

CAPÍTULO 1

ENGENHARIA, NATUREZA E RECURSOS NATURAIS

CARLOS ROBERTO MONTEIRO DE ANDRADE
MARCELO ZAIAT

Os principais conceitos apresentados neste capítulo são os de natureza, cultura, energia e recursos naturais. São vistos, também, os conceitos de sociedades nômades e sociedades sedentárias. É discutida a noção de engenharia, em especial de engenharia ambiental.

1.1 INTRODUÇÃO

Falar em engenharia – atividade cuja característica principal é a transformação da natureza, ou, conforme definição do *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa* (Houaiss, 2001), a “*aplicação de métodos científicos ou empíricos à utilização dos recursos da natureza em benefício do ser humano*” – exige falar, também, em natureza. Principalmente quando se fala de engenharia ambiental, habilitação relativamente recente – ao menos na denominação – da engenharia, que tem como objeto principal o meio ambiente. Entretanto, também a ideia de cultura tem de ser abordada quando se analisam as relações dos homens com a natureza ao longo da história.

1.2 NATUREZA E CULTURA

Na história das sociedades humanas, as relações que os homens estabelecem com a **natureza** – entendida esta como o mundo material, em especial aquele em que vivemos e que independe de nós, mas também, ainda conforme o *Dicionário Houaiss* (Houaiss, 2001), é “*o conjunto de elementos do mundo natural*”, ou “*o universo, com todos seus fenômenos*” – sempre foram distintas para cada **sociedade** e também para cada **período histórico**.

A diversidade das culturas entre os homens – organizados em sociedades – expressa, de modo particular, suas relações com a natureza. O próprio termo cultura significa, originalmente, “*ação, processo ou efeito de cultivar a terra*” (Houaiss, 2001), referindo-se à lavoura, ao “*cuidado com o crescimento natural*” (Williams, 2007), indicando que é no modo como trabalhamos a natureza que construímos nossa cultura.

Mais ainda, a palavra “cultura” vem do latim *colere*, que significa, além de cultivar, habitar (daí o termo colônia e o verbo colonizar), proteger e “*honrar com veneração*” (*cultus*, que dá origem a “culto” e “cultuar”).

Poderíamos mesmo afirmar que já no modo como representamos a natureza, ou como cada sociedade representa o mundo natural, constituímos uma dada relação com a natureza, seja nos percebendo como parte constitutiva e inseparável dela ou, então, pretendendo dominá-la para nossos fins, a partir de uma relação de exterioridade com ela. Portanto, a engenharia ambiental pressupõe e implica certa ideia de natureza e também de cultura, que deve ser considerada e discutida principalmente por aqueles que vão atuar nesse campo técnico-profissional.

A palavra em grego para “Natureza” é *φύσις* (*physis*). Corresponde ao vocábulo latino *natura*, “*a partir da raiz do particípio passado do latim nasci (nascere) – do qual também derivam nação [nation], nativo [native], inato [innate]*” (Williams, 2007). Natureza pode ser vista, filosoficamente, em pelo menos dois sentidos: como “*a natureza de um ser*” (Mora, 1971), que é seu sentido mais antigo, ou como “*a Natureza*”, ou seja, “*o próprio mundo material, incluídos ou excluídos os seres humanos*” (Williams, 2007), que é o sentido que nos interessa aqui, ainda que Mora (1971) nos lembre que nem sempre esses sentidos são independentes. A filosofia no ocidente, dos filósofos pré-socráticos aos contemporâneos, sempre pensou e problematizou a natureza conforme significados diversos, correspondentes a cada sociedade, ao espírito da época, às ideologias vigentes.

Em seu curso sobre o conceito de Natureza, ministrado no *Collège de France* nos anos de 1957 a 1960, o filósofo francês Maurice Merleau-Ponty (1908-1961) estudou as variações do conceito de Natureza desde a antiguidade até o século XX, e afirmou que “*a Natureza é diferente do homem; não é instituída por ele, opõe-se ao costume, ao discurso*” (Merleau-Ponty, 2000). Aristóteles, ao conferir à Natureza um caráter finalista – para ele a Natureza não teria feito nada em vão, tendo sempre algum fim –, o que também aparece nos relatos da Bíblia,¹ ao mesmo tempo em que a divide em regiões com qualidades próprias, “*lugares de certos fenômenos naturais*”, vê nela “*a realização, mais ou menos bem-sucedida, desse destino qualitativo dos corpos*” (Merleau-Ponty, 2000).

Tal concepção, com pequenas alterações, sobreviveu até a Inglaterra da virada dos séculos XVII para XVIII, quando, como observa o historiador inglês Keith Thomas (Thomas, 1983), “*a visão tradicional era que o mundo fora criado para o bem do homem e as outras espécies deveriam se subordinar a seus desejos e necessidades*”. Tal ponto de vista antropocêntrico ainda é vigente, e mesmo dominante, na maioria das sociedades contemporâneas e constitui um ponto-chave na discussão sobre a questão ambiental nos dias atuais.

