

Métodos cartográficos y matrices de interacción en la identificación del impacto ambiental

Júlia Nascimento Santos

Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Graduando em Relações Internacionais

✉ julicans0300@gmail.com

Laís Alencarde Aguiar

Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD / CNEN, Doutorado em Engenharia Nuclear

✉ lais.aguiar@ird.gov.br

Tetyana Gurova

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Doutorado em engenharia metalúrgica e de materiais

✉ gurova@lts.coppe.ufrj.br

Tatiana Santos da Cunha

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Doutorado em Geoquímica Ambiental

✉ tatiana.cunha@uerj.br

Josimar Ribeiro de Almeida

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Doutorado em Engenharia Ambiental

✉ almeida@poli.ufrj.br

Resumen:

De acuerdo con los estudios analíticos de metodologías de evaluación de impactos ambientales, es fundamental incorporar un conjunto de criterios básicos en los métodos actuales de análisis, tanto a nivel nacional como internacional. Estos métodos, comúnmente denominados técnicas de evaluación, son herramientas que tienen como objetivo identificar, caracterizar y resumir los impactos que un proyecto o programa determinado podría generar sobre el medio ambiente. Las metodologías deben ser flexibles, adaptables a cualquier fase del proceso de planificación y desarrollo, y estar sujetas a revisión constante, en función de los resultados obtenidos y la experiencia acumulada. Además, es esencial que sean adecuadas para realizar un análisis global, sistemático e interdisciplinario, abarcando todos los componentes del medio ambiente. Existen diversas líneas metodológicas para la evaluación de impactos, que incluyen las metodologías espontáneas ("Ad hoc"), listas de control ("Checklist"), matrices de interacciones, redes de interacciones ("Networks"), metodologías de cantidad, modelos de simulación, mapas de superposición ("Overlays") y la proyección de escenarios, entre otras. En países como Estados Unidos, las evaluaciones de impacto ambiental se formalizan mediante un documento denominado "Environmental Impact Statement" (EIS). Una de las propuestas clave para mejorar la evaluación de impactos es la simplificación de la evaluación de riesgos, utilizando una medida matemática que considere los factores que definen dichos riesgos, lo cual proporcionaría una representación más útil y clara del riesgo observado. Esta perspectiva integral permite una evaluación más precisa, facilitando la toma de decisiones en proyectos con impactos potenciales significativos sobre el medio ambiente.

Palabras clave: Evaluación ambiental, Metodologías de impacto, Sostenibilidad, Gestión ambiental, Análisis de riesgos.

Métodos cartográficos e matrizes de interação na identificação de impactos ambientais

Resumo:

De acordo com os estudos analíticos de metodologias de avaliação de impactos ambientais, é fundamental incorporar um conjunto de critérios básicos nos métodos atuais de análise, tanto a nível nacional quanto internacional. Esses métodos, comumente chamados de técnicas de avaliação, são ferramentas que têm como objetivo identificar, caracterizar e resumir os impactos que um projeto ou programa específico pode gerar sobre o meio ambiente. As metodologias devem ser flexíveis, adaptáveis a qualquer fase do processo de planejamento e desenvolvimento, e estar sujeitas a revisão constante, com base nos resultados obtidos e na experiência acumulada. Além disso, é essencial que sejam adequadas para realizar uma análise global, sistemática e interdisciplinar, abrangendo todos os componentes do meio ambiente. Existem diversas abordagens metodológicas para a avaliação de impactos, que incluem metodologias espontâneas ("Ad hoc"), listas de controle ("Checklist"), matrizes de interações, redes de interações ("Networks"), metodologias quantitativas, modelos de simulação, mapas de sobreposição ("Overlays") e projeção de cenários, entre outras. Em países como os Estados Unidos, as avaliações de impacto ambiental são formalizadas por meio de um documento denominado "Environmental Impact Statement" (EIS). Uma das propostas-chave para melhorar a avaliação de impactos é a simplificação da avaliação de riscos, utilizando uma medida matemática que considere os fatores que definem esses riscos, o que proporcionaria uma representação mais útil e clara do risco observado. Essa perspectiva integral permite uma avaliação mais precisa, facilitando a tomada de decisões em projetos com impactos potenciais significativos sobre o meio ambiente.

Palavras-chave: Avaliação ambiental, Metodologias de impacto, Sustentabilidade, Gestão ambiental, Análise de riscos.

Cartographic methods and matrices of integration in environmental impact identification

Abstract:

According to analytical studies on environmental impact assessment methodologies, it is essential to incorporate a set of basic criteria into current analysis methods at both national and international levels. These methods, commonly referred to as assessment techniques, are tools designed to identify, characterize, and summarize the impacts that a specific project or program may have on the environment. The methodologies must be flexible, adaptable to any phase of the planning and development process, and subject to continuous review based on the results obtained and accumulated experience. Furthermore, they must be suitable for conducting comprehensive, systematic, and interdisciplinary analysis, encompassing all environmental components. There are various methodological approaches to impact assessment, including spontaneous methodologies ("Ad hoc"), checklists ("Checklist"), interaction matrices, interaction networks ("Networks"), quantitative methodologies, simulation models, overlay maps ("Overlays"), and scenario projection, among others. In countries like the United States, environmental impact assessments are formalized through a document known as the "Environmental Impact Statement" (EIS). One key proposal for improving impact assessment is simplifying risk evaluation by using a mathematical measure that considers the factors defining these risks, providing a more useful and clearer representation of the observed risk. This comprehensive perspective enables a more accurate assessment, facilitating decision-making in projects with potentially significant environmental impacts.

Keywords: Environmental assessment, Impact methodologies, Sustainability, Environmental management, Risk analysis.

INTRODUCCIÓN

Finalidad

Las líneas metodológicas de evaluación son mecanismos estructurados para comparar, organizar y analizar información sobre los impactos ambientales de una propuesta, incluyendo los medios de presentación escrita y visual de esa información (Canter, 1998). Los métodos para evaluar el impacto ambiental son muy diferentes en un caso u otro. La magnitud del impacto puede deducirse de un estudio general y breve de un proyecto, en una evaluación preliminar que debe hacerse siempre, puesto que se opera por aproximaciones sucesivas (Sadler, 1996). Normalmente, se denominan técnicas o métodos de evaluación a los instrumentos cuyo objetivo es identificar, caracterizar y resumir los impactos de un determinado proyecto o programa (Glasson *et al.*, 2005).

Además de eso, se utilizan en la fase de anteproyecto otras técnicas que corresponden a las diferentes disciplinas involucradas en el proceso de evaluación del mismo. Existe a disposición de los evaluadores de impacto ambiental una gran variedad metodológica, con más de cien métodos descritos para los más distintos propósitos y situaciones (Canter, 1986; Sadler, 1996). Esa variedad es previsible, dada la cantidad de situaciones que deben ser sometidas a las evaluaciones y a las distintas escalas de calidad y disponibilidad de datos.

