



## Introdução aos impactos ambientais, poluição e resíduos sólidos

Profa. Mariana C. Kasemodel

### 1 Impactos ambientais

Quando falamos em impactos ambientais, estamos nos referindo a impactos no meio ambiente. Mas o que quer dizer meio ambiente? O que quer dizer impacto?

Apesar de parecerem termos óbvios, suas definições variam de autor para autor. E como vocês são estudantes de Engenharia Ambiental, ou seja, Engenharia do Meio Ambiente, nada mais certo do que começarmos este tópico da disciplina com a definição de **meio ambiente**.

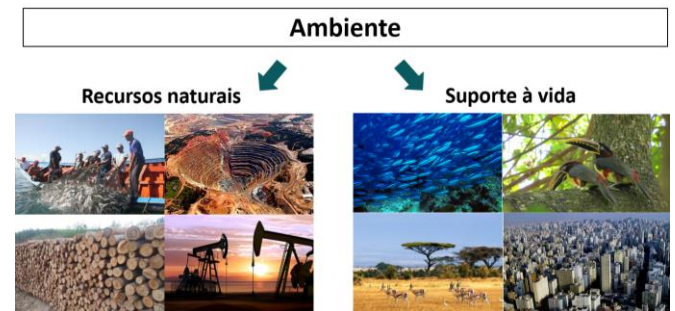
Uma das definições mais bem aceitas de **meio ambiente** vem da **Política Nacional de Meio Ambiente** (PNMA), a lei n. 6.938 de 1981 (vocês podem e devem acessar o conteúdo desta lei pelo link: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm)). De acordo com o artigo terceiro desta lei, **meio ambiente** é entendido como “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. Outra definição importante vem da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que define meio ambiente como “determinado espaço onde ocorre a interação dos componentes bióticos (fauna e flora), abióticos (água, rocha e ar) e biótico-abiótico (solo). Em decorrência da ação humana, caracteriza-se também o componente cultural”.

Para facilitar o entendimento de meio ambiente, ele é comumente segregado em três esferas: (i) o meio físico; (ii) o meio biótico e (iii) o meio antrópico. O meio físico abriga todos os componentes abióticos do meio ambiente, como o solo, litologia, relevo, as águas (rios, lagos, aquíferos, etc.) e o ar. No meio biótico

ficam inclusos toda fauna, flora e os ecossistemas. E por fim, no meio antrópico, ou as vezes referido como meio socioeconômico, fica incluída a economia, a sociedade e cultura.

O entendimento do que é o meio ambiente possui duas interpretações, o meio ambiente que provê o suporte a vida e o meio ambiente que fornece os recursos naturais para o homem (Figura 1).

Figura 1 – As duas interpretações da definição de ambiente



Fonte: Própria autora

Por muito tempo o homem enxergava o meio ambiente apenas como o provedor de todos os recursos naturais utilizados pela sociedade, extraindo os bens necessários sem se preocupar com as alterações que estas atividades causavam no meio ambiente. Esta visão mudou muito nas últimas décadas, e um marco disso é justamente a PNMA.

Mesmo com estas mudanças, muitos impactos ambientais já haviam sido causados, deixando danos ambientais para as futuras gerações. E aqui entramos com outra definição, que é a de **impacto ambiental**. A principal legislação brasileira que define este termo é a do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n. 1 publicada em 1986.

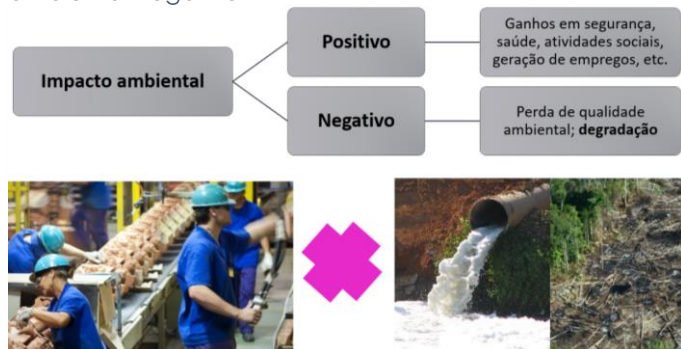


Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
  - II - as atividades sociais e econômicas;
  - III - a biota;
  - IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
  - V - a qualidade dos recursos ambientais.
- (BRASIL, 1986, Art. 1)

Desta definição de impacto ambiental nós podemos tirar várias conclusões, a principal delas é que o impacto ambiental pode ser classificado como positivo ou negativo (Figura 2).

Figura 2 – Impacto ambiental positivo x impacto ambiental negativo



Fonte: Própria Autora

Sendo assim, as alterações ocasionadas no meio ambiente pelas atividades humanas podem ter efeito positivo, como a geração de empregos, a recuperação de área degradada, o reflorestamento; ou negativos, como o aumento da desigualdade social, a perda de oxigênio dissolvido em corpos hídricos devido ao lançamento de esgoto in natura, a perda de habitat devido à supressão da vegetação.