Mas, mais ainda, Thomas nos diz que, a partir do Renascimento, “*não foram as descobertas científicas que provocaram a mudança da ideia de Natureza. Foi a mudança da ideia de natureza que permitiu essas descobertas*”. Destaca, assim, a importância de certa ideia-chave, como, no caso, a de Natureza, para entendermos como o homem interage com ela, transformando-a a partir de seu trabalho. Não se trata aqui de realizarmos uma abordagem filosófica da ideia de Natureza, como fez Merleau-Ponty em suas aulas,² mas de apenas apontarmos suas profundas implicações filosóficas. Desse modo, no mesmo período histórico em que a figura do engenheiro surgia na sociedade europeia, por volta dos séculos XIV e XV, nas repúblicas que deram origem à Itália, uma nova ideia de natureza foi se constituindo, marcada cada vez mais pela exterioridade do homem em relação a ela e, segundo uma perspectiva que buscava dominá-la, pelo controle de suas forças e exploração de suas potencialidades para atender aos fins utilitários dos ho-

¹ Trecho do livro do Gênesis, no Velho Testamento: “*Temam e tremam em vossa presença todos os animais da terra, todas as aves do céu, e tudo o que tem vida e movimento na terra. Em vossas mãos pus todos os peixes do mar. Sustentai-vos de tudo o que tem vida e movimento*” (Gênesis, IX, 2-3).

² “*A Natureza é um objeto enigmático, um objeto que não é inteiramente objeto; ela não está inteiramente diante de nós. É o nosso solo, não aquilo que está adiante, mas o que nos sustenta.*” (Maurice Merleau-Ponty)

mens. A ciência moderna, assim como a teoria e a prática da engenharia, vão se desenvolver a partir dessa concepção de natureza.

Em relação à ideia de cultura, uma concepção dominante é a de que o homem é o único animal capaz de criar cultura, entendendo-se por esta o conjunto integrado de características de comportamento de um determinado grupo social ou sociedade, mas também os resultados – materiais e imateriais – de sua produção socioeconômica. Podemos também dizer que o homem se diferencia dos animais pela sua capacidade de adaptação ao meio. Se no caso dos animais, a adaptação às condições do meio ambiente é principalmente – embora não apenas – fisiológica, no caso do homem a adaptação é muito pouco fisiológica e, sobretudo, cultural, o que envolve mudança de hábitos e de procedimentos. Isso não significa que a cultura de certa sociedade seja determinada principalmente pelo meio, como pensa a teoria mesológica, mas, sem dúvida, este irá interferir em padrões culturais e soluções tecnológicas.

Para o antropólogo francês Claude Lévi-Strauss (1908-2009), “*a cultura não se justapõe simplesmente à vida, nem se superpõe a ela; mas, por um lado, serve de substituto à vida e, por outro, serve-se dela e a transforma para efetuar a síntese de uma nova ordem*” (Lévi-Strauss, 2009, publicado originalmente em 1949).

Ao falarmos em Natureza e Cultura, porém, já não carregamos implícita uma separação entre elas? Em quase todos os mitos de origem, a cultura se opõe à natureza, e também podemos verificar tal transcendência do homem em relação à Natureza em inúmeras religiões, como no judaísmo, no cristianismo e no islamismo. As leis naturais não alcançariam, então, a cultura, e tampouco o espírito (no pensamento judaico-cristão), que seriam autônomos em relação à Natureza e característicos exclusivamente do homem. Mas a antropologia ecológica nos indica outra resposta ao afirmar que a cultura também está sujeita às leis que governam os seres vivos. É assim que há limites para se impor culturas aos sistemas ecológicos. Ou seja: “*em resposta às alterações ambientais, as culturas devem se transformar (...), senão os organismos produtores delas perecerão ou as abandonarão*” (Rappaport, 1982, publicado originalmente em 1971).

Desse modo, é fundamental, na relação que se estabelece entre o Homem e a Natureza (aqui as duas palavras com maiúscula), o fato de que “*a natureza é vista pelos homens através de uma tela composta de crenças, conhecimentos e intenções, e os homens agem a partir de suas imagens culturais da natureza, e não a partir da estrutura real da natureza*” (Rappaport, 1982, publicado originalmente em 1971), o que é decisivo para entendermos as relações dos homens com o meio ambiente.

1.3 NÔMADES E SEDENTÁRIOS: FORMAS DISTINTAS DE SE RELACIONAR COM A NATUREZA

Dentre as diversas formas das sociedades se relacionarem com a natureza, aquela que distingue os **nômades** dos **sedentários** é fundamental no que diz respeito à construção dos territórios e suas territorialidades. A imagem que nós – homens urbanos por excelência, sedentários – fazemos dos nômades é a de hordas de miseráveis vagando sem rumo, atravessando fronteiras. Multidões famintas saqueando cidades, vilas, povoados e fazendas; guerreiros que tudo destroem em sua contínua travessia. Eis a saga de povos nômades vista por sedentários.

A cidade, em sua origem, constituiu-se como aparelho militar, arma de defesa com seus muros, fossos e portas, controlando fluxos e passagens, criando alfândegas e barreiras. *Polis versus Nomos*, eis como a história da humanidade, por milhares de anos, marcou as diferenças entre formas de territorialidades radicalmente distintas, a dos nômades em oposição à dos sedentários ou, se quisermos, urbanos, uma vez que a cidade é a forma acabada do sedentarismo como modo de construção do território.

Nômades, deslocando-se pela mata, as sociedades que se encontravam no território que hoje chamamos Brasil desenvolveram uma arquitetura totalmente adaptada à floresta. Utilizando-se fundamentalmente de

madeira e fibras vegetais para construir seus abrigos e outras construções, sua arquitetura era leve e descartável. Permeando e articulando as formas de sociabilidade no âmbito do grupo familiar, bem como do grupo social como um todo, eram fundamentais a forma e localização das casas, dos caminhos e trilhas, dos pátios e das roças, dos lugares específicos e da aldeia como um todo.