Existen en la literatura diversas clasificaciones para estas técnicas o métodos, que varían conforme la óptica adoptada. Existe una división en dos grandes grupos: por un lado, encontramos los métodos tradicionales de evaluación de proyectos, como el análisis costo-beneficio, y por otro, los métodos basados en el establecimiento de un sistema de escalas valorativas (Canter, 1998; Sadler, 1996).

Debido a la gran diversidad de métodos de evaluación de impactos ambientales existentes, muchos de los cuales no son compatibles con nuestras condiciones socioeconómicas y políticas, se hace necesario seleccionarlos de acuerdo con nuestras propias condiciones y, muchas veces, incluso adaptarlos mediante modificaciones y/o revisiones, para que sean realmente útiles en la toma de decisiones de un proyecto (Sadler, 1996).

Queda, entonces, a criterio de cada equipo técnico la selección del(los) método(s) más apropiado(s) o parte(s) de estos, de acuerdo con las actividades propuestas. Así, definir la metodología de evaluación de impactos ambientales consiste en establecer los procedimientos

lógicos, técnicos y operacionales capaces de permitir que el proceso antes mencionado sea completado (Canter, 1998).

MARCO ACTUAL

De acuerdo con Bursztyn (1994), para seleccionar un método de evaluación ambiental y de toma de decisiones, deben llevarse en consideración su adaptabilidad, es decir, la evaluación de pocas o varias alternativas, la utilización de pocos o varios criterios de evaluación, el uso de análisis cualitativo o cuantitativo, la primacía según criterios o pesos cualitativos y el uso de formas de evaluación asociativas o no, con el objetivo de comparar las alternativas.

La cuestión de base consiste en la unidad de medida a ser utilizada para dimensionar aspectos tan diversos como los ambientales, por ejemplo, la contaminación del aire, los efectos sobre la salud o los impactos sobre una determinada estructura social y cultural (Sánchez, 2008). En líneas generales, el primer grupo de técnicas y métodos busca cuantificar estos aspectos, evaluándolos en términos monetarios. El segundo, partiendo del presupuesto de la dificultad de establecer una unidad de medida común, busca aplicar escalas valorativas a los diferentes impactos medidos, originalmente, en sus respectivas unidades físicas o en términos cualitativos (Glasson *et al.*, 2012).

De acuerdo con los estudios analíticos de metodología de evaluación de impactos ambientales, propuestos a nivel nacional e internacional, es de fundamental importancia la incorporación de un conjunto de criterios básicos en los actuales métodos de análisis (Sadler, 1996).

Las metodologías han de ser flexibles, aplicables en cualquier fase del proceso de planificación y desarrollo, y deben revisarse constantemente en función de los resultados obtenidos y de la experiencia adquirida. Deben ser adecuadas para efectuar un análisis integrado, global, sistemático e interdisciplinario del medioambiente y de sus múltiples componentes.

Algunos criterios pueden ser la agregación de los aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos; la inclusión del factor tiempo; la utilización de indicadores que faciliten la tarea de prospección y sectorización del área; o la utilización de un mecanismo que permita sumar

los impactos parciales para obtener el impacto total sobre el lugar, con la capacidad de extrapolar y archivar datos para su aplicación en otras áreas a ser estudiadas y en diferentes escalas (Canter, 1998). Además, deben permitir la participación pública en la toma de decisiones. Todos esos criterios intentan hacer cada vez más eficaces las evaluaciones y la interpretación del ambiente, permitiendo el consecuente análisis de viabilidad e identificación de posibles alternativas para la prevención, recuperación y/o reconstitución ambiental.

MÉTODO

Como ya fue mencionado anteriormente, no existe una metodología completa e ideal que atienda a los diferentes estudios de impacto ambiental existentes y sus respectivas fases. La selección de la(s) más apropiada(s), además de atender los requisitos y normas legales establecidos para la ejecución de los estudios, depende del tiempo, de los recursos financieros disponibles y, en algunos casos, de los datos existentes (Glasson *et al.*, 2012). Sin embargo, es importante seleccionar metodologías en la medida en que sus principios puedan ser utilizados o adaptados a las condiciones específicas de cada estudio ambiental y de cada realidad local y nacional (Sánchez, 2008).

Básicamente, existen las siguientes líneas metodológicas desarrolladas para la evaluación de impactos ambientales: Metodologías Espontáneas (“Ad hoc”); Listas de Control (“Check-List”); Matrices de Interacciones; Redes de Interacciones (“Networks”); Metodologías de Cantidad; Modelos de Simulación; Mapas de Superposición (“Overlays”); Proyección de Escenarios, otras (Canter, 1998).

ANÁLISIS

Principios y procedimientos para la realización de los estudios de impacto ambiental

Los estudios deben considerar las alternativas de la acción y del proyecto. Estos también presuponen la participación del público, representando no solamente un instrumento

de decisión, sino también un instrumento de conocimiento al servicio de la decisión, según Bolea (1984).

Existen innumerables definiciones en la literatura especializada del proceso de evaluación de impactos ambientales. La mayoría es de origen académico, enfatizando aspectos técnicos. Otras dan énfasis a los componentes políticos y de gestión ambiental. Existen también las definiciones legales, como la instituida en el NEPA (*National Environmental Policy Act / EUA*, 1969).

Es interesante también mencionar definiciones elaboradas por diversos autores e instituciones consagradas internacionalmente:

“... una evaluación de todos los efectos ambientales y sociales relevantes que resultarían de un proyecto” (Battelle Institute, 1978).

“... es identificar, prever y describir, en términos apropiados, los pros y contras (beneficios y daños) de una propuesta de desarrollo. Para ser útil, la evaluación debe ser comunicada en términos comprensibles para la comunidad y para los responsables de la toma de decisiones. Los pros y contras deben ser identificados en base a criterios relevantes para los países afectados” (PNUMA, 1978).

“... es una actividad destinada a identificar y prever el impacto sobre el ambiente biogeofísico y sobre la salud y el bienestar de los seres humanos, resultante de propuestas legislativas, políticas, programas y proyectos, y de sus procesos operacionales, así como de interpretar y comunicar la información sobre estos impactos” (Munn, 1979).

El término "estimativa ambiental" describe la técnica y el proceso por el cual se colecta información acerca de los efectos ambientales de un proyecto, tanto los producidos por el que lo desarrolla como los generados por otras fuentes. Debe considerarse, inclusive, si el desarrollo amerita seguir adelante o no, por medio de juicio formado, gracias a la autoridad profesional (Doe, 1989).