É importante ter em mente que o objetivo das ações humanas não é causar impactos ambientais. Geralmente, o objetivo de uma ação humana está relacionado com a

produção de produtos, atividades ou serviços. No entanto, estas ações interagem com o meio ambiente gerando os impactos ambientais (Figura 3).

Figura 3 – Ação humana x aspectos ambientais x impactos ambientais



Fonte: Adaptado de Sánchez (2011)

Pense no exemplo de uma indústria têxtil cujo objetivo seja produzir jeans. Em um dos processos industriais, o tecido passa pelo tingimento que gera efluentes de difícil tratabilidade. O objetivo da indústria não é gerar o efluente, e sim o produto final, que é o jeans, mas no ato de produzir o jeans também é gerado o efluente. A geração de efluente é um dos muitos **aspectos ambientais** de uma indústria têxtil. A simples geração de efluente não é um impacto ambiental. O impacto ambiental é a consequência que este efluente tem no meio ambiente. O impacto ambiental tem muito a ver com o meio que recebe o impacto, considere que 100 litros/h deste efluente seja lançado no rio Tietê em São Paulo. Seria o mesmo impacto ambiental se fosse lançado em sua nascente na Serra do Mar?

É muito provável que a consequência do lançamento deste efluente em uma nascente é muito mais negativa do que em um corpo hídrico que já está intensamente alterado por outras diversas atividades humanas.



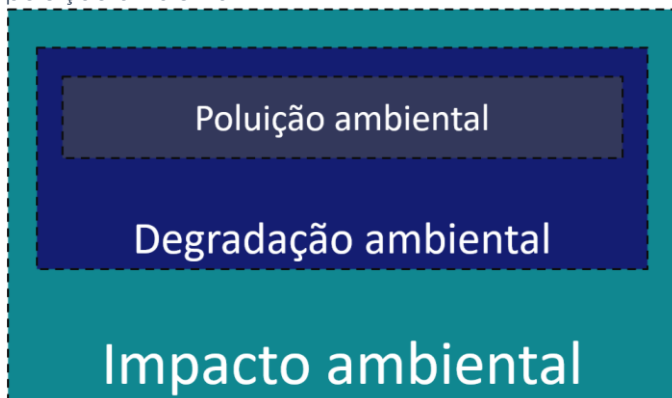
## 1.1 Poluição

A poluição é outro termo amplamente utilizado pelos Engenheiros Ambientais e, assim como impacto ambiental, é definido por lei - no caso pela PNMA (n. 6.938/81). Sendo assim, poluição é entendida como:

Degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- Prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- Criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- Afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- Lancem matéria ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos. (BRASIL, 1981)

Figura 4 – Impacto ambiental x degradação ambiental x poluição ambiental



Fonte: Própria Autora

Como vocês podem perceber, a definição de poluição é muito parecida com àquela de impacto ambiental. Isto é porque a poluição é um tipo específico de impacto ambiental negativo (Figura 4).

Voltando aquele exemplo do efluente da indústria têxtil, se este for lançado sem tratamento em um corpo hídrico pode ocorrer diversas consequências (impactos ambientais), como a *alteração dos parâmetros físico-químicos do rio* (pH, cor, temperatura, potencial redox - Eh, demanda bioquímica de oxigênio – DBO). A alteração destes padrões pode ser limitante para a sobrevivência de

espécies da flora e fauna aquática, o que nos levaria a outra consequência, que seria a *perda de biodiversidade aquática*. Muitos organismos terrestres se alimentam de organismos aquáticos, sendo assim, a perda de biodiversidade aquática, pode nos levar a *perda de biodiversidade terrestre*. Comunidades ribeirinhas que sobrevivem da pesca podem perder sua fonte de renda, gerando *desemprego e aumento da desigualdade social*. Como vocês podem ver, as consequências da **poluição** podem ser diversas, e um dos muitos papéis do Engenheiro do Ambiental é justamente possuir esta visão holística do meio ambiente e das consequências das ações humanas.

## 2 Resíduos sólidos

Praticamente todas as atividades humanas envolvem a geração de objetos/materiais/substâncias que não são desejadas pelo setor que o gerou. Estes são denominados de **resíduos sólidos**.

Os resíduos sólidos são definidos pela ABNT 10.004 (2004) como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 2004)

Como vocês podem observar pela definição, os resíduos sólidos não necessariamente são *sólidos*. Sua definição é limitada a resíduos de certas atividades



humanas e a determinados líquidos que são impossibilitados de serem lançados nas redes de esgoto. Dentre esses líquidos, destaca-se o lodo de esgoto, que é uma mistura de substâncias que possuem minerais, colóides e material orgânico decomposto, gerado durante o tratamento de águas residuárias nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE).