A arquitetura dos nômades da floresta é totalmente integrada a uma forma de territorialidade antis-sedentária, marcada pela mobilidade. Embora inúmeros, se não quase todos, grupos indígenas existentes no Brasil em 1500 praticassem a guerra – ainda que sob formas e fins muito distintos da guerra moderna, como nos mostrou o antropólogo francês Pierre Clastres (1934-1977) em seu livro *Arqueologia da violência: ensaio de antropologia política* (Clastres, 1982) –, sua arquitetura não se caracteriza como militar, apesar da adoção do círculo ou da elipse como traçado do assentamento que demarca um espaço circunscrito. Se pode haver uma razão defensiva nessas formas, ao mesmo tempo elas expressam – mais que isso, tecem – os profundos liames de modos de sociabilidade que aglutinam suas comunidades.

Civilização da palha, as sociedades florestais dominaram essa tecnologia de modo bastante aperfeiçoado, sem comprometer as condições ecológicas de seu hábitat, mas interagindo com elas de modo harmônico e sustentável, para usarmos um termo atual. Sociedades contra o Estado (Clastres, 1978), os nômades da floresta, que habitavam o que veio a ser o Brasil, faziam de sua territorialidade nômade um dos modos de impedir o surgimento de um poder que se exercesse, de fora, sobre o conjunto da sociedade. Com a chegada dos europeus, inicia-se o processo de sedentarização, e a noção de poder que chega com eles é a de quem tem poder manda, ao contrário daquela das sociedades florestais, nas quais o chefe não manda.

Construtores de cidades por excelência, os europeus adotaram, desde o início, a estratégia de fixação dos grupos nômades, atingindo suas culturas pela destruição de sua forma de territorialidade. Cidades, reduções e reservas foram as formas urbanas impostas aos indígenas brasileiros, visando a transformá-los em dóceis trabalhadores. Submeter-se a essa política dita de integração, ou à morte, foram as únicas opções oferecidas pelos colonizadores aos povos que já habitavam o Brasil, o que resultou no massacre de dezenas de culturas com suas arquiteturas peculiares e uma rica diversidade de formas e soluções construtivas. Em seu lugar, passaram a ser erguidos edifícios de barro ou pedra, fortalezas e muralhas resistentes, introduzindo uma arquitetura rude e pesada, que apenas pouco a pouco se adaptaria às condições tropicais.

Mas, às diferenças de territorialidades, concepções espaciais e arquitetura que marcam as culturas nômades e as sedentárias opõem-se, também, distintas concepções de natureza e de como se relacionar com ela. Ao longo da história, os registros de desastres ambientais antrópicos encontram-se sempre associados a sociedades urbanas, em especial aquelas que instauram um poder estatal, centralizado e calcado no controle dos recursos hídricos, e que implantam monoculturas em larga escala. Às grandes obras de engenharia hidráulica realizadas na antiguidade oriental correspondem, também, os primeiros processos de desertificação provocados pelo homem.

As considerações dadas buscam apenas suscitar questões, de natureza antropológica e filosófica, mas também histórica, sobre as quais o estudante e o profissional de engenharia ambiental devem refletir, levando em conta não apenas as implicações epistemológicas dos conceitos que utiliza, mas também os compromissos éticos e políticos de suas práticas, portanto, de seus projetos.

1.4 A ENGENHARIA E O AMBIENTE

De acordo com Levenspiel (2002), a primeira frase do estatuto do *Institute of Civil Engineers* (ICE), estabelecido na Inglaterra em 1811, define o objetivo do profissional de engenharia preconizado por aquela instituição: “(...) *dominar o poder e as forças da natureza em benefício da humanidade* (...)”. Nesse mesmo

sentido, o Professor Theodoro de Arruda Souto, primeiro diretor da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), da Universidade de São Paulo (USP), adotou, em 1952, o seguinte lema para a instituição de ensino de engenharia: “*Nesta casa se procura a verdade científica e a técnica de adaptação das energias da natureza a serviço da humanidade*”. Ainda que o termo “adaptar” amenize o “dominar” e que tenha se usado o termo “energia” (somente estabelecido em 1805) em lugar de “poder e força”, os dois conceitos indicam que a função do profissional de engenharia é a manipulação da matéria e da energia de forma a transformá-las em algo útil para a humanidade.

O notável desenvolvimento tecnológico que o mundo experimentou desde a Revolução Industrial demonstra que a humanidade tem conseguido, de forma muito eficiente, “*dominar o poder e as forças da natureza*”. No entanto, o que se entende por “*benefício da humanidade*” vem sofrendo complexas e amplas modificações desde que o ICE estabeleceu o principal objetivo desse instituto. Tais modificações estão, além de relacionadas com avanços no uso de materiais e energia, intimamente atreladas aos avanços do conhecimento científico sobre o ambiente e os recursos naturais. Assim, essa relação ser humano/ambiente tem dado novos contornos ao objetivo estabelecido pelo ICE em 1811 e pelo lema adotado pelo Professor Theodoro de Arruda Souto, em 1952, para uma instituição de ensino de engenharia.

Dessa forma, todo profissional de engenharia, de qualquer habilitação, deverá ter claros e bem definidos os conceitos de matéria e energia e das leis físicas que regem suas transformações, pois é assim que a engenharia tem se desenvolvido mesmo antes do objetivo maior ter sido explicitado no estatuto do ICE, sempre com base em transformações energéticas e materiais.