“...Instrumento de política ambiental, formado por un conjunto de procedimientos, capaz de asegurar, desde el inicio del proceso, que se haga un examen sistemático de los impactos ambientales de una acción propuesta (proyecto, programa, plan o política) y de sus alternativas, y que los resultados sean presentados de forma adecuada al público y a los responsables de la toma de decisiones, y por ellos considerados. Además de eso, los procedimientos deben garantizar la adopción de las medidas de protección del medio ambiente determinadas, en el caso de decisión sobre la implantación del proyecto” (Moreira, 1990).

“... Una estimativa del impacto de una actividad planeada en el ambiente” (UNECE, 1991).

En suma, la evaluación de impactos ambientales es “un instrumento de política ambiental, formado por un conjunto de procedimientos, capaz de asegurar, desde el inicio del proceso, que se haga un examen sistemático de los mismos en una acción propuesta (proyecto, programa, plan o política) y de sus alternativas. Además, que los resultados sean presentados de forma adecuada al público y a los responsables de la toma de decisiones, debidamente considerados por éstos” (Almeida, 1994).

Según este autor, las definiciones identifican importantes y distintos componentes. Uno de ellos es el que engloba un conjunto de procedimientos para identificar, evaluar y prevenir efectos adversos y que debe estar relacionado con el conocimiento científico sobre el ambiente, la acción y sus interrelaciones. El otro componente es el proceso de toma de decisión, en el cual la evaluación de impactos de una acción puede tener un importante papel que está íntimamente relacionado con reglas administrativas y voluntad política.

En la literatura de habla inglesa se adoptan términos, como *Environmental Impact Assessment* (EIA) para designar estudios que engloban conjuntamente aspectos sociales y ecológicos, y *Ecological Impact Assessment* y *Social Impact Assessment* para los que tratan de aspectos ecológicos y sociales, respectivamente. Un término que engloba mejor esos estudios es el *Integrated Impact Assessment*, que se refiere al estudio del conjunto de consecuencias sociales y ecológicas según un enfoque holístico, que ponga en evidencia los efectos acumulativos resultantes de sus interacciones, requiriendo para su elaboración un conjunto de disciplinas diferentes, pero integradas (Glasson *et al.*, 2012).

En los Estados Unidos, por ejemplo, las evaluaciones de impactos ambientales se reflejan en un documento denominado *Environmental Impact Statement* (EIS). La agencia responsable por la evaluación emite un *Notice of Intent* (NOI), que es enviado a otras agencias federales, estatales y locales, a los impulsores del proyecto y a los grupos e individuos interesados. A continuación, con el intento de discutir el desarrollo del EIS, se realiza un *scoping meeting* en el cual se ha observado una creciente participación de representantes de la comunidad. Mientras transcurre el proceso de evaluación, el público tiene acceso al *draft* del EIS para comentarios y solicitud de esclarecimientos que pueden ser incorporados o anexados a la versión final del documento.

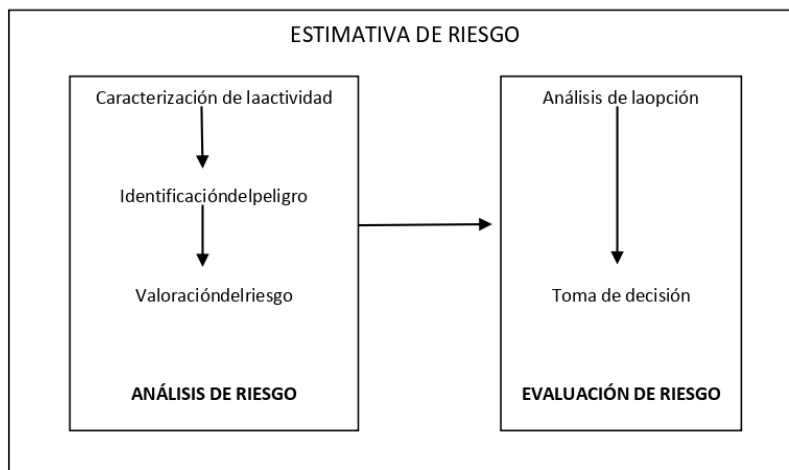
Ante la ausencia de palabras correspondientes, en lengua española utilizamos “Evaluación” tanto para designar *Assessment* como *Evaluation*. Westman (1985), sin embargo, define *Assessment* como análisis y *Evaluation* como evaluación de impacto.

El análisis consiste en una tarea objetiva de identificación de acciones, medición de las condiciones de base y previsión de los probables cambios de las condiciones resultantes de aquellas acciones. La evaluación se constituye en una tarea objetiva o normativa que depende de la aplicación de valores humanos, ya que incluye determinar la significación de los efectos de los impactos ambientales.

La concepción de Westman (1985) para la evaluación demuestra, en parte, tendencias del desarrollo de un proceso en el aspecto ecológico, no considerando, por tanto, los aspectos sociales.

Cox y Tait (1998) también dividieron la Estimativa de Riesgo en dos componentes: el Análisis de Riesgo y la Evaluación de Riesgo, que están ilustrados en la Figura 1.

Figura 1 – Estimativa de Riesgo con sus dos componentes: Análisis de Riesgo y Evaluación de Riesgo.



Fonte: Análisis y Evaluaciones de Impactos Ambientales, Almeida e Soares eds. 2008

La primera etapa en el proceso de análisis de actividades de trabajo es la evaluación del “caminar satisfactoriamente”. Durante la referida evaluación se hacen anotaciones sobre el tipo de trabajo a realizarse en cada área, la planta y los equipos a ser utilizados, así como

un inventario de sustancias peligrosas para la salud, las personas responsables y otros detalles relevantes (Sánchez, 2013).

La segunda etapa en la estimativa de riesgos se refiere a la identificación de peligros. La institución de Ingenieros Químicos (ICChemE, 1985) definió la palabra peligro como “una situación física con potencial para causar daños a la humanidad, a las propiedades, al ambiente o a la combinación de estas”.

La tercera etapa de la estimativa de riesgos está relacionada al informe de la Sociedad Real (Royal Society, 1992) que define el riesgo como “la combinación de la frecuencia o probabilidad de los acontecimientos de un peligro definido, y la magnitud de la consecuencia de lo sucedido”. De la misma forma, la institución de Ingenieros Químicos (ICChemE, 1985) define el riesgo como “la posibilidad de que un evento específico e indeseable ocurra dentro de un período específico o en circunstancias específicas”. Podría también definirse como frecuencia (número de eventos específicos que ocurren en una unidad de tiempo) o probabilidad (probabilidad de un evento específico suceder a uno anterior).

