

PARTE II

FUNDAMENTOS

Natureza e classificação dos impactos ambientais

Capítulo

4

Uma avaliação de impacto ambiental de sucesso é aquela que custa menos do que os problemas que consegue prevenir

Wood (1995)

Impacto ambiental

A noção de *impacto ambiental* tem, obviamente, grande importância para a aplicação da AIA, uma vez que estabelece seu objeto de estudo. Conceitualmente, o impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente se encontra associado ao *efeito* provocado por uma determinada *perturbação*, introduzida por esta atividade.

O conceito de impacto ambiental deve refletir o caráter *dinâmico* do ambiente, estando, portanto, associado à modificação de *processos* naturais ou sociais provocada pela ação humana (Sánchez, 2006). Sendo assim, o impacto ambiental estará sempre associado às *consequências* de uma ação humana, sendo esta a sua *causa*.

Mais especificamente, o conceito de impacto ambiental está associado a *mudanças* — sejam positivas ou negativas — nas características do meio, que devem ser avaliadas em relação à sua aceitabilidade (Jain et al., 2012).

Glasson, Therivel e Chadwick (2012) definem os impactos ambientais de um projeto como as *mudanças resultantes em parâmetros ambientais, distribuídas ao longo do espaço e do tempo, comparadas com a situação que deveria ter sido verificada caso o projeto não tivesse sido desenvolvido*. Tais parâmetros podem ser descritos em termos do que os autores consideram serem os *receptores ambientais*, ou seja, os componentes do meio que serão afetados pelas ações introduzidas por um projeto. Dentre os receptores, por exemplo, encontram-se a qualidade do ar, qualidade da água, níveis de ruído, níveis de emprego/desemprego local e criminalidade, etc.

Conforme destacado por Noble (2015), em determinados contextos de aplicação da avaliação de impactos é muito importante distinguir entre o que sejam *mudanças ou alterações ambientais* e *efeitos ambientais*. As primeiras correspondem às diferenças nas condições de um parâmetro ambiental, social ou econômico, normalmente de natureza mensurável, ao longo de um determinado período. Conforme o autor, uma *alteração ambiental* é tipicamente estabelecida em termos de um processo,

como a erosão do solos, que é deflagrado por uma ação ou conjunto de ações promovidas pelo projeto, por ações de outras atividades/projetos, ou até mesmo por processos naturais. Por sua vez, os *efeitos ambientais* correspondem às diferenças entre as condições de um determinado parâmetro ambiental que sofre mudanças induzidas pelo projeto e as condições que este parâmetro deveria apresentar na ausência destas mudanças.

Para todos os efeitos, neste livro o conceito de *impacto ambiental* será enunciado, portanto, como segue:

O impacto ambiental corresponde à variação na qualidade do meio percebida após a introdução de uma atividade humana, comparada à situação que seria esperada sem que esta atividade tivesse sido introduzida, levando-se em consideração seus efeitos diretos e secundários, que se distribuem em uma determinada escala temporal e geográfica.

A Figura 4.1, a seguir, permite ilustrar este conceito.

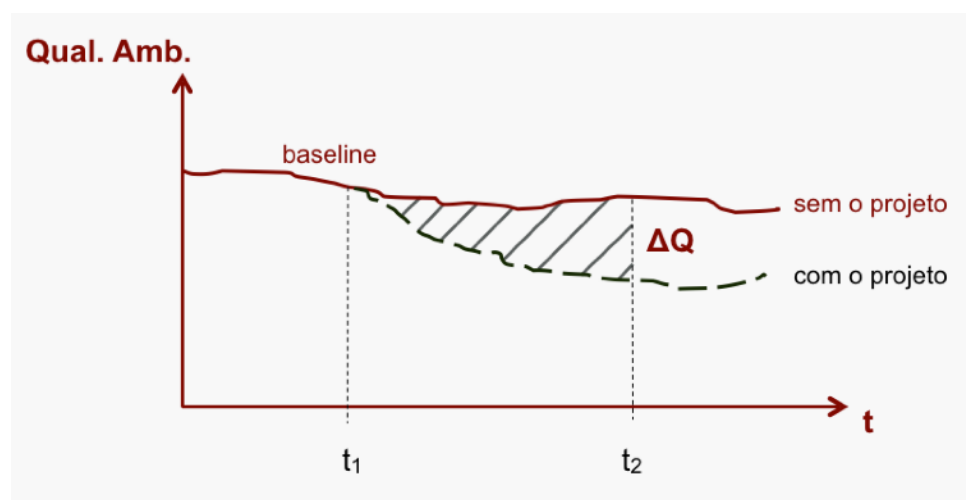


Figura 4.1 — o conceito de impacto ambiental, ilustrado na figura como sendo equivalente à variação na qualidade ambiental verificada/estimada para um determinado intervalo de tempo ($t_2 - t_1$) a partir da introdução de uma ação ou atividade humana.

Conforme a figura, as atividades introduzidas pelo projeto no instante t_1 deflagram uma série de modificações em processos ambientais, que, por sua vez, resultam em mudanças no comportamento de determinados parâmetros de qualidade. Na medida em que tais mudanças provocadas pelo projeto implicam em uma evolução da qualidade ambiental ao longo do tempo diferente daquela que seria esperada sem a introdução da atividade (descrita, na Figura 4.1, pela *linha de base ambiental* ou *baseline*), configura-se o *impacto ambiental* provocado. Dado um instante qualquer t_2 , o impacto pode ser mensurado como a variação na qualidade ambiental (positiva ou negativa) entre a projeção da *baseline* e a projeção da qualidade ambiental após a introdução do projeto, estabelecidas entre os instantes t_2 e t_1 .