Matéria é tudo aquilo que ocupa lugar no espaço e tem massa. A matéria pode ser líquida, sólida ou gasosa e se conserva na natureza, não sendo criada ou destruída em qualquer sistema físico ou químico. Há apenas a transformação de uma forma em outra. Essa é a **lei da conservação das massas**, enunciada inicialmente em 1760, pelo cientista russo Mikhail Vasilyevich Lomonossov e comprovada experimentalmente e popularizada, anos mais tarde, em 1774, pelo químico Francês Antoine Laurent de Lavoisier como “*Na natureza, nada se perde, nada se cria, tudo se transforma*”. Assim, em um sistema reacional fechado, a massa permanece constante, ainda que tenha havido transformações.

A energia é definida, de forma geral, como a capacidade para realizar trabalho e pode ser de vários tipos, como cinética, potencial, química, térmica, magnética, entre outras. As formas de energia podem ser transformadas umas nas outras, mas nunca energia poderá ser criada ou destruída. Esse é o enunciado da **primeira lei da termodinâmica** ou lei da conservação da energia. De acordo com Castellan (1986), a primeira lei da termodinâmica é a expressão mais geral do princípio da conservação da energia, não sendo conhecida nenhuma exceção a essa lei.

Embora a primeira lei da termodinâmica estabeleça a conservação da energia, cabe à segunda lei estabelecer a direção natural da transformação de uma forma de energia em outra ou outras. Enquanto a primeira lei informa sobre a transformação de uma forma em outra, a segunda lei informa se essa transformação é possível na prática. O físico Marcelo Gleiser considera a **segunda lei da termodinâmica** como, talvez, a mais fascinante lei natural em seu artigo “Tempo, vida e entropia” (*A Folha de São Paulo*, 2002). Nesse texto, o físico brasileiro discute a influência da segunda lei em nosso dia a dia, principalmente porque ela mostra a direção do tempo, pois o sentido dos processos naturais vai de um estado organizado e termina em um estado menos organizado (aumento da entropia). Ou seja, em sistemas isolados, a desordem sempre aumenta, como no caso de um ovo que é quebrado para fazer uma omelete, a qual jamais será transformada novamente em um ovo. As leis da termodinâmica serão exploradas também no Capítulo 7.

Em resumo, de acordo com primeira lei da termodinâmica, a energia se conserva nos processos de transformação e, de acordo com a segunda lei, tais processos possuem uma direção natural. A combinação das duas leis, dessa forma, permite prever a situação de equilíbrio e qual fração da energia total do sistema

pode ser extraída como trabalho útil, levando ao conceito de exergia (Levenspiel, 2002). Tal conceito se refere ao máximo de trabalho que se pode extrair, ou o menor dispêndio necessário para uma dada transformação.

Um exemplo bastante interessante para o entendimento prático das duas leis da termodinâmica é apresentado por Castellan (1986) e será aqui adaptado. Considerando um sistema composto de uma bola acima de um copo com água, energia potencial será convertida em energia cinética se a bola for solta. No processo final, a bola repousará no fundo do copo. Durante a queda, a bola ganha energia cinética enquanto perde energia potencial. E, ao final do processo, a bola em repouso no fundo do copo indica a posição de equilíbrio, o que pode levantar o questionamento sobre o “desaparecimento” da energia, contrariando a primeira lei da termodinâmica. Na verdade, se a temperatura da água for medida antes e depois de se soltar a bola, ficará evidente que a temperatura será superior depois que a bola atingir o fundo do copo, indicando a transformação de energia potencial em energia térmica. Assim, de acordo com a primeira lei da termodinâmica, a energia do sistema (bola + copo com água) será a mesma na situação um (bola acima do copo) e na situação dois (bola em repouso no fundo do copo). Já a segunda lei estabelece que há um sentido natural nesse processo (queda da bola e repouso no fundo do copo). Não seria natural que a bola emergisse do copo, voltando à posição acima dele.

Finalmente, entendendo de forma geral e combinando a lei de conservação das massas com as duas leis da termodinâmica, fica claro que todo processo ocorre com **conservação da massa e da energia** e que há um **sentido natural** para tal transformação, sendo que a energia é sempre transformada de uma forma mais útil para uma menos útil. Assim, se forem analisados os processos de transformação, haverá sempre a obtenção do produto ou dos produtos desejados ou de um tipo de energia desejada conjugada com a obtenção de vários produtos não desejados ou de baixo valor (subprodutos) e de formas de energia não úteis. Tais matérias e energias não aproveitadas em um processo de transformação podem ser despejadas no ambiente. Esse lançamento pode resultar em alterações deletérias, configurando a poluição do meio. Assim, dessa análise simplista de fenômenos complexos, mas conclusiva, fica claro e estabelecido o conceito de poluição ambiental.

O conceito de poluição da água, do ar e do solo, que permeará diversos capítulos deste livro, não é simples e está associado a vários fatores, como desbalanceamento dos ciclos biogeoquímicos (Capítulo 7), alterações no meio que levam a danos à saúde dos seres humanos (Capítulo 5), alterações no meio que impedem ou restringem seu uso, e mesmo alterações na paisagem. No entanto, o entendimento das relações de causa e efeito passa, obrigatoriamente, pela compreensão dos fundamentos, iniciando pelas leis de conservação de massa e energia e pela segunda lei da termodinâmica, “*provavelmente a mais fascinante em toda a ciência*”, conforme declarado por Levenspiel (2002).