La evaluación de riesgos sería simplificada si pudiéramos desarrollar una medida, expresada en términos de los dos factores usados para definirlos matemáticamente, que suministraría una representación útil del riesgo observado. Han habido algunas discusiones al respecto (Kaplan y Garrick, 1981; Cox *et al.*, 1993), pero experiencias prácticas indican que el producto de los dos factores provee una base adecuada para saber, por lo menos, dónde los problemas comunes se presentan.

El término “público”, normalmente utilizado en la documentación y literatura relativa a la evaluación de impactos ambientales, puede estar sujeto a diferentes interpretaciones. Tanto puede hacer referencia a “lo popular”, como “a un conjunto de personas que asisten a un espectáculo, a una reunión...”. Lo que observamos en el desarrollo histórico de las evaluaciones, sin embargo, es que prevalece la última definición. En este sentido, el público ha sido incorporado al final del proceso, tan sólo como espectador y receptor de informaciones (Glasson, Therivel y Chadwick, 2005).

Otros aspectos interesantes de la concepción de Westman residen en la inclusión en la fase de definición de objetivos y de monitoreos, fases que él denomina de pre y pos impacto,

respectivamente. La primera induce a la ampliación y al mejor aprovechamiento de la discusión de los objetivos del estudio. La segunda propicia una realimentación para la evaluación que opera, frecuentemente, con un elevado grado de incertidumbre (Sadler, 1996).

Principios y procedimientos para la realización de los estudios de impacto ambiental

En cualquier caso en que se hagan evaluaciones de impacto, el estudio debe girar en torno a cuatro puntos: a) Identificación causa - efecto (Bursztyn, 1994). b) Predicción o cálculo de los efectos y la magnitud de los indicadores del impacto (Canter, 1998). c) Interpretación de los efectos ambientales (Munn, 1979). d) Prevención de los efectos ambientales (Doe, 1989).

Casi todos los estudios suelen empezar por considerar el impacto físico, pero tal consideración ha sido parcial, puesto que ocuparse de todos los factores ambientales es muy difícil por su extensión y complejidad. Se suele llamar vectores ambientales al aire, al agua y al suelo porque son los portadores de los efectos, derivados de ciertas causas, hacia los últimos receptores: el hombre, el biotopo y la biocenosis. Los indicadores de impacto ambiental son los elementos o parámetros que proporcionan la medida de la magnitud del impacto, al menos en su aspecto cualitativo y también, si es posible, en el cuantitativo. La adopción de unos indicadores de impacto y su selección es un punto fundamental de estos trabajos de evaluación (Moreira, 1990; Almeida, 1994). Tabla 1.

Tabla 1 – Lista de Control para la Evaluación de las Condiciones Ambientales um Estuario

| Nota de las Consecuencias () Pesca de peces | Negativas -5 -4 -3 -2 -1 | Neutras 0 | Positivas 1 2 3 4 5 | Peso X Nota |
|---|-----------------------------|--------------|------------------------|-------------|
| () Captura de cangrejos | | | | |
| () Captura de camaróns () Captura de otros crustáceos | | | | |
| () Captura de ostras | | | | |
| () Captura de mariscos () Captura de otros moluscos | | | | |
| () Piscicultura | | | | |
| () Ostricultura () Carcinocultura | | | | |
| () Explotación de madera | | | | |
| () Deforestación () Terreno | | | | |
| () Actividades Industriales () Actividades Domésticas () Actividades Agro pastorales | | | | |
| () Navegación () Turismo () Preservación de vegetación natural | | | | |
| () Minería | | | | |
| () Rutas () Vías Férreas | | | | |
| () Puentes | | | | |
| () Muelles () Diques | | | | |
| () Líneas de Transmisión | | | | |
| () Excavación de sedimentos () Otras Intervenciones | | | | |

Fonte: Análisis y Evaluaciones de Impactos Ambientales, Almeida e Soares eds. 2008

Índice de Impacto S (Peso de las acciones y notas de las consecuencias) / S Pesos
Listas de control escalar: en el caso de existir propuestas alternativas al proyecto o maneras alternativas de implementarlo, se recomienda que la lista de control sea formulada con el

objetivo de permitir comparaciones en esas alternativas, con base en alguna unidad escalar seleccionada. Tales listas son también indicadas para la comparación entre la situación anterior al establecimiento del proyecto (o adopción de tecnología) y la situación esperada después de su implantación (o adopción). Un ejemplo detallado de la aplicación de esta lista, para un proyecto de irrigación, considerando diferentes sistemas de cultivo, es presentado y discutido en el próximo capítulo.

Listas de referencias

Son listas preparadas por técnicos especialistas de diferentes áreas que sirven de referencia cuando se buscan las posibles causas y/o efectos de un impacto ambiental. Ejemplos:

I. Listas de factores correspondientes a impactos geobiofísicos:

A. Contaminación atmosférica: partículas sólidas; gases; vapores, aerosoles; sustancias tóxicas; alteración del microclima; otros..

B. Contaminación del agua (aguas continentales superficiales, subterráneas y marítimas).

1. Factores de cantidad: caudal y variación de flujo del agua.

2. Factores de la calidad del agua:

– Físicos: temperatura; turbidez; densidad; sólidos disueltos y en suspensión; color, olor y sabor;

– Químicos inorgánicos: oxígeno; hidrógeno; nitrógeno; fósforo; metales alcalino terrosos; azufre; halógenos; carbono inorgánico, silicio; metales pesados;

– Químicos orgánicos;

– Biodegradables: hidratos de carbono, grasas y proteínas;

– No biodegradables: pesticidas, detergentes, hidrocarbonatos y productos petroquímicos persistentes;

– Biológicos: organismos patógenos; organismos eutrofizantes; DBO; otros.

C. Suelo: Precipitación; deposición; sedimentación; contaminación por residuos sólidos, líquidos o gaseosos; alteración del revestimiento vegetal; otros.

D. Sustancias radiactivas.

E. Ruido.

F. Recursos naturales: vegetación natural; explotación vegetal; uso del suelo agrícola y pastoril; recursos minerales; espacios destinados a usos recreativos; paisaje; medio acuático; recursos pesqueros.

G. Factores biológicos: Inventario de biotipos y biocenosis y sus correlaciones; fauna: inventario de especies características; flora; inventario de especies características y vegetación natural; especies en peligro de extinción; diversidad de especies; estabilidad del ecosistema.