A Resolução Conama 01/1986, em seu Artigo 1º, estabelece o seguinte conceito de 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 a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.”

a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos

Tal conceito, que orienta a aplicação formal da AIA e do licenciamento ambiental no país, remete tanto às *alterações* (modificações das propriedades do meio, causadas por matéria ou energia resultante das atividades humanas) quanto aos seus *efeitos* (que se dão, de modo direto ou indireto, sobre determinados *receptores ambientais* como a qualidade dos recursos ambientais, a biota, o bem-estar das populações, etc.).

Vale destacar os conceitos de *meio ambiente*, *degradação ambiental* e *poluição ambiental* que orientam a aplicação da legislação brasileira em matéria ambiental, em especial quanto à utilização da AIA e do licenciamento ambiental. De acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal 6.938/1981):

. meio ambiente: “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” (Artigo 3º, inciso I);

. degradação (da qualidade) ambiental: qualquer “alteração adversa das características do meio ambiente” (Artigo 3º, inciso II);

. poluição: “a 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 desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos” (Artigo 3º, inciso III).

Percebe-se que a definição de impacto ambiental estabelecida em 1986 pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente é amplamente baseada nos conceitos ditados pela Lei 6.938/1981, o que é positivo sob o aspecto da integração entre as normas. Ocorre que esta definição se mostra insuficiente diante da concepção vigente para a AIA, que a compreende como um instrumento para promoção do aumento da proteção ambiental, antecipação da inserção da variável ambiental no planejamento do desenvolvimento, eliminação de passivos ambientais e promoção de impactos positivos sobre o meio, incluindo-se neste escopo aspectos sociais e valores culturais. Esta insuficiência constitui, possivelmente, uma das principais explicações para a distância entre o conceito moderno de AIA, seus princípios e fundamentos, e a prática verificada no país.

Compartilhando da noção apresentada por Sánchez (2006), a ênfase ao universo de impactos ambientais resultantes de *lançamento de matéria ou energia*, poderia justificar a restrição da aplicação da AIA apenas a este tipo de relação entre as atividades e o meio ambiente, deixando de fora aspectos importantes relacionados à *supressão* de certos elementos do ambiente (vegetação, água, substituição de *habitats*, mas também a supressão de elementos notáveis na paisagem, elementos de notável valor cultural, social ou ambiental) e/ou à *inserção* de determinados componentes (substâncias poluidoras, mas também espécies exóticas, construções, fatores sociais e outros).

De todo modo, a identificação dos impactos ambientais decorre do estabelecimento da cadeia de ações e reações que culminam com uma determinada modificação da qualidade de um parâmetro ambiental, observando uma relação de causa-efeito entre os elementos que integram esta cadeia. De acordo com Montañó e Ranieri (2012), é possível trabalhar a análise dos efeitos provocados pelo homem a partir de um ponto de vista ecossistêmico, em que a *resposta* do meio a uma determinada *ação externa* ao sistema ambiental depende do *estado* em que tal sistema se encontra no momento em que a ação é exercida.

Neste caso, a *resposta* do meio pode ser descrita em termos das alterações sofridas pelo meio (ou seja, os *impactos ambientais* verificados) a partir de uma ação exercida por um agente externo ao sistema (ou seja, a *pressão*). Para se conhecer a intensidade dos impactos, portanto, é necessário conhecer o *estado* em que o meio se encontra e as características da atividade responsável pela *pressão* aplicada (Figura 4.2).

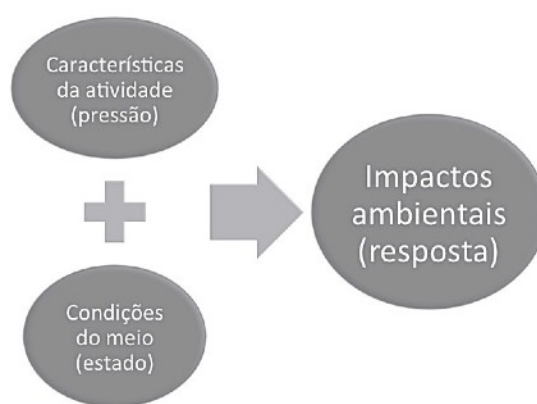


Figura 4.2 – modelo analítico Pressão-Estado-Resposta (fonte: Montañó e Ranieri, 2012).

Os processos que ocorrem ao nível do ecossistema podem ser descritos, de modo simplificado, a partir da Figura 4.3. Para tanto, deve-se considerar a combinação entre as fontes de energia ou funções de força externa (que estabelecem a *pressão* estabelecida sobre o sistema, P), as variáveis de *estado* e suas propriedades (E_1, E_2, \dots, E_n), e os caminhos de fluxo (de energia ou de massa, F_1, F_2, \dots, F_k) que estabelecem as conexões do sistema com as forças externas e entre as variáveis de estado. Associadas às funções de interação (I), de modo inerente aos sistemas ambientais, determinadas forças e propriedades emergentes interagem para *modificar, ampliar* ou *controlar* os fluxos de matéria e energia ou *criar novas propriedades* emergentes. Por fim, os caminhos de fluxo são retomados a partir de eventuais alças de retroalimentação (R) ou *feedback*, que serão responsáveis pela retomada dos fluxos de energia ou de massa, ajustando-se às novas condições de estado (Odum e Barrett, 2007).

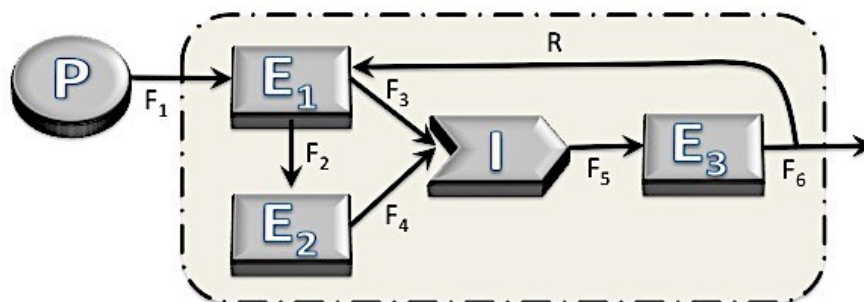


Figura 4.3 – Modelo de funcionamento de um sistema ecológico (fonte: Montañó e Ranieri, 2012; modificado de Odum e Barrett, 2007).