Figura 5 – Aplicação de biossólidos para melhoramento de solos agriculturáveis



Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

O lodo de esgoto após desagüe e tratamento para a redução de organismos patogênicos passa a ser chamado de biossólido. Nas últimas décadas vários estudos possibilitaram a aplicação de biossólidos na agricultura (Figura 5) e como matéria prima para geração de energia.

Diversos resíduos podem ter uso para outras atividades humanas, o que visa a minimização da extração de recursos naturais para a geração de novos produtos. Como exemplo, os resíduos de poda e jardinagem podem ser utilizados para produção de composto vegetal. A borracha de pneus pode ser utilizada para a produção de piso permeável de borracha. Ambos os produtos exemplificados podem ser comercializados em lojas especializadas.

Hoje em dia a tendência é diminuir a geração de resíduos sólidos e a destinação destes para aterros sanitários. Neste contexto,

a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) surge em 2010 após mais de 20 anos de debate a seu respeito no Congresso Nacional.

A lei n. 12.305 de 2010 dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Esta lei possui também uma definição para resíduos sólidos:

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade cuja destinação final se procede, se propõe proceder, ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semi-sólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2010, Art. 3, § XVI)

A PNRS define os resíduos sólidos como algo sujeito ao descarte, no entanto, como mencionado anteriormente, muitos resíduos podem ser matéria prima para outros setores. O que não possui valor econômico ou não pode ser utilizado por outros setores é denominado de **rejeito**.

## 2.1 Classificação de Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos podem ser classificados, o que facilita muito sua destinação, seja como matéria prima para outros setores da economia, seja para sua disposição final em aterros.

De acordo com a PNRS, os resíduos podem ser classificados de acordo com a sua origem (fonte geradora) ou de acordo com a sua periculosidade.

Com relação a fonte geradora, os resíduos podem ser sub-divididos em:



- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas "a" e "b";
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas "b", "e", "g", "h" e "j";
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea "c";
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios. (BRASIL, 2010, Art.13, § I)

Com relação a periculosidade dos resíduos, estes devem ser submetidos a análises físico-químicas ou conhecimento prévio do comportamento das substâncias presentes em sua composição. A classificação é subdividida em duas classes:

- a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade,

carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;

- b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea "a". (BRASIL, 2010, Art.13, § II)

A classificação dos resíduos quanto a periculosidade é extremamente importante, pois possibilita separar os resíduos de acordo com o risco que estes apresentam a saúde humana, evitando a contaminação de resíduos não perigosos com resíduos perigosos. É de interesse de órgãos de saúde pública que os resíduos que apresentam riscos a saúde humana tenham um destino final ambientalmente adequado e seguro, evitando a intoxicação de pessoas e outros organismos que possam ter contato com estes resíduos, como ocorreu no infame caso em Goiânia no final da década de 80 (Figura 6).

Figura 6 – Retirada de material contendo céσιο-137 em Goiânia



Fonte: Jornal UFG

No caso, o material foi abandonado em uma clínica que operava sessões de radioterapia foi encontrado por catadores de sucata, que entenderam que o material poderia ser aproveitado para a reciclagem de chumbo (Pb). Os equipamentos radiológicos foram desmontados em um *ferro velho*, e as capsulas de cloreto de céσιο foram abertas, expondo as pessoas no local ao material radioativo. O material causou fascínio na



população por brilhar no escuro, e o fato deste sal ser higroscópico (ou seja, absorve facilmente umidade), possibilitou a aderência dele na roupa e na pele das pessoas próximas ao material. Estima-se que mil pessoas tiveram contato com o material, e mais de 100 morreram devido as consequências da exposição.

## 2.2 Gerenciamento de Resíduos Sólidos

O gerenciamento compreende a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

A não geração envolve o desenvolvimento de alternativas ou medidas restritivas. Um exemplo de não geração de resíduos sólidos são as Políticas Sem Canudos que ficaram populares nos últimos dois anos. O não consumo de canudos inviabiliza a geração deste resíduo. Nas indústrias medidas similares podem ser tomadas, como uso de copos retornáveis pelos funcionários e repensar embalagens desnecessárias em produtos produzidos.

Uma das formas de redução da geração de resíduos sólidos em indústrias é através da redução dos insumos utilizados, estas podem ser realizadas através de modificações de processo, substituição de matérias-primas e maquinários mais eficientes.

A reutilização consiste na reinserção de materiais, que seriam descartados, de volta ao processo produtivo. Nesse processo os materiais não passam por nenhum processo industrial. A indústria pode inclusive vender seus resíduos como matéria prima para outras indústrias. Nas indústrias cervejeiras é comum a venda do mosto (material rico em fibras e açúcares) para a alimentação de gado.