II- Lista de factores correspondientes al impacto socio-económico:

A. Área: uso inadecuado del área y de los recursos naturales; modificación en el uso del área; alternativas de uso para el área y los recursos naturales; expropiación de terrenos;

B. Alteración del paisaje: destrucción o alteración del paisaje; destrucción de sistemas naturales.

C. Aspectos humanos y socioculturales: patrones culturales; destrucción o alteración de la calidad de vida en términos de aspectos culturales y/o históricos; enfermedades, consecuencia de congestionamiento urbano y de tráfico; alteración de los sistemas o estilos de vida; tendencia de variación demográfica; lugares históricos que pueden ser afectados;

D. Aspectos económicos: estabilidad económica regional; renta y gastos para el sector público; consumo y renta per cápita; empleos que pueden ser producidos en la fase de construcción del proyecto; empleos fijos durante el funcionamiento del proyecto; desarrollo económico de actividades comerciales; servicios, durante la ejecución y funcionamiento del proyecto; viviendas; infraestructura de transportes; infraestructura sanitaria; servicios comunitarios y equipamientos urbanos; otros.

Lista de utilidad para multiatributos

Proyectos en los cuales se presentan diversas alternativas generalmente revelan diferentes impactos entre ellos, así como niveles variables de esos impactos. La dificultad consiste en ponderar esa variabilidad en las evaluaciones. Ese método está basado en la teoría de utilidad para multiatributos, en la cual son ponderados los componentes principales en consideración de acuerdo con la definición de su importancia para el proceso estudiado. Aun confiando en la percepción de especialistas, ese método ofrece una sistemática lógica para comparación de impactos y de proyectos. El mismo alcanza independencia ambiental entre parámetros, aunque éstos normalmente sean independientes.

El método de multiatributos consiste en seleccionar una serie de parámetros indicadores que puedan ser medidos o estimados y que permitan formar un cuadro claro de probabilidades de los impactos. Para cada parámetro se deben obtener medidas del estado, o sea, valores de ocurrencia real y potenciales del parámetro. Para estimar la ocurrencia potencial con la implantación del proyecto o tecnología, se proyectan los valores a través de modelos y datos de la literatura, o con simulaciones de variados niveles de complejidad (Bisset, 1987). Esto está bien ejemplificado en el capítulo cuatro.

Métodos cartográficos - mapas de superposición

Este método es muy útil para trabajos de evaluación de impactos ambientales vinculados a la planificación y ordenación de áreas. Proyectos como el trazado de una autopista, un ferrocarril, líneas eléctricas de alta tensión, oleoductos y gasoductos, aeropuertos, canales, etc., son los que, en una primera aproximación, son evaluados por este método.

Las técnicas que se emplean en estos métodos tienen también otra escala, pues se opera con macromagnitudes. Los fotogramas aéreos y las técnicas de teledetección, por ejemplo, se utilizan casi siempre.

El sistema efectúa una división del área afectada por la totalidad del proyecto mediante el trazado de unas retículas. Se obtiene así una serie de unidades geográficas, en cada una de las cuales se estudia un conjunto de factores ambientales y se aplican unos indicadores de impacto previamente establecidos. Se utilizan transparencias y en cada una de ellas se

marcan los resultados obtenidos en el estudio. Se superponen después los resultados de las distintas transparencias mediante un programa de ordenador, accediendo así a las conclusiones finales.

El método más conocido es el de MacHarg (1969) en Bolea (1980), que se utiliza para determinar aptitudes territoriales. A través de la superposición de mapas, confeccionados en diferentes tonalidades de gris, para cuatro tipos de usos distintos de suelo (agricultura, recreación, silvicultura y medio urbano), se establecen las posibilidades de usos combinados.

Los métodos cartográficos consisten en la confección de una serie de cartas temáticas, una para cada sector ambiental, y son perfectamente adecuados a diagnósticos ambientales. Los mapas, diseñados en material transparente cuando superpuestos, orientan los estudios en cuestión. Las cartas se integran para producir la síntesis de la situación ambiental de un área geográfica, pudiendo ser elaboradas de acuerdo a los conceptos de vulnerabilidad o potencialidad de los recursos ambientales (según se debe obtener cartas de restricción o de amplitud del suelo).

A pesar de favorecer la representación visual, este tipo de metodología omite impactos cuyos indicadores no son específicos. Pero nada impide que la misma sea utilizada como complemento de otra metodología de evaluación.

Algunos métodos fueron desarrollados en el ámbito de planeamiento territorial y son aplicados en la evaluación de impacto ambiental en la tentativa de localizar, por ejemplo, áreas de relevante interés ecológico, cultural, arqueológico y socioeconómico. Estos identifican la extensión de los efectos sobre el medio ambiente, a través del uso de fotografías aéreas.

Existen algunos otros métodos, en general próximos al de MacHarg, como el de Tricart y el sistema de planificación ecológica de Falque (Bolea, 1984), el sistema de Informaciones Geoambientales (Argento y Marques, 1988) y, más recientemente, los análisis por satélite (Cuhls, 2001).

Matrices de interacción

Las matrices de causa – efecto son métodos bidimensionales que relacionan acciones de los proyectos con factores ambientales. Aunque puedan incorporar parámetros de evaluación, son fundamentalmente de identificación, como muestra el Tabla 2.

Tabla 2 – Matriz de Interacciones: Proyecto x Medio Ambiente

| Acciones Impactantes | | Servicios preliminares | | Construcción | | | | | | Operación |
|----------------------------|---|-----------------------------|------------------------|--------------|---------------------------------------|-------------------------------|--|--|-----------------------|---|
| | | Decreto de Utilidad Pública | Inventario Topográfico | Sondeos | Implantación de los Canteros de Obras | Apertura de Caminos de Acceso | Apertura de Caminos y Construcción de las Torres | Transporte, Estructura y Equipamientos | Energía de las Líneas | Inspección y Mantenimiento de las Fajas |
| Ambientales | Suelo | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Agua | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 |
| | Ecosistemas | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| | Nivel de Ruido | | | | 0 | | | 0 | 0 | |
| Socio Económico Culturales | Uso del Suelo | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| | Paisaje | | | | | 0 | 0 | | | |
| | Estructuras Viales | | | | 0 | 0 | | 0 | | |
| | Empleo | | | | 0 | | | | | |
| | Mercado de Bienes Raíz | 0 | | | | | | | 0 | |
| | Agropecuaria | 0 | | | | | 0 | 0 | | 0 |
| | Silvicultura | 0 | | | | | 0 | 0 | | 0 |
| | Estación Mineral | 0 | | | | | | 0 | | |
| | Infraestructura Urbana y Equipamientos | | 0 | 0 | | | | | 0 | 0 |
| | Conforto Ambiental a lo Largo de la Faja de Servicios | | | | | | 0 | | 0 | 0 |

0 - Interacciones poco significativas. 0 - Interacciones agrícolas.