É possível admitir que, a depender da intensidade da(s) fonte(s) de perturbação e das propriedades do sistema ambiental, os efeitos produzidos poderão implicar na:

- i. *manutenção da funcionalidade* e características do sistema ambiental, uma vez que as perturbações externas não se mostram suficientes para modificar significativamente os caminhos de fluxo e as condições de estado do sistema ambiental;
- ii. *mudança de estado dinâmico*, em decorrência de suas novas condições, mas ainda em condições de provimento de matéria e energia aos componentes do sistema de tal modo que os caminhos de fluxo continuem a permitir o seu desenvolvimento neste novo estado dinâmico;
- iii. *perda de sua funcionalidade*, com alterações significativas de suas características, de tal modo que o sistema pode entrar em um processo contínuo de degradação, podendo chegar ao colapso.

O trabalho de Medeiros et al. (2017), relacionado ao comportamento dos sistemas dinâmicos complexos (como por exemplo, a circulação oceânica e atmosférica e os diversos ecossistemas planetários), demonstra que o rompimento dos ‘pontos de virada’ (*tipping points*) provocado por perturbações sistemáticas impostas a tais sistemas é acompanhado pela existência de estágios *transientes* que podem sugerir normalidade (no sentido de um comportamento ‘desejável’ do sistema) mas que na verdade constituem um forte indicativo de um colapso iminente, sem possibilidade de reversão (Figura 4.4).

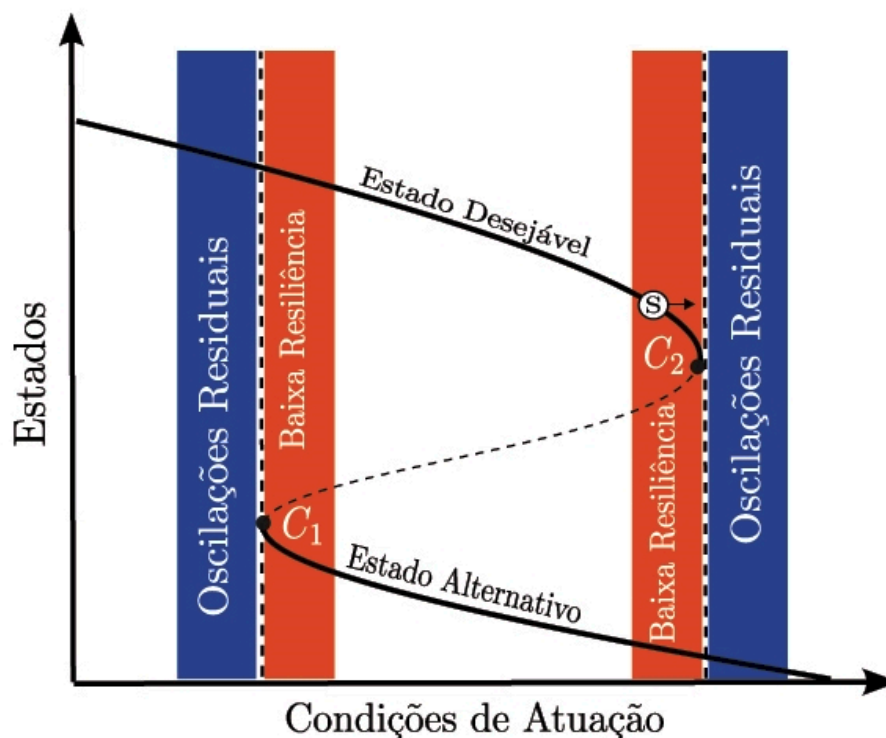


Figura 4.4 – Representação de transições críticas em sistemas complexos. (fonte: Medeiros et al., 2017) OBS: ESTE GRÁFICO FOI PUBLICADO NO SITE DA USP, DANDO O CRÉDITO À FAPESP

É o que ocorre, por exemplo, em processos de desertificação que envolvem hipoteticamente dois estados (um com vegetação perene e um de fato desértico). O sistema pode sofrer diferentes perturbações (exploração de recursos naturais, interferências no ciclo hidrológico, modificações relacionadas ao uso do solo, etc.) mas que, em geral, são mantidas dentro de um determinado limite pelo próprio sistema (a existência de períodos chuvosos, por exemplo, ou a manutenção dos processos naturais de regeneração do solo). Ocorre que, uma vez superados os limites da resiliência e atingido o estado desértico, não há mais possibilidade de retorno ao estado anterior.

Um dos aspectos essenciais para uma efetiva avaliação dos impactos ambientais remete, portanto, à compreensão da noção de *resiliência* dos sistemas ambientais. Trata-se de uma noção que vem sendo transformada na medida em que passa a ser aplicada em diferentes contextos (Figura 4.5).

Suas origens no campo da Ecologia remetem à capacidade do sistema em continuar a desempenhar suas funções após um choque ou perturbação (vide, por exemplo, Odum e Barrett, 2007), o que pode significar a sua permanência em torno de um estado inicial de equilíbrio ou (a depender da intensidade da perturbação) a modificação de suas condições iniciais em direção a um novo estado de equilíbrio.

Por sua vez, no campo da Engenharia, a resiliência é comumente associada à capacidade do sistema se manter em um estado de equilíbrio, e mensurada pela velocidade com que o sistema retorna a este estado após uma perturbação,

assumindo-se a existência de uma única configuração global de equilíbrio (Desjardins et al., 2015).