A reciclagem, ao contrário da reutilização, envolve o processamento do material descartado. Nesse processo, ocorre a recuperação da matéria-prima e/ou a

formação de um subproduto com valor comercial. Existem diversos exemplos de reciclagem de resíduos. Um dos mais aplicados hoje, é o coprocessamento, que possibilita a geração de energia através da queima de resíduos sólidos.

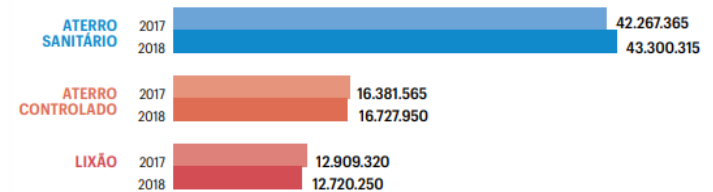
Idealmente, apenas os rejeitos – ou seja, aqueles que não puderam ser não gerados, reduzidos, reutilizados ou reciclados - devem ter como destino final os aterros, no entanto, devido à falta de conscientização da população e de fiscalização pelos órgãos responsáveis, muita matéria prima acaba sendo aterrada.

## 2.3 Destinação Final de Resíduos Sólidos

Por muito tempo a sociedade não dispôs de seus resíduos de forma adequada, o que acabou gerando diversas áreas contaminadas, uma vez que o material orgânico é decomposto gerando um líquido escuro com elevada DBO, denominado de chorume. Além disso, a água da chuva pode infiltrar no material aumentando o volume do líquido contaminante, que pode ser também denominado de lixiviado.

Ainda hoje, apesar da PNRS, cerca de 40% dos RSU coletados não são destinados adequadamente (Figura 7).

Figura 7 – Disposição final de RSU coletados no Brasil (tonelados/ano)



Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2019)

Comumente, os resíduos são dispostos no solo e a forma como está disposição é realizada pode variar, possibilitando três classificações conforme especificado a seguir:



(i) aterros sanitários: neste tipo de disposição os resíduos ficam isolados através de uma impermeabilização da base e do topo do aterro; o lixiviado é coletado e destinado a tratamento, os gases são coletados e queimados em *flares* ou podem ser utilizados na produção de biogás, a infiltração de águas pluviais é controlada através de obras de drenagem.

(ii) aterros controlados: neste tipo de disposição não há impermeabilização entre o solo e os resíduos; não há coleta de lixiviado e gases e não há controle de infiltração. Os resíduos são compactados e cobertos.

(iii) lixão ou vazadouro: neste tipo de disposição não há impermeabilização entre o solo e os resíduos, não há coleta de lixiviado e gases, não há controle de infiltração de águas pluviais não há compactação do resíduo.

## 2.4 Aterros Sanitários

De acordo com a norma ABNT 8419 de 1992, aterro sanitário é um “método de disposição final de resíduos sólidos no solo, que deve operar utilizando princípios de engenharia, de tal modo a confinar o lixo no menor volume possível, sem provocar prejuízos à saúde, à segurança e ao ambiente”.

Figura 8 – Etapas da construção de um aterro sanitário



Fonte: Adaptado de Grupo Seleta

Os aterros sanitários são um tipo específico de aterros que abrigam os resíduos sólidos urbanos (RSU), ou seja, os resíduos domiciliares e de varrição.

Um esquema ilustrativo das diferentes etapas de construção de um aterro sanitário está disponível na Figura 8.

## 3 Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992. 7p.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019. Disponível em <<http://abrelpe.org.br/panorama/>> Acesso em 24 mar 2020.

BRASIL (1981). Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) lei n. 6.938. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm)> Acesso 24 mar 2020.

BRASIL (1986). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 1 Disponível em <[http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res01\\_86.html](http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res01_86.html)> Acesso 24 mar 2020.

BRASIL (2010). Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) lei n. 12.305. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)> Acesso 24 mar 2020.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Lodo de esgoto se transforma em excelente adubo para agricultura. Embrapa Meio Ambiente (CNPMA). Disponível em <<http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/09.html>> Acesso em 24 mar 2020.

GRUPO SELETA. Tecnologia de resíduos. Disponível em <<http://www.gruposeleta.com.br/servicos/disposicao-final-tratamento-de-residuos/aterro-classe-ii-a>> Acesso em 24 mar de 2020.

JORNAL UFG. Césio-137: uma história que vem sendo apagada. Disponível em <<https://jornal.ufg.br/n/117038-cesio-137-uma-historia-que-vem-sendo-apagada>> Acesso em 24 mar 2020.

Sánchez, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos. Oficina de Textos (2ª Edição): São Paulo. 584 p., 2013.