Nesse ponto é que se torna importante uma discussão acerca da relação entre engenharia e ambiente, principalmente por serem os profissionais de engenharia os maiores responsáveis pelos processos de transformação e pelo projeto e pela operação de aparatos tecnológicos que, desde a Revolução Industrial, vêm transformando a vida da humanidade no planeta. Desde a criação da máquina a vapor, engenheiros vêm aplicando os fundamentos das ciências básicas e os transformando em tecnologias que geralmente visam ao benefício da humanidade. Diversos processos industriais foram concebidos e máquinas e equipamentos foram criados, sempre com base nos princípios científicos e nas leis básicas de funcionamento de nosso universo e tendo, como ponto comum, o uso dos recursos naturais e os processos de transformação da matéria e de conversão de energia.

No entanto, ainda que a base de toda a engenharia seja a mesma em qualquer das habilitações, e que os princípios básicos utilizados para desenvolvimento de aparatos tecnológicos sejam os mesmos que regem a relação entre engenharia e ambiente, a atenção sempre esteve mais voltada a satisfazer as necessidades mais prementes dos seres humanos. Assim, o “*benefício da humanidade*” estaria relacionado à satisfação

das necessidades mais imediatas e, em uma sociedade capitalista, aos interesses do mercado. Recentemente, no entanto, dentro do contexto histórico apresentado neste capítulo, com a tomada de consciência global acerca das relações de causa e efeito no que concerne ao ambiente, a engenharia vem se modificando dia a dia a partir do entendimento que os conceitos básicos que regem o funcionamento das máquinas e dos processos de transformação são os mesmos que definem os impactos ambientais decorrentes do desenvolvimento desses aparatos ou da aplicação dos processos transformadores.

Nesse sentido, a busca por processos e máquinas mais eficientes, com menores perdas energéticas e com menores desperdícios materiais, tem sido constante e já é realidade na engenharia mundial. As buscas por substituição dos recursos naturais não renováveis pelos renováveis, por recuperação e valorização de subprodutos de processos de transformação, por práticas de aproveitamento energético com maximização do trabalho obtido são realidade na engenharia e vão em direção à adequação ambiental dos processos, ainda que a motivação seja, principalmente, econômica.

É certo que, com toda a tecnologia empregada, as leis da conservação, e principalmente a segunda lei da termodinâmica, são “implacáveis”, e a geração de resíduos será inevitável, ainda que mínima. No entanto, os princípios científicos utilizados para o desenvolvimento tecnológico em geral são os mesmos que serão empregados para o desenvolvimento de tecnologias para o controle da poluição, ou seja, para converter materiais e energia que serão lançados no ambiente, minimizando os impactos desses lançamentos.

Portanto, chega-se aqui a uma clara relação entre engenharia e ambiente, a qual tem um pouco de relação de “amor e ódio”, mas que parece caminhar para um bom termo e para o que se chama de sustentabilidade, termo complexo e amplo que será objeto específico do Capítulo 6. Assim, o papel da engenharia vem se modificando e se ampliando dentro do mesmo objetivo traçado pelo ICE e do lema estabelecido pelo Professor Theodoreto Souto, principalmente pelo fato de o entendimento sobre o “*benefício da humanidade*” estar em constante evolução e, também, pelo fato de o avanço do conhecimento científico jogar luzes em pontos que ainda estavam obscuros, tanto nas ciências básicas quanto nas aplicadas.

Assim, todo engenheiro, de qualquer habilitação, com conceitos básicos sólidos em ciências básicas e com conhecimentos, ainda que básicos, das leis da conservação e da segunda lei da termodinâmica, está municiado com valiosas ferramentas para cumprir o objetivo de manipular matéria e energia realmente em benefício da humanidade, com respeito ao ambiente que nos acolhe.

Bem, se é verdade que todo engenheiro deve ter conhecimentos básicos e atuar com responsabilidade em relação ao ambiente, há a necessidade de uma engenharia com habilitação na área ambiental, ou seja, é necessário formar Engenheiros Ambientais? Não bastaria que todos os engenheiros tivessem as bases fundamentais que permitissem uma atuação mais responsável em relação ao meio ambiente? Qual o sentido de formar um profissional especificamente para a área ambiental? Não é contraditório que a profissão que mais causa impacto no meio tenha uma habilitação na área ambiental?

Todas essas perguntas têm sido feitas não só por estudantes, mas por universidades e associações de classe. Antes, porém, de entrar no próximo item, no qual esses questionamentos serão respondidos de forma ampla, uma resposta simples pode ser dada, a qual sumariza tudo que será apresentado a seguir: Sim, a Engenharia Ambiental é necessária e, mais que isso, tende a se consolidar como uma grande área da engenharia.

1.5 UMA ENGENHARIA CHAMADA AMBIENTAL

Antes de qualquer coisa, é importante salientar que a Engenharia Ambiental é um curso de Engenharia, ou seja, uma Engenharia com habilitação Ambiental. Embora óbvia, essa explicação deve ser dada, pois muita

confusão tem sido feita com essa nova carreira, desde a escolha errada por alunos do Ensino Médio, que ingressam no curso atraídos pela “questão ambiental”, até a elaboração de grades curriculares e projetos pedagógicos equivocados.

No caso da escolha dos alunos, o maior problema está no fato de muitos buscarem uma carreira que trate de questões ambientais. Nessa busca, muitos “caem” na Engenharia Ambiental sem se dar conta de que escolheram um curso de Engenharia. A base de todas as engenharias é a mesma: forte fundamentação nas ciências básicas e aplicação dos conceitos fundamentais para a geração, o aprimoramento, a análise, a simulação e a aplicação de tecnologias. Em suma, o engenheiro, por meio de linguagem matemática, usa os conceitos científicos, consolidando-os em equipamentos, processos e produtos. Cada modalidade da engenharia usa esses conceitos para aplicações específicas e é natural que algumas das modalidades usem mais uma ciência básica que outra.