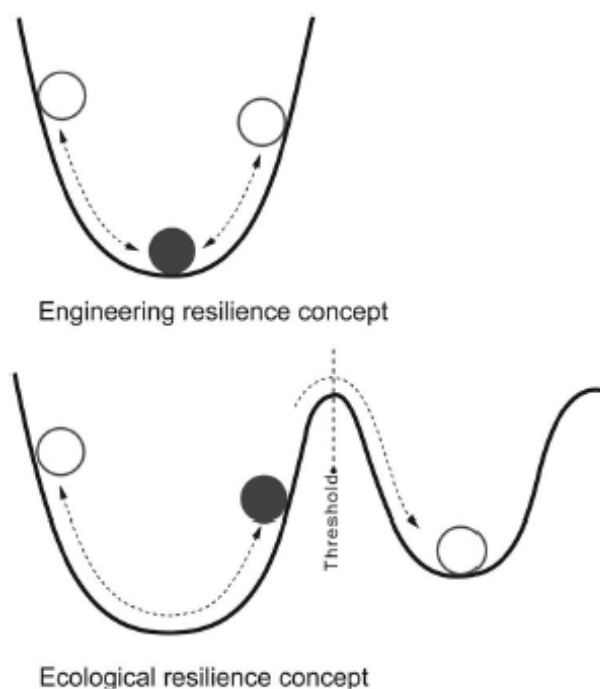


Figura 4.5 – Modelo heurístico para o conceito de resiliência conforme a visão comumente aplicada no campo da Ecologia e da Engenharia (fonte: baseado em Desjardins et al., 2015).

Fruto inegável do paradigma tecnocêntrico que acompanha o desenvolvimento das distintas áreas da Engenharia, a crença na possibilidade de controle das condições em que um determinado sistema deverá operar (crença esta que justificaria, em primeira instância, a noção de resiliência associada a uma única condição global de equilíbrio) tem sido fortemente questionada nos dias atuais, notadamente a partir do conhecimento empírico que expõe a incapacidade de controle das variáveis que exercem influência nas condições de operação dos projetos de engenharia (vide, por exemplo, a situação retratada na Figura 4.6).



Figura 4.6 – Exemplo da incapacidade de previsão e controle das variáveis que influenciam no funcionamento de um sistema não-linear: em Fevereiro/2017 a quebra de um dispositivo de controle de trânsito no cruzamento das avenidas Faria Lima e Juscelino Kubitschek (São Paulo) levou o sistema a um comportamento não previsto, para além da sua capacidade de auto-organização (fonte: <http://vejasp.abril.com.br/cidades/foto-de-no-no-transito-da-faria-lima-movimenta-redes-sociais/>).

No campo da Avaliação de Impacto Ambiental tal questionamento tem estimulado o aperfeiçoamento dos sistemas de AIA no sentido de uma aproximação com a *gestão adaptativa* (dos impactos ambientais e do processo de AIA) orientada para a *promoção da resiliência* dos sistemas ambientais e socioecológicos como objetivo a ser perseguido (vide Capítulo YYY).

Neste caso, a noção de resiliência estará fortemente associada à *adaptabilidade* dos sistemas dinâmicos naturais e socioecológicos, compreendida como a medida da capacidade do sistema em se ajustar a modificações nas condições externas e internas (Desjardins et al., 2015; McGreavy, 2016). Tais ajustes, na visão de Walker (2004), podem ser decorrentes de processos (regulares) de sucessão ecológica ou, ainda, da capacidade dos agentes de aprender, fazer escolhas e modificar suas ações de modo a manter certos processos sobre os quais tenham interesse.

A incorporação de novos conhecimentos sobre a organização e funcionamento dos sistemas ambientais e a aprendizagem promovida a partir da integração da AIA ao processo de tomada de decisão acaba por estimular o reconhecimento da necessidade de atualização do escopo dos impactos usualmente associados aos projetos de desenvolvimento, o que, por sua vez, tem fomentado o debate sobre a adoção de uma perspectiva mais abrangente e estratégica para a AIA de projetos.

Algumas iniciativas nesse sentido podem ser destacadas. A revisão da Diretiva Europeia de AIA, que culminou com a edição da Diretiva 2014/52/EU, relaciona as mudanças climáticas, proteção à biodiversidade, impactos transfronteiriços, dentre outros, como temas de interesse para a avaliação dos impactos de projetos. Por sua vez, no mesmo ano, o *Manual para elaboração de estudos para o licenciamento com*

Avaliação de Impacto Ambiental introduzido pela Agência Ambiental paulista (Cetesb) a partir da Decisão de Diretoria 217/2014/I, menciona explicitamente a conectividade da paisagem, dinâmica de alterações no uso do solo, aspectos culturais e deslocamento de populações como elementos-chave para a avaliação dos impactos associados a diferentes tipologias de projeto, uma mudança significativa em relação às normas anteriores.

Características e atributos dos impactos ambientais

Os impactos ambientais provocados por um projeto estão associados às modificações resultantes em determinados parâmetros ambientais, distribuídas ao longo do tempo e do espaço, comparadas com o que seria esperado ocorrer caso o projeto não viesse a ser implantado. Na maior parte das vezes, a diversidade de impactos correspondentes aos projetos submetidos à AIA torna a sua interpretação e avaliação bastante complexa. Sendo assim, é essencial que o praticante da AIA tenha condições de lidar com esta complexidade e possa avaliar os impactos da melhor maneira possível, o que implica na necessidade de amparar a avaliação dos impactos sobre uma sólida base conceitual. Deste modo, cumpre-se com um dos objetivos da AIA que é o de *oferecer aos tomadores de decisão a melhor informação possível* em relação às consequências para o meio derivadas da implantação de um projeto.

Em qualquer circunstância, a avaliação dos impactos de um projeto deve ser orientada para o estabelecimento das condições que irão assegurar a *aceitabilidade* do referido projeto, o que significa que as informações apresentadas devem permitir compreender, com razoável nível de certeza, que:

- (i) o conjunto dos efeitos significativos que deverão atuar negativamente sobre a qualidade do meio e/ou das populações que o habitam serão corretamente *mitigados* (vide Capítulo XX), o que implica em serem *eliminados, minimizados, reduzidos ou compensados* de modo satisfatório para os envolvidos; ou
- (ii) as medidas adotadas para a mitigação consideraram a busca por alternativas locais e de concepção do projeto mais favoráveis ao meio ambiente, dentro de um espectro razoável de alternativas, observando-se a *hierarquia de mitigação* mencionada anteriormente.