Fonte: Análisis y Evaluaciones de Impactos Ambientales, Almeida e Soares eds. 2008

Entre los métodos más conocidos se encuentra la Matriz de Leopold, elaborada en 1971 para el Servicio Geológico del Ministerio del Interior de los Estados Unidos. Esta matriz está constituida por 100 columnas, representativas de las acciones del proyecto, y por 88 líneas

relativas a los factores ambientales, como ejemplificado en la figura 2, completando un total de 8800 interacciones posibles. Debido a la dificultad de operar con este número de interacciones, se trabaja normalmente con matrices reducidas para 100 o 150, de las cuales, en general, unas 50 son significativas.

El principio básico de la Matriz de Leopold consiste, primeramente, en señalar todas las interacciones posibles entre las acciones y los factores, para luego establecer en una escala que varía de 1 a 10, la magnitud y la importancia de cada impacto, identificando si el mismo es positivo o negativo. Aun así, la valoración de la magnitud es relativamente objetiva o empírica, pues se refiere al grado de alteración provocada por la acción al factor ambiental. La puntuación de la importancia es subjetiva o normativa, ya que consiste en la atribución de peso relativo al factor afectado en el ámbito del proyecto.

En la matriz de Leopold son pocos los medios necesarios para aplicarla y su utilidad en la identificación de efectos. Ella contempla en forma bastante completa los factores físicos, biológicos y socioeconómicos. Sin embargo, tiene desventajas como, por ejemplo, no ser selectiva, en cuanto que no establece un sistema para centrar la atención en los aspectos más críticos o de mayor impacto ambiental y, además, no distingue entre efectos a corto y largo plazo. También no es sistemática y deja la evaluación del parámetro a la estimación y el buen criterio del usuario.

El establecimiento de estos pesos constituye uno de los puntos más críticos, no solamente de los métodos de matrices, sino también, como será visto a continuación, de los demás métodos cuantitativos. La Matriz de Leopold puede ser criticada en este sentido pues, en su primera concepción, no explica claramente la base de cálculo de las escalas de puntuación de la importancia y de la magnitud.

La falta de identificación, análogamente a los “checklists” de las interrelaciones entre los impactos, puede llevar a la sobreestimación o a la subestimación de los mismos.

El poco énfasis atribuido a los factores sociales y culturales es también un aspecto criticable.

Una cuestión muy discutida, en el uso de este tipo de método, es la pertinencia o no de calcular un índice global del impacto ambiental, resultante de la suma ponderada (magnitud x importancia) de los impactos específicos. Debido a la diferente naturaleza de los impactos, algunos autores defienden la no contabilización de un índice global, sugiriendo la elaboración de matrices para diversas alternativas y la comparación entre las mismas en el ámbito de cada efecto específico y significativo.

En cualquier caso, cabe señalar que el índice global solo podrá calcularse si existe compatibilidad entre las escalas utilizadas para los diversos impactos, dado que las escalas de intervalo o de razón permiten la manipulación matemática. Por lo tanto, los efectos medidos en escalas nominales u ordinales deben convertirse a este tipo de escalas.

Como la Matriz de Leopold no explica, en principio, las bases de cálculo de las escalas, la contabilización del índice, útil para indicar el grado global de impacto de un determinado proyecto, no es aconsejable, a no ser que sean incorporadas las consideraciones anteriormente mencionadas (Tabla 3).

Además, es fundamental resaltar que el cálculo del índice global de un proyecto solamente tiene sentido cuando referenciado a los índices globales de alternativas de este proyecto.

Tabla 3 – Matriz de (Leopold *et al.*, 1971)

| RELACIÓN DE LAS ACCIONES (columnas) | RELACIÓN DE LOS FACTORES AM- BIENTALES (líneas) |
|--|--|
| A. Modificación del régimen | A. Características Fisicoquímicas |
| 1. Alteración de la cobertura terrestre | A. 1. Tierra |
| 2. Controles biológicos | 1. Recursos minerales |
| 3. Modificación del hábitat | 2. Material de construcción |
| 4. Introducción de flora y fauna exótica | 3. Suelos |
| 5. Alteración de la hidrología | 4. Geomorfología |
| 6. Alteración del drenaje | 5. Campos magnéticos y radioactividad de fondo |
| 7. Control del río y modificación del flujo | 6. Factores físicos especiales |
| 8. Canalización | A.2. Agua |
| 9. Irrigación | 7. Continental |
| 10. Modificación del clima | 8. Oceánica |
| 11. Quemadas | 9. Subterránea |
| 12. Superficie o pavimentación | 10. Calidad |
| 13. Ruido y vibración | 11. Temperatura |

Métodos cartográficos y matrices de interacción
en la identificación del impacto ambiental

| | |
|---|---|
| B. Transformación del área y construcción | 12. Recarga |
| 14. Urbanización | 13. Nieve, hielo y heladas |
| 15. Sitios industriales y edificios | A.3. Atmósfera |
| 16. Aeropuertos | 14. Calidad (gases, articulados) |
| 17. Rutas y puentes | 15. Clima (micro, macro) |
| 18. Caminos y senderos | 16. Temperatura |
| 19. Vías férreas | A.4. Procesos |
| 20. Cables y ascensores | 17. Inundaciones |
| 21. Contención de agua para hidroeléctricas y diques | 18. Erosión |
| 22. Barreras incluyendo alambrados | 19. Deposición, sedimentación y precipitación |
| 23. Dragas y refuerzo de canales | 19. Deposición, sedimentación y precipitación |
| 24. Revestimiento de canales | 20. Solución |
| 25. Canales | 21. Cambio de curso de ríos, complejos |
| 26. Líneas de transmisión, viaductos, Terminales marítimos, marinas, puertos, muelles | 22. Compactación y asentamiento |
| 27. Estructuras "off shore" | 23. Estabilidad |
| 28. Estructuras recreativas | 24. Sismología |
| 29. Dinamitaje y perforación | 25. Movimiento del aire |
| 30. Desmonte y carga | B. Condiciones Biológicas |
| 31. Túneles y estructuras subterráneas | B.1. Flora |
| C. Extracción de recursos | 26. Árboles |
| 32. Dinamitaje y perforación | 27. Arbustos |
| 33. Excavaciones superficiales | 28. Pastizales |
| 34. Excavaciones subterráneas | 29. Producción de granos |
| 35. Perforación de pozos y remoción de fluidos | 30. Micro flora |
| 36. Dragas | 31. Plantas acuáticas |
| 37. Explotación forestal | 32. Especies amenazadas |
| 38. Pesca comercial y caza | 33. Barreras ecológicas |
| D. Procesamiento | 34. Cinturón ecológico |
| 39. Agricultura | B.2. Fauna |
| 40. Creación de ganado y pastoreo | 35. Aves |
| 41. Producción de alimentos | 36. Animales terrestres (inclusive reptiles) |
| 42. Producción de laticínios | 37. Peces y moluscos |
| 43. Producción de energía | 38. Organismos bentónicos |
| 44. Procesamiento mineral | 39. Insectos |
| 45. Industria metalúrgica | 40. Micro fauna |