Como primeiro exercício, avalie um motor a combustão e seu princípio de funcionamento e tente associar, a esse equipamento, todos os conceitos que foram necessários para produzi-lo e para o seu funcionamento. Outro exercício é avaliar um processo de produção de cerveja, com todos os equipamentos necessários para, de forma sequenciada, partir de matérias-primas até se chegar ao produto final. A análise da construção de uma ponte pode ser outro exercício interessante. Quais conceitos das ciências básicas foram envolvidos? Essa consolidação dos conceitos básicos de física, química e biologia por meio da linguagem matemática em aparatos tecnológicos como o motor a combustão, uma ponte ou o processo de produção da cerveja são os objetos da engenharia e são alguns exemplos de “obras da engenharia”.

O Engenheiro Ambiental, da mesma forma que as outras habilitações da engenharia, como, por exemplo, Mecânica, Química e Civil, representadas nos exemplos anteriores, usa conceitos básicos de química, física e biologia, por meio de linguagem matemática, para a avaliação, a prevenção, a mitigação e, muitas vezes, a remediação de impactos ambientais.

É possível trabalhar com a questão ambiental em qualquer carreira, de Ciências Sociais a Geologia, de Direito a Astronomia, de Pedagogia a Engenharia Elétrica, incluindo todos os cursos de ciências básicas (química, física, biologia e matemática). A Engenharia Ambiental é uma dessas carreiras, obviamente com temática mais direcionada para a área. No entanto, o “tema ambiental” não deve ser o único fator decisivo para a escolha dessa carreira.

No caso de grades curriculares e projetos pedagógicos equivocados, naturais até certo ponto para novas carreiras, o maior problema está no entendimento geral sobre as bases de sustentação do curso. Para ser mais claro, ainda que repetitivo, as bases de sustentação devem estar nas ciências básicas, pilares de qualquer curso de engenharia. Disciplinas de formação básica específica devem fazer a ponte entre os conceitos fundamentais e a aplicação tecnológica, sempre por meio de linguagem matemática. No final, devem estar as disciplinas mais tecnológicas, com aplicação mais direta dos conceitos já consolidados. O curso deve ser equilibrado nesses três grupos (conceitos fundamentais, formação básica específica e aplicação tecnológica), sendo os dois primeiros os mais importantes e que fornecem uma formação mais sólida. As falhas aparecem principalmente quando se negligencia a formação básica ou quando importância não é dada à ponte que liga as ciências básicas ao desenvolvimento tecnológico. Nesse caso, os cursos ficam desbalanceados e podem levar a problemas graves de formação dos profissionais.

Problemas mais graves ainda podem ser detectados quando os cursos de Engenharia Ambiental são “confundidos” com outras habilitações da engenharia, como a de Produção. Seria interessante um curso de Engenharia de Produção Ambiental como há os de Produção Mecânica ou Química, por exemplo? Essa questão não será discutida e a resposta não será dada aqui por não ser esse o objeto deste livro, mas certamente muitos cursos estão conformados mais como uma modalidade da Engenharia de Produção, e

não como Engenharia Ambiental. Em outros casos mais graves, os cursos de Engenharia Ambiental são formatados como cursos de Gestão Ambiental, uma carreira da área das Ciências Humanas.

A Engenharia Ambiental é única. Essa afirmação tem muitas consequências, desde a concepção de grades curriculares que não devem atrelar essa habilitação a nenhuma outra, até a questão das atribuições profissionais (apresentadas no Capítulo 6). O fato de todas as habilitações da Engenharia terem conteúdos na área ambiental e de todos os engenheiros terem conhecimento de questões ambientais, principalmente as de causa e efeito, não transforma todos os engenheiros, de qualquer modalidade, em Engenheiros Ambientais. Do mesmo modo, engenheiros de qualquer modalidade com alguma especialização na área ambiental não se convertem em Engenheiros Ambientais. Essa discussão não está baseada em nenhuma regulamentação profissional de qualquer Conselho, mas na questão didático-pedagógica e na filosofia educacional do curso.

A Engenharia Ambiental é única porque leva a uma formação básica com conceituação, além da física e de matemática comuns a todas as engenharias, em química de forma mais aprofundada e de certa forma diferenciada das habilitações Química, Metalúrgica, Alimentos e Materiais, que também possuem forte fundamentação química. Além disso, é a única das engenharias com maior fundamentação em biologia, ecologia e ecossistemas, de forma a levar o Engenheiro Ambiental a uma visão mais ampla do ambiente e dos processos naturais. Todas essas ferramentas conceituais adquiridas dão ao Engenheiro Ambiental uma visão privilegiada acerca dos fenômenos físicos, químicos e biológicos. Essa formação leva a uma aplicação também diferenciada das disciplinas que fazem a ponte das ciências básicas com a aplicação tecnológica, o que certamente resulta em visão própria e particular na caracterização ambiental, na avaliação de impactos ambientais e na aplicação de tecnologias, seja para a prevenção ou o controle da poluição ambiental.

Essa formação da Engenharia Ambiental, com conceitos próprios e visão particular, certamente a levará a se consolidar como uma grande área da Engenharia, como é o caso das Engenharias Civil, Química, Elétrica e Mecânica. Ainda que isso não ocorra nas esferas burocráticas, essa consolidação se dará certamente na atuação profissional e no reconhecimento do Engenheiro Ambiental como aquele com visão própria e única aplicada à transformação dos recursos naturais, ponto de partida de todo processo de engenharia.