Por outro lado, uma eventual conclusão pela inviabilidade de prosseguir com o desenvolvimento do projeto deve estar amparada por informações que permitam concluir que haveria uma probabilidade razoável para a ocorrência de impactos inadmissíveis/inaceitáveis em função de sua importância/significância, ou não haveria segurança em relação à capacidade de mitigação e gestão de determinados impactos significativos negativos.

Por estes motivos, deve-se dar especial atenção ao conjunto de características (ou *atributos*) que permitirão descrever os impactos identificados, levando-se em consideração o provável contexto e ocorrência. Afinal, como bem apontado por Sánchez (2006, p. 191) os impactos devem ser descritos por enunciados *concisos e*

suficientemente precisos para evitar divergências em sua interpretação por parte dos interessados na avaliação dos impactos e tomadores de decisão.

Glasson, Therivel e Chadwick (2012) descrevem uma série de aspectos de interesse para a interpretação dos impactos ambientais provocados pela implantação de um projeto de desenvolvimento. Segundo os autores, a implantação de um novo projeto pode implicar na produção de resíduos perigosos, mas também na oferta de vagas de trabalho em áreas de alto desemprego. Além disso, o empreendimento pode promover efeitos benéficos sobre o meio físico quando, por exemplo, está associado à recuperação de um antigo terreno contaminado ou abandonado, transformando-o novamente em um espaço produtivo para a sociedade; da mesma forma como os efeitos de natureza socioeconômica que incidem sobre uma determinada comunidade, promovidos por um grande projeto, podem pressionar de modos distintos os serviços locais de saúde e o mercado imobiliário, além de resultar no aumento dos níveis de criminalidade e conflitos.

Alguns impactos serão diretos e imediatos, mas poderão dar origem a impactos indiretos e secundários. É o caso, por exemplo, de reservatórios formados pelo barramento de sistemas fluviais e os impactos (diretos e imediatos) sobre a disponibilidade de terra na área alagada, e os efeitos sobre flora/fauna e atividades pesqueiras, causados a jusante devido a modificações na dinâmica fluvial.

Em determinadas circunstâncias, os impactos diretos e indiretos podem se correlacionar a efeitos de curto ou de longo prazo. Além disso, o alcance dos impactos pode ser restrito localmente, ou apresentar caráter estratégico/regional ou até mesmo global.

Tendo em vista que os recursos ambientais nem sempre podem ser repostos, a condição de reversibilidade ou irreversibilidade dos impactos também constitui uma informação relevante para a sua compreensão. Impactos irreversíveis, quando não forem passíveis de mitigação, podem ser particularmente importantes para a AIA. Mesmo no caso de serem passíveis de reposição ou compensação, a substituição de um recurso ambiental nem sempre é o ideal, sobretudo devido à possibilidade de que os impactos relacionados à perda de recursos ambientais talvez se tornem importantes após transcorrido um tempo razoável, e portanto é necessário que os estudos tenham condições de identificar tais situações.

Alguns impactos podem ser descritos de modo mais ‘concreto’, podendo inclusive serem quantificados com razoável segurança. Outros são menos tangíveis, mas evidentemente não devem ser negligenciados. Pelo contrário, há uma chance razoável de que muitos dos impactos significativos no contexto da AIA somente possam ser descritos e compreendidos levando-se em consideração a percepção e os valores inerentes aos que serão afetados pelos impactos. Do mesmo modo, não se deve desconsiderar que a distribuição dos impactos negativos e dos benefícios decorrentes da implantação de um projeto ocorre normalmente de modo desigual sobre o território e sobre as populações.

Adianta-se que não há, *a priori*, um conjunto ótimo de atributos e critérios para classificar todos os efeitos previstos e possíveis impactos associados a um determinado projeto. A melhor combinação de atributos será, sem dúvida, aquela que permitir aos receptores da informação compreender o provável cenário de impactos ambientais associados ao projeto, sobretudo quanto à relevância dos impactos esperados.

No Brasil, a Resolução Conama 01/86 estabelece que a análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas deve ser realizada “*através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais*”.

Em linhas gerais, o conjunto de atributos apresentado a seguir é comumente encontrado na prática, estando presente tanto nos Estudos de Impacto Ambiental quanto em boa parte das normas que disciplinam o processo de AIA.

Natureza ou direção

Corresponde a impactos *adversos* (ou *negativos*), *neutros* ou *positivos*, a depender da natureza da modificação a ser provocada nos parâmetros ambientais, em comparação com as condições da *baseline* ou possíveis tendências (Noble, 2015).

De acordo com Fernandez-Vítora (2003), um impacto negativo se traduz em perda de valor natural, estético-cultural, paisagístico, de produtividade ecológica ou em aumento dos prejuízos derivados da contaminação, erosão ou colmatagem, e demais riscos ambientais em desacordo com a estrutura ecológica e geográfica, o caráter e a 'personalidade' de uma determinada zona.

Ordem

Corresponde a impactos *diretos* (*de primeira ordem* ou *primários*) ou *indiretos* (*de segunda, terceira, quarta... ordem* ou *secundários*). Conforme Noble (2015) a relação entre os impactos diretos e indiretos não é, muitas vezes, de fácil compreensão — por exemplo, o escoamento superficial proveniente de uma área cultivada pode causar o enriquecimento de um determinado corpo d'água pela deposição de nutrientes, o que poderá ter como resultado a proliferação de plantas aquáticas normalmente próximo às margens do corpo hídrico, criando um ambiente esteticamente agradável em certas circunstâncias; contudo, a consequente eutrofização das águas poderá provocar um efeito secundário negativo, relacionado à diminuição do oxigênio dissolvido tornando o ambiente impróprio para a vida aquática.