| | |
|--|--|
| 46. Industria química | 41. Especies amenazadas |
| 47. Industria têxtil | 42. Barreras ecológicas |
| 48. Automóviles y aviones | 43. Cinturón ecológico |
| 49. Refinerías | C. Factores Culturales |
| 50. Alimentación | C.1. Uso del área |
| 51. Aserraderos | 44. Espacios abiertos y salvajes |
| 52. Papel y celulosa | 45. Zonas húmedas |
| 53. Almacenamiento de productos | 46. Selvicultura |
| E. Alteración del terreno | 47. Pastizales |
| 54. Control de erosión y cultivo enterrazas | 48. Agricultura |
| 55. Control de residuos y cerramiento de minas | 49. Zona residencial |
| 56. Minas abiertas | 50. Zona comercial |
| 58. Draga de puertos | 51. Zona industrial |
| 59. Terraplén y drenaje | 52. Minas y canteros |
| F. Recursos renovables | C.2. Recreación |
| 60. Reforestación | 53. Caza |
| 61. Recirculación de residuos | 54. Pesca |
| 62. Recarga de reservas de agua subterránea | 55. Navegación |
| 63. Aplicación de fertilizantes | 56. Baño |
| 64. Gerenciamiento y control de la vida animal | 58. Excursión |
| G. Cambios en el tráfico | 59. Zonas de recreación |
| 65. Vías férreas | C.3. Intereses humanos y estéticos |
| 66. Automóviles | 60. Vistas panorámicas y paisajes |
| 67. Camiones | 61. Naturaleza |
| 68. Navíos | 62. Espacios abiertos |
| 69. Aviones | 63. Paisaje |
| 70. Tráfico fluvial | 64. Agentes físicos especiales |
| 71. Deportes náuticos | 65. Parques y reservas forestales |
| 72. Senderos | 66. Monumentos |
| 73. Cables y ascensores | 67. Especies o ecosistemas especiales |
| 75. Viaductos | 68. Lugares y objetos históricos o arqueológicos |
| H. Disposición y tratamiento de residuos | 69. Ausencia de armonía |
| 76. Fosas sépticas, comerciales y domésticas | C.4. Nivel cultural |
| 77. Vertedores | 70. Estilos de vida (patrones culturales) |
| 78. Disposición de residuos de minas | 71. Salud y seguridad |
| 79. Almacenamiento subterráneo | 72. Empleo |
| 80. Disposición de hierro viejo | 73. Densidad poblacional |

Métodos cartográficos y matrices de interacción
en la identificación del impacto ambiental

| | |
|---------------------------------------|---|
| 81. Descarga de pozo de petróleo | C.5. Servicio e infraestructura |
| 82. Disposición en pozo profundo | 74. Estructuras |
| 83. Descarga de agua de refrigeración | 75. Red de transporte |
| 84. Descarga de residuos municipales | 76. Red de servicios |
| 85. Descarga de fluidos líquidos | 77. Eliminación de residuos sólidos |
| 87. Depósitos marítimos | 78. Barreras ecológicas |
| 88. Emisión de gases residuales | 79. Corredores |
| 89. Lubrificantes usados | D. Relaciones Ecológicas |
| I. Tratamientos químicos | 80. Salinidad de recursos hídricos |
| 90. Fertilización | 81. Eutrofización |
| 91. Descongelamiento de rutas | 82. Vectores de enfermedad (insectos) |
| 92. Estabilización química del suelo | 84. Salinidad de materiales superficiales |
| 93. Control de vegetación silvestre | 85. Invasión de hierbas dañinas |
| 94. Control de insectos (pesticidas) | E. Otros |
| J. Accidentes | |
| 95. Explosiones | |
| 96. Derrames y pérdidas | |
| 97. Fallas operacionales | |
| K. Otros | |

Fonte: Análisis y Evaluaciones de Impactos Ambientales, Almeida e Soares eds. 2008

Otros tipos de matrices han sido desarrolladas a partir de ésta, como por ejemplo la matriz RIAM (Matriz Estimativa de Rápido Impacto) que usa una matriz estructurada para permitir que, tanto los juicios subjetivos como los fundamentados en datos cuantitativos se hagan en una base de igual para igual, de tal forma que suministre un registro transparente y permanente de los juicios formados (Pastakia y Jensen, 1998).

Matriz referencial de impactos ambientales

Esta metodología, desarrollada por Lisboa da Cunha (comunicación personal) y su equipo técnico, es actualmente muy utilizada en Brasil en los estudios de impactos ambientales porque es bastante práctica y aceptada por los órganos ambientales. La matriz es construida con base en la caracterización actual de la región de implantación y es aplicada a la

dinámica de los componentes ambientales. Ésta identifica los impactos ambientales más significativos y/o críticos en cada medio ambiental físico, biológico y socioeconómico. El diagnóstico y el pronóstico tendrán apreciaciones separadas, siendo aquél evaluado primeramente, sin considerar el proyecto como existente, analizándose las opciones existentes de localización.

Las fases del proyecto para el análisis serán:

- Construcción (entendida como hipótesis de implantación de forma amplia);
- Operación

El análisis cuantitativo referente a la matriz será desarrollado a partir de la evaluación de las alteraciones ambientales incidentes en cada fase del proyecto, en los medios físicos, biológicos y antrópicos, y adoptará criterios de valores empíricos. De esa forma, el Medio Natural será expresado por los elementos físicos y biológicos contenidos dentro del área de estudio, observándose aquellas características que expresan la dinámica de los ecosistemas y no solamente las descripciones taxonómicas y físicas de sus elementos.

El medio antrópico va a considerar los aspectos que engloban la acción del hombre en la región, la funcionalidad de los asentamientos humanos y sus interdependencias socioeconómicas, culturales e históricas.

De manera más específica, se puede resaltar que la proposición del pronóstico de criterios potenciales, en relación a la contaminación del aire y del agua, a partir de la predicción por simulación, permitirá la discusión de escenarios de medio y largo plazo, posibilitando la introducción de propuestas que se consoliden como medidas mitigadoras para la operación ambientalista adecuada del nuevo proyecto.