Para exemplificar quais os campos de atuação do profissional formado em Engenharia Ambiental, é apresentada a Tabela 1.1, que constava da versão final do projeto de resolução que dispõe sobre as atividades, a atribuição de títulos e as competências nos campos profissionais abrangidos pelas diferentes modalidades das categorias profissionais de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Agronomia e demais profissões inseridas no Sistema do Conselho Federal de Engenharia e Arquitetura e Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (Confea/Crea), o qual foi apreciado em sessão plenária do Confea no ano de 2004. Esse projeto de resolução propunha considerar os campos profissionais interdisciplinares (Produção, Ambiental, Automação e Controle, Têxtil, Alimentos, e Materiais) como modalidades individualizadas.

Essa proposta foi baseada em sugestão oficial enviada pela Escola de Engenharia de São Carlos da USP ao Confea em 19 de agosto de 2004. Na proposta, a Comissão Coordenadora do Curso de Engenharia Ambiental da EESC-USP sugeriu a criação do Campo Profissional da Modalidade Ambiental, dentro da Categoria Profissional da Engenharia. Foi sugerido, também, que fossem revistos os setores de “Meio Ambiente” apresentados por todas as modalidades, principalmente as apresentadas pelas modalidades Civil e Química, a fim de serem adequadas às realidades dos projetos pedagógicos desses cursos.

O projeto de resolução, apresentado pelo Professor Ruy Carlos de Camargo Vieira, um dos primeiros, senão o primeiro, a propor a criação da Engenharia Ambiental no Brasil (como Engenharia Ecológica, ainda no início dos anos 1970), não foi aprovado dessa forma e tomou os contornos apresentados na Resolução 1.010 do Confea, publicada em 22 de agosto de 2005, na qual as atribuições da Engenharia Ambiental ficaram dentro da Modalidade Civil.

Tabela 1.1 Proposta de atribuições para Engenharia Ambiental apresentada na versão final do projeto de resolução que dispõe sobre as atividades, atribuição de títulos e competências nos campos profissionais abrangidos pelas diferentes modalidades das categorias profissionais de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Agronomia e demais profissões inseridas no Sistema Confea/Crea

SETORES	SUBSETORES
Tecnologia Ambiental	Ações Mitigadoras de Impactos Ambientais. Controle da Poluição das Águas. Tratamento de Águas Residuárias Industriais. Tratamento de Esgoto Doméstico. Tratamento de Águas de Abastecimento Público e Industrial. Técnicas de Reúso de Água. Controle da Poluição do Ar. Controle da Poluição do Solo. Coleta e Destino de Resíduos Sólidos. Reaproveitamento e Reciclagem de Resíduos Sólidos. Remediação e Biorremediação de Solos e Águas Contaminadas. Projeto, Construção e Operação de Equipamentos para Controle Ambiental (Água, Ar e Solo)
Gestão Ambiental	Avaliação de Impactos Ambientais. Monitoramento Ambiental. Adequação Ambiental de Empresas. Planejamento Ambiental em Áreas Urbanas e Rurais. Licenciamento Ambiental
Geotecnia Ambiental	Recuperação de Áreas Degradadas. Remediação de Solos Degradados. Prevenção e Recuperação de Processos Erosivos. Aplicação de Tecnologias de Investigação Geoambiental. Avaliação de Impactos Geoambientais. Prevenção de Desastres Geoambientais. Aquisição, Pré-processamento, Gerenciamento e Análise de Dados obtidos por SIG e Sensoriamento Remoto
Recursos Energéticos Renováveis	Conservação de Energia. Fontes Alternativas e Renováveis de Energia. Adequação Energética de Empresas
Hidrologia e Recursos Hídricos	Aproveitamento de Recursos Hídricos. Captação de Mananciais Superficiais e Subterrâneos e Abastecimento de Água. Controle de Enchentes. Análise Estatística de Eventos Hidrológicos. Regularização de Vazão. Aproveitamentos Hidrelétricos. Sistemas de Irrigação
Engenharia Legal	Avaliações, Perícias e Arbitragens no âmbito da Modalidade

No entanto, independentemente da Resolução Confea nº 1.010/2005 não ter avançado como se esperava em relação às atribuições da Engenharia Ambiental, tal resolução é aberta e abrangente e explícita, no seu Anexo II, que diz:

“A atribuição de competências, para egressos de cursos que venham a registrar-se no Crea, em cada Campo de Atuação Profissional caberá à respectiva Câmara Especializada do Crea, e em conformidade com as disposições estabelecidas na Resolução nº 1.010, de 2005, e na Resolução nº 1.016, de 25 de agosto de 2006, dependerá rigorosamente da profundidade e da abrangência da capacitação de cada profissional, no seu respectivo nível de formação, no âmbito de cada campo de atuação das profissões inseridas no Sistema Confea/Crea, com a possibilidade de interdisciplinaridade dentro de cada Categoria, em decorrência da flexibilidade que caracteriza as Diretrizes Curriculares, conforme explicitado na própria estrutura da Resolução nº 1.010, de 2005.”

Isso significa que, ao contrário do procedimento, que em muitos casos estava se cristalizando no âmbito do Sistema Confea/Crea, de se conceder atribuições idênticas indistintamente a todos os egressos de determinado curso com base apenas no critério da denominação do curso, e não do currículo escolar efetivamente cursado, passa-se agora a um exame rigoroso da profundidade e da abrangência da capacitação obtida no curso, para, então, serem concedidas as atribuições de competência pelas Câmaras Especializadas respectivas do Crea.”