Segundo Barrow (1997), é relativamente fácil identificar e prever impactos de primeira ordem, uma vez que sua ocorrência é verificada diretamente após a ação causadora da perturbação. Impactos secundários, por sua vez, podem estar relacionados a uma extensa cadeia de causa-efeito e só serão perceptíveis no futuro, alguns passos adiante na cadeia de eventos.

A ordem de um impacto corresponde ao momento em que o mesmo irá surgir, considerando a cadeia de eventos deflagrada pelo impacto inicial (direto; de primeira ordem) e os impactos secundários. Contudo, é importante lembrar que um impacto secundário para uma determinada cadeia de eventos pode ser amplificado por um impacto direto referente a uma outra ação (Figura 4.7).

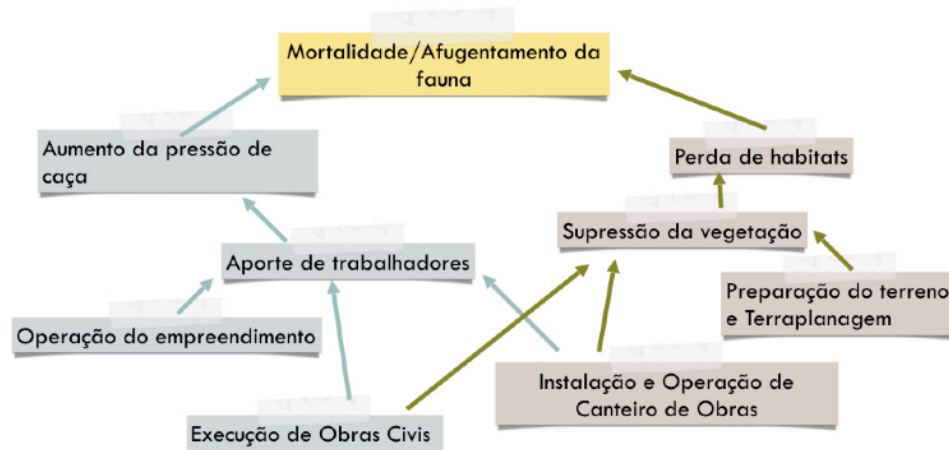


Figura 4.7 – Exemplo de diagrama de ações e efeitos/impactos sobre a fauna para a cadeia de eventos associada ao aporte de trabalhadores em empreendimentos próximos a áreas naturais, em diferentes etapas do projeto. Por um lado, o aporte de trabalhadores tem potencial para elevar a pressão de caça nas áreas naturais (impacto direto, de primeira ordem), o que pode levar à morte de indivíduos ou afugentamento da fauna no local (impacto indireto, de segunda ordem). Por outro lado, a preparação do terreno para implantação do projeto, execução de obras civis e instalação do canteiro de obra podem implicar em supressão da vegetação (impacto direto, de primeira ordem) seguida de perda de habitats (impacto indireto, de segunda ordem) e eventualmente a morte de indivíduos e o afugentamento da fauna no local (impacto indireto, de terceira ordem).

Extensão espacial

A extensão espacial dos impactos remete a uma medida da porção do território que deverá ser afetada (normalmente representada a partir de uma estimativa da área ou distância a partir da origem dos impactos), variando conforme as características dos impactos diretos e indiretos, associadas aos correspondentes receptores ambientais. Sendo assim, os impactos podem ser classificados como *locais*, *regionais*, *globais/estratégicos*, ou ainda, conforme Fernandes-Vítora (2003), como impactos *pontuais* (caso o efeito admita uma localização precisa sobre a área de influência do projeto), *parciais* (caso os efeitos se estendam por parte da área de influência) ou *totais* (efeitos estendem-se por toda a área de influência do projeto).

A supressão de vegetação causa um impacto direto restrito ao local, associado à exposição das camadas superficiais do solo e afugentamento da fauna silvestre. A intensificação de processos erosivos decorrente do impacto anterior pode levar a outros efeitos secundários que se estendem pelo território (por exemplo, a diminuição da qualidade da água e do volume na calha de rios ou armazenada em reservatórios devido ao aporte de sedimentos e assoreamento), de caráter estratégico devido à extensão geográfica ou pela sua relevância para o país (por exemplo, problemas para a geração de energia elétrica em reservatórios assoreados).

Aspectos temporais

Os impactos ambientais apresentam-se distribuídos ao longo do tempo, podendo ser caracterizados quanto à *duração/persistência*, *continuidade*, *periodicidade/frequência* e *deflagração*.

De acordo com Fernandes-Vítora (2003), a *persistência* de um impacto se refere ao tempo que, supostamente, os efeitos permaneceriam desde a ocorrência do impacto e a partir do qual o componente ambiental afetado retornaria às suas condições iniciais de modo natural ou induzido por medidas corretivas.

Usualmente, os estudos de impacto classificam a duração (ou persistência) dos impactos em *curto*, *médio* e *longo* prazos. Alguns autores consideram relevante distinguir os impactos de duração muito curta. Assim, por exemplo, o ruído emitido por uma explosão em áreas de mineração (que tem normalmente duração bastante curta) pode ser classificado como um impacto *fugaz*; os ruídos associados à construção de uma ponte poderiam ser considerados impactos de *curto prazo*; os efeitos sobre a dinâmica fluvial causados pela erosão das margens de um rio ou a presença de campos magnéticos em linhas de transmissão de energia seriam considerados impactos de *longo prazo* ou *permanentes*. Observa-se que não há uma regra específica a ser empregada no estabelecimento do que seria considerado um prazo curto, médio ou longo. Como orientação básica, recomenda-se observar o horizonte temporal esperado para o empreendimento, considerando o seu ciclo de vida.