Los criterios de los impactos pueden ser visualizados a través de los cuadros matriciales, en los cuales se hace una apreciación global y multidisciplinar. Cada factor ambiental que tuvo su magnitud comparativa evaluada es analizado por el especialista del área. También serán utilizadas las características diferenciales de orden, espacio y tiempo (impacto directo o indirecto; local, regional o estratégico; inmediato, medio o largo plazo; temporario o permanente; cíclico o irreversible).

Los atributos utilizados en esta matriz son presentados en el Tabla 4 a continuación:

Tabla 4– Matriz referencial de Impactos Ambientales (Lisboa da Cunha, comunicación personal)

| | CLASIFICACIÓN Y SÍNTESIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES | Proyecto | |
|-----------------------------|---|--------------------------|--------------------|
| | | Código | Cliente |
| | | Fecha | Página -- de-- |
| DESCRIPCIÓN DE LOS CAMPOS | | | |
| SÍNTESIS DEL IMPACTO | | | |
| REFERENCIA | : es la del capítulo que describe el impacto | | |
| FASE | : es el tiempo del proyecto | | |
| ACCIÓN | : acción hecha u obra que influenciará el medio | IMPLANTACIÓN / OPERACIÓN | |
| IMPACTO | : alteración del medio causada por la acción | | |
| CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO | | | |
| INCIDENCIA | : directo / indirecto | | |
| AMPLITUD | : puede ser local / regional / estratégico | | |
| PERIODICIDAD | : puede ser constante o intermitente | | |
| CARENCIA | : puede ser inmediato / corto / medio / largo plazo | | |
| RECURRENCIA | : es el intervalo de tiempo (cíclico) / temporario / permanente | | |
| REVERSIBILIDAD | : naturalmente reversible / reversible por intervención humana / irreversible | | |
| MAGNITUD | : es el grado cualitativo del impacto en el medio (negativo / positivo) | | |
| | NEGATIVO | SIN CRITERIO O BENEFICIO | POSITIVO |
| | -1 bajo criterio | | |
| | -2 medio criterio | 0 | +1 poco beneficio |
| | -3 alto criterio | | +2 medio beneficio |
| | -4 excesivo criterio | | +3 alto beneficio |

Fonte: Análisis y Evaluaciones de Impactos Ambientales, Almeida e Soares eds. 2008.

Redes de interacción

Son flujogramas que representan una secuencia de operaciones o interacciones entre componentes de un sistema. Por su naturaleza sistémica, las redes de interacción posibilitan la identificación de interacciones en varios sentidos entre sus componentes o compartimientos, permitiendo también la identificación de las influencias de esos impactos de orden superior sobre el impacto primario (“*feedback*”).

De este modo, las redes representan un avance en relación a los métodos anteriores, pues al establecer relaciones del tipo causas x condiciones x efectos, permiten una mejor identificación de los impactos y de sus interrelaciones. Además de presentar una red compuesta por los diversos efectos posibles, también indica acciones correctivas y mecanismos de control.

CONCLUSÃO

Como ya fue mencionado, no existe una metodología completa e ideal que atienda a los diferentes estudios de impacto ambiental existentes y sus respectivas fases. La selección de la(s) más apropiada(s), además de atender los requisitos y normas legales establecidos para la ejecución de los estudios, es función del tiempo, de los recursos financieros disponibles y, en algunos casos, de los datos existentes. Sin embargo, es importante seleccionar metodologías en la medida en que sus principios puedan ser utilizados o adaptados a las condiciones específicas de cada estudio ambiental y de cada realidad local y nacional.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. **Indicadores de impacto ambiental**. Lisboa: Editora Acadêmica, 1994.

ALMEIDA, J.R ; SOARES, P.S.M. **Análisis y Evaluaciones de Impactos Ambientales**, eds. Rio de Janeiro: CETEM/CMT, 2008

BISSET, R. **Métodos de avaliação de impacto ambiental**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1987.

BOLEA, E. **Planejamento ambiental: métodos e técnicas**. Lisboa: Instituto de Estudos Ambientais, 1980.

BOLEA, E. **Planejamento ecológico: uma abordagem integrada**. Lisboa: Instituto de Estudos Ambientais, 1984.

Métodos cartográficos y matrices de interacción en la identificación del impacto ambiental

BURSZTYN, M. **Fundamentos de política e gestão ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1994.

CANTER, L. W. **Environmental impact assessment**. 2. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1998. Disponível em: <https://www.worldcat.org/title/38584763>. Acesso em: 27 fev. 2025.

COX, L. A.; BABAYEV, D.; HUSHMANDI, N. A. **Some limitations of qualitative risk rating systems**. *Risk Analysis*, v. 25, n. 3, p. 651-662, 1993. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1539-6924.2005.00615.x>. Acesso em: 27 fev. 2025.

DOE, J. **Environmental impact assessment: guidelines**. Londres: Environmental Press, 1989.

GLASSON, J.; THERIVEL, R.; CHADWICK, A. **Introduction to environmental impact assessment**. 3. ed. Londres: Routledge, 2012.

INSTITUTION OF CHEMICAL ENGINEERS (IChemE). **Guidelines for hazard evaluation procedures**. Rugby: IChemE, 1985. Disponível em: <https://www.icheme.org>. Acesso em: 27 fev. 2025.

KAPLAN, S.; GARRICK, B. J. **On the quantitative definition of risk**. *Risk Analysis*, v. 1, n. 1, p. 11-27, 1981. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1539-6924.1981.tb01350.x>. Acesso em: 27 fev. 2025.

MAC HARG, I. L. **Design with nature**. Nova York: John Wiley y Sons, 1969. Disponível em: <https://archive.org/details/designwithnature00mcha>. Acesso em: 27 fev. 2025.

MOREIRA, I. **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. Lisboa: Editora Técnica, 1990.

MUNN, R. E. **Environmental impact assessment: principles and procedures**. 2. ed. Chichester: John Wiley y Sons, 1979. Disponível em: https://archive.org/details/environmentalimp0000unse_n2i4. Acesso em: 27 fev. 2025.

ROYAL SOCIETY. **Risk: analysis, perception and management**. Londres: The Royal Society, 1992. Disponível em: <https://royalsociety.org>. Acesso em: 27 fev. 2025.

SADLER, B. **Environmental assessment in a changing world: evaluating practice to improve performance**. Ottawa: Canadian Environmental Assessment Agency, 1996. Disponível em: <https://www.ceaa.gc.ca>. Acesso em: 27 fev. 2025.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2013. Disponível em: <https://www.ofitexto.com.br>. Acesso em: 27 fev. 2025.

WESTMAN, W. E. **Ecology, impact assessment, and environmental planning**. Nova York: John Wiley y Sons, 1985.



Este trabalho está licenciado com uma Licença [Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).