Atrelar a Engenharia Ambiental à Civil poderia ter constituído erro histórico não fosse a forma de atribuição estabelecida pela Resolução Confea nº 1.010/2005 anteriormente explicitada, mais flexível, com base na capacitação obtida no curso.

A história da Engenharia Ambiental está apenas começando se comparada a habilitações tradicionais e seculares. A evolução dessa carreira se dará pelo claro entendimento de que os profissionais, antes de serem treinados para a aplicação de tecnologias de controle de poluição ou o uso de instrumentos de gestão ambiental, necessitam de sólidos conceitos fundamentais e de uma concepção peculiar da relação entre o ser humano e o ambiente.

1.6 CONCLUSÃO

A relação entre engenharia e ambiente passa pelo entendimento da relação entre ser humano e natureza e, principalmente, pelas distintas concepções de natureza. Além disso, tal relação passa pela compreensão das leis de conservação da matéria e da energia e de transformação energética. A relação do engenheiro, principalmente do Engenheiro Ambiental, com o ambiente pressupõe, além do conhecimento profundo das ciências básicas e da tecnologia, um entendimento amplo da relação do homem com a natureza e de como essa relação varia em diferentes culturas.

REVISÃO DOS CONCEITOS APRESENTADOS

- ▷ As relações que os homens estabelecem com a natureza sempre foram distintas para cada sociedade e também para cada período histórico.
- ▷ A ciência moderna e a engenharia se desenvolveram a partir de uma concepção de natureza marcada, cada vez mais, pela exterioridade do homem em relação a ela e segundo uma perspectiva que buscava dominá-la, controlar suas forças e explorar suas potencialidades para atender aos fins utilitários dos homens.
- ▷ A diversidade das culturas entre os homens expressa, de modo particular, suas relações com a natureza.
- ▷ Às diferenças de territorialidades, concepções espaciais e arquitetura que marcam as culturas nômades e as sedentárias, opõem-se, também, distintas concepções de natureza e de como se relacionar com ela.
- ▷ Todo profissional de engenharia, de qualquer habilitação, deverá ter claros e bem definidos os conceitos de matéria e energia e das leis físicas que regem suas transformações.
- ▷ Se forem analisados os processos de transformação, haverá sempre a obtenção do produto ou dos produtos desejados ou de um tipo de energia desejada conjugada com a obtenção de vários produtos não desejados ou de baixo valor (subprodutos) e de formas de energia não úteis.

- ▷ O Engenheiro Ambiental utiliza conceitos básicos de química, física e biologia, por meio de linguagem matemática, para a avaliação, a prevenção, a mitigação e, muitas vezes, a remediação de impactos ambientais.

SUGESTÕES DE LEITURA COMPLEMENTAR

- ▷ Artigo de Washington Novaes, intitulado “Os estranhos caminhos de um pedaço do Brasil”, publicado em *O Estado de São Paulo* em 27 de janeiro de 2012, na página 2. No texto, Novaes comenta o livro recém-publicado pelo também jornalista Marco Antônio Tavares Coelho, “Rio Doce – a espantosa evolução de um vale”. Belo Horizonte: Autêntica, 2011.
- ▷ Capítulo I, “Natureza e Cultura”, do livro de Claude Lévi-Strauss, *As Estruturas Elementares do Parentesco*. Petrópolis: Vozes, 2009.
- ▷ Verbetes “cidade”, “ciência”, “civilização”, “cultura”, “ecologia” e “natureza” do livro de Raymond Williams, *Palavras-Chave [um vocabulário de cultura e sociedade]*. São Paulo: Boitempo, 2007.
- ▷ Livro de Enzo Tiezi, *Tempos Históricos, Tempos Biológicos. A Terra ou a morte: os problemas da nova ecologia*. São Paulo: Nobel, 1988.
- ▷ Livro de Cornelius Castoriadis e Daniel Cohn-Bendit, *Da Ecologia à Autonomia*. São Paulo: Brasiliense, 1981.

REFERÊNCIAS

- CASTELLAN, G. *Fundamentos de físico-química*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1986. 527 p.
- CLASTRES, P. *Arqueologia da violência: ensaio de antropologia política*. São Paulo: Brasiliense, 1982. 243 p.
- CLASTRES, P. *Sociedade contra o Estado. Pesquisas de antropologia política*. Rio de Janeiro: Livraria Francisco Alves. 152 p.
- HOUAISS, A. (2001). *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva, 1978. 3.008 p.
- LEVENSPIEL, O. *Termodinâmica Amistosa para Engenheiros*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2002. 323 p.
- LÉVI-STRAUSS, C. *As estruturas elementares do parentesco*. Petrópolis: Vozes, 2009. 542 páginas (publicado originalmente em 1949).
- MERLEAU-PONTY, M. *A natureza*. São Paulo: Martins Fontes, 2000. 448 p.
- MORA, J. F. *Dicionário de filosofia*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Sudamericana, 1971. 2 tomos.
- RAPPAPORT, R. A. Natureza, cultura e antropologia ecológica. In: SHAPIRO, H. (organizador). *Homem, cultura e sociedade*. São Paulo: Martins Fontes, 1982. 470 páginas (publicado originalmente em 1971).
- THOMAS, K. *O homem e o mundo natural*. São Paulo: Companhia das Letras, 1983. 454 p.
- WILLIAMS, R. *Palavras-chave [um vocabulário de cultura e sociedade]*. São Paulo: Boitempo, 2007. 464 p.