Impactos *contínuos* são aqueles cujos efeitos se manifestam por meio de alterações contínuas ao longo do tempo (a mudança da qualidade da água de um rio devido ao lançamento de efluentes industriais). Do contrário, serão considerados como impactos *discretos* ou *descontínuos* (mudanças nos níveis de ruído causadas por explosões em áreas de construção, por exemplo).

A *periodicidade* ou *frequência* dos impactos é medida em termos do ritmo (regular ou não) de ocorrência das modificações sobre os componentes ambientais. Assim, impactos cíclicos *regulares* são aqueles que ocorrem de modo intermitente e com frequência constante ao longo do tempo, como por exemplo as queimadas que antecedem as colheitas em áreas de cultivo de cana-de-açúcar, quando ocorrem na mesma época do ano. Por sua vez, impactos cíclicos *irregulares* não admitem uma determinação precisa da frequência de ocorrência, como os efeitos sobre a biodiversidade decorrentes da pulverização de agrotóxicos em áreas agrícolas (assumindo que a pulverização, por uma razão ou por outra, não ocorresse a intervalos regulares).

Finalmente, quanto ao momento de sua *deflagração* (ou *ignição*, conforme alguns autores), os impactos são caracterizados como *imediatos* (em que o tempo decorrido entre a ação e a manifestação do impacto é praticamente nulo) ou *latentes* (que se manifestam a partir de um certo tempo entre a ação causadora e a manifestação do impacto, tempo este que pode ser *curto*, *médio* ou *longo*).

A deflagração dos impactos latentes decorre basicamente do aumento progressivo das forças que perturbam os sistemas ambientais, rompendo a capacidade do sistema de manter-se no estado de equilíbrio. Por exemplo, a degradação da vegetação nativa e seus ecossistemas associados devido à intensificação dos efeitos associados à fragmentação da paisagem (por exemplo, efeito de borda sobre fragmentos florestais e diminuição da conectividade entre os fragmentos).

A figura 4.8, a seguir, ilustra os conceitos apresentados.

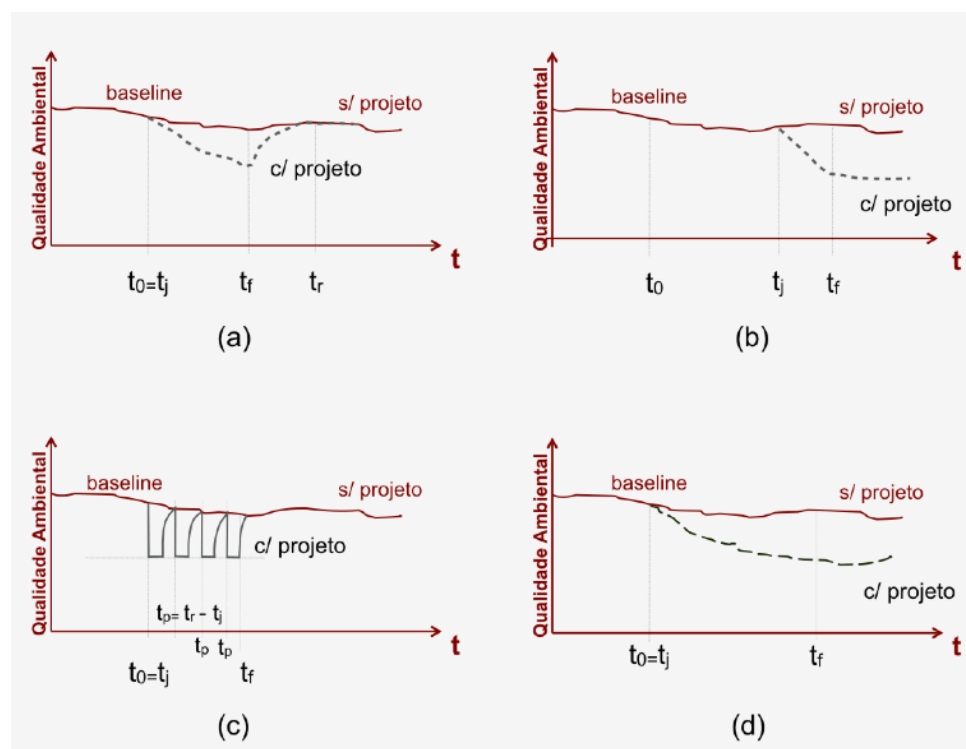


Figura 4.8 – Descrição gráfica do comportamento dos impactos, em função de seus atributos temporais. (a) impacto contínuo, de curta/média duração quanto à persistência, não cíclico e imediato; (b) impacto contínuo, de longa duração/permanente, não cíclico e latente/longo tempo para deflagração; (c) impacto contínuo, de curta duração, cíclico (regular) e imediato; (d) impacto contínuo, de curto prazo, não cíclico e imediato. Sendo: t_0 = instante em que a fonte de perturbação/ação impactante é introduzida; t_f = instante de interrupção da ação impactante; t_j = instante em que se inicia a manifestação do impacto; t_r = instante em que ocorre a recuperação da qualidade do meio.

Reversibilidade

A *reversibilidade* dos impactos está associada à possibilidade de recuperação do componente afetado, retornando à condição anterior após a suspensão/modificação da ação causadora do impacto ou mediante a introdução de medidas para mitigação dos efeitos.

O grau de reversibilidade de um impacto é normalmente uma característica importante para a avaliação dos impactos de um projeto, sobretudo por constituir uma variável relevante para a efetividade das medidas de gestão dos impactos associados ao novo empreendimento. Por exemplo, segundo Noble (2015), no caso da operação de um aterro sanitário é possível haver a recuperação da área do aterro até um ponto muito próximo ao que existia inicialmente. Ou, ainda, a recuperação dos níveis de tráfego após o término da construção de uma ponte.

