capítulo 5 (Biorrefinarias).

4.3. Olaria ambiental

Outra forma de utilização de resíduos orgânicos é na produção de tijolos. Os tijolos de argila são os principais materiais da indústria da construção civil e suas características físicas dependem da matéria-prima, métodos e técnicas utilizadas para sua produção. A incrementação de resíduos orgânicos para produção de tijolos apresenta vantagens ambientais, bem como para a própria indústria de tijolos, pela redução de matéria-prima (argila) e pela produção de tijolos com melhores características físicas.

O lodo de esgoto doméstico (biossólido) é bastante utilizado como alternativa para substituir, parcialmente, a argila na produção de tijolos. Como resultado, obtém-se um tijolo com a mesma resistência do tijolo comum, porém mais leve e de menor custo de produção. Também se utilizam de resíduos industriais, agrícolas (a exemplo das palhas em geral), entre outros. Estas práticas remontam, inclusive, as origens da olaria, que já utilizava destes materiais para aumentar a qualidade dos tijolos produzidos. Práticas estas que foram deixadas de lado ao longo dos anos devido à baixa disponibilidade de matéria-prima, focando apenas no uso da argila e cimentos.

4.4. Carbonização hidrotérmica

A carbonização hidrotérmica (HTC) é um método de conversão de biomassa húmida, realizado em sistema fechado (reator), com temperaturas controladas e pressões autogeradas. O material originado desse processo é chamado de hidrocarvão (ou hydrochar, em inglês), podendo apresentar-se em forma sólida ou líquida e ter diferentes propriedades, a depender do controle das condições de temperatura e tempo, durante a HTC. A matéria orgânica submetida a este método sofrerá diversas transformações, como hidrólise, descarboxilação e rearranjos moleculares.

O hidrocarvão produzido, de maneira geral, é um material com alto teor de carbono e bastante estável, podendo ser utilizado para diversos fins, como por exemplo: uso agrícola, como condicionador de solo; produção de energia, como combustível; e como material adsorvente para tratamento de águas residuais. A carbonização hidrotérmica é uma alternativa eficaz para o tratamento e valorização de biomassas residuais, como as provenientes da agroindústria, bem como o lodo de esgoto doméstico (biossólido).

Maiores informações podem ser lidas no box temático do Capítulo 5 (Carbonização hidrotérmica em reator)

4.5. Outras tecnologias

As tecnologias ambientais acima mencionadas são uma pequena amostra das possibilidades de tratamento e transformações da matéria orgânica, das mais diversas origens, e para os mais diversos fins. Seja a produção de insumos agrícolas ecológicos, para uso em práticas modernas de agricultura; o desenvolvimento de biocombustíveis limpos e renováveis, diminuindo a dependência dos combustíveis fósseis; tijolos leves e resistentes que possam beneficiar a construção civil; ou materiais adsorventes que removem contaminantes de águas residuais; entre outros produtos. São exemplos de

esforços científicos que buscam o desenvolvimento e a melhoria de materiais e métodos, visando a resolução de problemas ambientais, como é o caso da gestão de resíduos orgânicos, que impactam direta ou indiretamente a sociedade civil.

5. IMPACTOS SOCIAIS

Neste ponto é importante lembrarmos que, seja no campo da ciência básica (pura) ou das ciências aplicadas, toda a produção científica deve (ou ao menos deveria) ser voltada para o desenvolvimento social, regional e nacional. Em outras palavras, espera-se que a sociedade civil — ‘órgão/entidade’ que financia a ciência e o desenvolvimento científico — receba de volta as tecnologias como retorno dos investimentos feitos por meio do pagamento de impostos e taxas.

Seria como dizer que a sociedade, além de financiar, apresenta seus problemas e, sob demanda, as universidades e institutos de pesquisa elaboram soluções que passam pela ciência. Todos os casos citados ao longo deste capítulo, assim como os outros que veremos neste livro, são problemas que advêm da demanda popular. A sociedade apresenta, por exemplo, o seguinte dilema: minha cidade tem problemas com um certo tipo de resíduo! A universidade então responde: vou analisar seu resíduo e ver a melhor tecnologia ambiental e o melhor material a ser produzido. Uma vez que esse pacto funciona, ganha a universidade, ganha a sociedade e, principalmente, o meio ambiente, que deixa de sofrer as consequências de um descarte inadequado.

Desde o século XIX, período em que as ciências em geral conquistaram seu devido espaço nos ambientes acadêmicos e sociais, uma relação de desenvolvimento tecnológico, socioeconômico, sustentável e humano vem sendo a responsável pelo avanço de diversas áreas do conhecimento e do desenvolvimento científico.