Por sua vez, determinados impactos são *irreversíveis* e, deste modo, serão naturalmente considerados de alta importância ao longo da avaliação dos impactos — por exemplo, a destruição de sítios arqueológicos sem a devida investigação e resgate de material de interesse.

É importante que seja realizada uma distinção clara entre a duração e a reversibilidade de um impacto, para que não sejam tomadas como características vinculadas/dependentes entre si. Conforme Fernandes-Vítora (2003), um efeito de longo prazo (contaminação da água por um poluente industrial lançado em um rio, por exemplo) pode ser reversível (a qualidade da água pode ser recuperada em um certo tempo após a interrupção/modificação do lançamento do poluente por meio da introdução de um novo processo industrial). Do mesmo modo, um efeito irreversível (destruição de um parque por obras de construção de uma linha de metrô, por exemplo), mas recuperável, pode ter sua duração limitada pela reconstrução do parque após o término da implantação do projeto.

Cumulatividade

A *cumulatividade* dos impactos indica a possibilidade dos efeitos sobre o meio serem progressivamente ampliados devido à incidência de impactos sobre os mesmos componentes ambientais e no mesmo momento, ou quando da persistência contínua ou reiterada da ação que o causa (por exemplo, incremento da concentração de poluentes atmosféricos em determinadas situações de emissões contínuas e condições desfavoráveis para a dispersão).

Impactos cumulativos poderão ser classificados como *aditivos*, *sinérgicos* ou *antagônicos*. Impactos *aditivos* são aqueles cuja acumulação ocorre de forma *linear*, resultado de diversas ações atuando sobre o mesmo parâmetro ambiental ao longo do tempo. Impactos *sinérgicos* estão associados a variações não lineares nos parâmetros ambientais de interesse, notadamente quando ocorrem interações entre diferentes impactos que fazem com que o efeito combinado seja maior do que a soma das contribuições individuais. Finalmente, impactos *antagônicos* estão associados a situações em que um impacto pode *anular* total ou parcialmente, ou *compensar/ balancear* (*offset*), ou *interromper* um outro efeito ou impacto adverso.

A avaliação e gestão dos efeitos cumulativos, componentes altamente importantes na AIA, será discutida em maiores detalhes no Capítulo ZZ.

Magnitude ou Intensidade

A *magnitude* ou *intensidade* dos impactos remete ao grau de alteração na qualidade dos parâmetros ambientais mensurados, podendo ser numericamente determinada ou qualitativamente caracterizada, sendo usual remeter em ambos os casos a uma escala ordinal para valores como *alta*, *média* e *baixa*.

Determinados efeitos causam uma variação bastante baixa na qualidade ambiental, podendo ser classificados como *efeitos incrementais*. Para estes efeitos, conforme Noble (2015), é importante considerar a *taxa de mudança* no parâmetro ambiental afetado e avaliar constantemente as alterações totais em relação a um valor limite, objetivo ou padrão legal.

Muito embora seja inegável que a magnitude constitui um atributo dos mais importantes para a caracterização dos impactos, um erro comum verificado em boa parte dos estudos de impacto ambiental está relacionado à sobrevalorização deste parâmetro para a determinação da significância dos impactos (que será apresentada em detalhes no Capítulo YY). Por exemplo, os impactos da remoção da cobertura vegetal em 80% de uma área ocupada por pastagem não serão necessariamente mais importantes que os impactos da remoção de 25% da cobertura vegetal em uma área equivalente de floresta nativa.

Significância ou Importância

A *significância* dos impactos causados deve levar em conta os aspectos relacionados ao *contexto* de ocorrência dos impactos, ou seja, de tal modo que integre aspectos relacionados à *fragilidade/vulnerabilidade* do meio, sua *importância/relevância* social e ecológica, levando-se em conta as consequências para as populações e comunidades afetadas.

Algumas técnicas e métodos para a determinação da significância amplamente aplicadas na avaliação dos impactos serão apresentadas no Capítulo HH. Glasson, Therivel e Chadwick (2012) lembram que uma parcela relevante, senão a maioria, da avaliação da significância dos impactos é realizada de modo simples e pragmático, amparada muito mais pela experiência e pelo julgamento de especialistas do que por procedimentos e formulações complexas e sofisticadas.

Referências bibliográficas

- Barrow, C. J. Environmental and Social Impact Assessment: an introduction. Arnold: London, 310 p., 1997.
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2 set. 1981.
- Desjardins, E.; Barker, G.; Lindo, Z.; Dieleman, C.; Dussault, A. C. Promoting resilience. The Quarterly Review of Biology, 90[2], 2015, p. 147-165.
- Fernandes-Vítora, V. C. Guia metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. 3a Edición, Ediciones Mundi-Prensa: Barcelona, 412 p., 2003.
- Jain, R.; Urban, L.; Balbach, H.; Webb, M. D. Handbook of Environmental Engineering Assessment - Strategy, Planning and Management. Elsevier: Oxford/UK and Waltham/MA, 761 p., 2012.
- McGreavy, M. Resilience as a discourse. Environmental Communication, 10, 2016, p. 104-121.
- Medeiros, E. S.; Caldas, I. L.; Baptista, M. S.; Feudel, U. Trapping Phenomenon Attenuates the Consequences of Tipping Points for Limit Cycles. Scientific Reports 7, Article number: 42351, 2017.

Montaño, M.; Ranieri, V. E. L. Análise de viabilidade ambiental. In: Calijuri, M. C.; Gasparini, D. (eds.). Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão. Elsevier: Campus, p. 741-765, 2012.

Noble, B. Introduction to Environmental Impact Assessment: a guide to principles and practice. 3rd Edition, Canada: Oxford University Press, 2015.

Odum, E. P.; Barrett, G. W. *Fundamentos de Ecologia*. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

Walker, B.; Holling, C. S.; Carpenter, S. R.; Kinzig, A. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society*, 9(2):5, (online), 2004. URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5>

Wood, C. M. Environmental Impact Assessment: a comparative review. Harlow: Longman, 1995.