Quando o tema abordado é sobre química, temos uma ciência exata que é associada às fórmulas, cálculos, medidas etc. Mas será que a química é só isso? Quando falamos de tecnologias ambientais, podemos citar o uso de resíduos agrícolas na produção de um material de elevado valor agregado, inclusive financeiro, que é tema das Ciências Econômicas ou da Economia Rural (Agronomia). Se produzimos tijolos a partir de palha de milho e utilizamos na construção de casas populares, estamos falando de desenvolvimento regional, redução do déficit habitacional, da pobreza e da miséria, por exemplo. Se produzimos biodiesel e o adicionamos ao diesel de petróleo, qual a economia gerada? Qual o capital ambiental economizado? Cada problema elencado parte de problemas que não são da ordem química, mas que são abraçados por essa ciência. Em seguida, podemos ver a aplicação destes materiais diretamente ou indiretamente na sociedade civil, resultando nos mais diferentes tipos de retorno. As vezes não estamos falando de química... mas sem a química, nada disso seria possível. Ou seja, em outras palavras, a química permeia os problemas buscando soluções que são vistas e analisadas de forma holística, assumindo um papel de destaque, compartilhando o protagonismo com outras áreas do saber, cada uma trabalhando naquilo que a compete. Um projeto que é escrito e desenvolvido sem pensar no uso ou aplicação real é um projeto incompleto. Pode gerar bons resultados, boas publicações. Porém, se não almejar o retorno social, ao menos no ponto de vista das possibilidades, é um projeto ou trabalho incompleto. Vislumbra o recurso para o desenvolvimento do projeto, mas não considera o financiador, que é o povo brasileiro. Isso se aplica em soluções para problemas diários nas cidades e no campo, seja na agricultura ou na pecuária.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tema Tecnologias Ambientais é amplo e abrange, de forma interdisciplinar, diferentes saberes e áreas do conhecimento. Nesta introdução, esperamos que o leitor tenha compreendido a importância da tecnologia aplicada ao meio ambiente e suas interfaces.

Cada vez mais é urgente a necessidade do ser humano olhar para a natureza de forma crítica e isenta de mera fornecedora de recursos. Saber reciclar e reutilizar o que é descartado, seja na indústria ou nas atividades rotineiras, é dar uma folga à ‘mãe natureza’ e assumir a função de auto fornecedor de suas próprias matérias-primas, para uso e reuso nos processos que darão origem aos novos materiais de base ecológica e ambiental.

Ao longo dos capítulos deste livro serão abordadas diferentes tecnologias ambientais. Desejamos ao leitor um bom estudo e o melhor proveito desta obra.

LITERATURA RECOMENDADA

- ARPIA, A. A. et al. Sustainable biofuel and bioenergy production from biomass waste residues using microwave-assisted heating: A comprehensive review. **Chemical Engineering Journal**, v. 403, n. 126233, p. 1-22, 2021.
- BECKER, E. L. S. **Solo e ensino**. Vidya, 2005, 25, 73.
- BENTO, L. R. et al. Hydrochar obtained with by-products from the sugarcane industry: Molecular features and effects of extracts on maize seed germination. **Journal of Environmental Management**, v. 281, n. 111878, p. 1-12, 2021.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Qualidade do solo**. Disponível em < <https://cetesb.sp.gov.br/solo/> >. Acesso em jan. 2021.
- EHLERS, E. **Agricultura Sustentável: Origens e perspectivas de um novo paradigma**. São Paulo: Livros da Terra, 1996.
- EHLERS, E. Agricultura Alternativa: uma perspectiva histórica. **Revista Brasileira de Agropecuária**, nº 1, 24-37, 2000.
- FERREIRA, V. F. A **interdisciplinaridade é desejável, mas o modelo não pode ser imposto**. Química Nova 2012, 35, 1899.
- GALAGOVSKY, L. R.; DI GIACOMO, M. A.; ALÍ, S. Estequiometría y ley de conservación de la masa: lo que puede ocultar la simplificación del discurso experto. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 21, n. 2, p. 351–360, 2015.
- HENDRY, R. F. Lavoisier and mendeleev on the elements. **Foundations of Chemistry**, v. 7, n. 1, p. 31–48, 2005.
- HENIEGAL, A. M. et al. Study on properties of clay brick incorporating sludge of water treatment plant and agriculture waste. **Case Studies in Construction Materials**, v. 13, n. e00397, p. 1-13, 2020.
- LANDGRAF, M. D.; MESSIAS, R. A.; REZENDE, M. O. O. **A importância ambiental da vermicompostagem: vantagens e aplicações**, 1a. ed., São Carlos: Rima, 2005.
- LAURENTINO, G. **1808**. São Paulo: Planeta, 2007.
- LEROI-GOURHAN, A. **Pré-História**. São Paulo: EDUSP, 1981.
- LIMA, MR. **O solo no ensino de ciências no nível fundamental**. Ciência Educ, 2005, 11, 383.
- MOREAU, A. M. S. S.; KER, J. C.; Oliveira, J. T.; ARAÚJO, Q. R. **Método de avaliação quantitativa da formação de solos como ferramenta para o ensino da Ciência do Solo**. Caminhos de Geografia, 2007, 8, 184.
- MUGGLER, C. C.; PINTO SOBRINHO, F. A.; MACHADO, V. A. **Educação em solos: princípios, teoria e métodos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2006, 30, 733.
- NUNES, RR; BENETTI, F; PIGATIN, LBF; MARTELLI, LFA; REZENDE, MOO. **Experimentos em química do solo : uma abordagem interdisciplinar no ensino superior**. Rev. Virtual Química, 2014, 6, 478.
- POMBO, O. **Interdisciplinaridade e integração de saberes**. Liinc. em Revista 2005, 1, 3.
- SANTOS, M. A **Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. 4. ed. São Paulo: EDUSP, 2006.
- SILVA, J. C. et al. Vermicomposting corn waste under cultural and climatic conditions of the Brazilian Backwoods. **Bioresource Technology Reports**, v. 15, n. 100730, p. 1-7, 2021.
- SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York: Oxford University Press, 1989. 329 p.
- SUTTON, M. Doubts and paradoxes. **Chemistry World**, v. 8, n. 4, p. 46–49, 2011.
- TAN, K. H. **Principles of soil chemistry**. New York: Marcel Dekker, 1998. 521 p.
- VAN BRAKEL, J. On the neglect of the philosophy of chemistry. **Foundations of Chemistry**, p. 111–174, 1999.