

FILOSOFIA E INTERDISCIPLINARIDADE: ENGENHARIA E SUSTENTABILIDADE¹

PHILOSOPHY AND INTERDISCIPLINARITY: ENGINEERING AND SUSTAINABILITY

Rogério Antonio Picoli²

Resumo: Neste trabalho, eu abordarei a relação entre filosofia e interdisciplinaridade. Vou explorar essa relação apresentando os exemplos dos domínios da engenharia e da sustentabilidade. Na primeira parte, estabeleço uma distinção entre filosofia e ciência. Na segunda parte, apresento a ideia de interdisciplinaridade. Na terceira parte, mostro como o avanço tecnológico promovido pela engenharia promove a obsolescência dos nossos conceitos, o que nos força a um retorno à filosofia. Na parte final, procuro mostrar o diálogo necessário entre o domínio interdisciplinar da sustentabilidade e o domínio filosófico, em particular, a ética.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade, Filosofia, Engenharia, Sustentabilidade, Ética

Abstract: *In this paper, I address the relationship between philosophy and interdisciplinarity. I explore this relationship by presenting examples from the domains of engineering and sustainability. First, I establish a distinction between philosophy and science. In the second section, I present the idea of interdisciplinarity. In the third part, I demonstrate how technological advancement promoted by engineering promotes the obsolescence of our concepts, which forces us to return to philosophy. Finally, I'd like to show the necessary dialogue between the interdisciplinary domain of sustainability and the philosophical domain, in particular, ethics.*

Keywords: *Interdisciplinarity, Philosophy, Engineering, Sustainability, Ethics*

¹ Este texto é baseado na transcrição da palestra intitulada “Filosofia e interdisciplinaridade: sustentabilidade, bioética e comportamento econômico” e apresentada no IV Colóquio Nacional e III Colóquio Internacional de Pesquisa em Filosofia da UFSC (CIPFUFSC) “Filosofia para além da Filosofia”, junto à Mesa redonda convidada “Filosofia e a interdisciplinaridade acadêmica: limites e possibilidades de uma formação humanista”. Agradeço à Comissão Organizadora, ao mediador Wesley Sousa e ao outro componente da mesa, prof. Rúrion Melo.

² Doutor em Ciência Política pela Universidade de São Paulo (2007), com estágio pós-doutoral em Ética pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2017). Atualmente é professor no Departamento de Filosofia e Métodos e no Programa de Pós-graduação em Filosofia da Universidade Federal de São João del-Rei (MG). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4300-9841>

Introdução

No que segue, eu abordarei tópicos aos quais dediquei algum tempo de estudo e com os quais pretendo ilustrar algumas das interseções entre disciplinas acadêmicas; de onde vem a ideia de interdisciplinaridade. Na verdade, vou explorar, principalmente, as interseções entre ética e sustentabilidade; embora eu tenha prometido abordar também os temas da bioética e filosofia do comportamento econômico. Por uma questão de espaço, esses outros dois temas deixarei para outra oportunidade.³

Inicialmente, tratarei da filosofia ou da atitude filosófica, bem como da distinção entre filosofia e ciência. Pretendo discorrer também sobre o que significa essa noção de disciplina e que eu estou chamando de interdisciplinaridade: essa interconexão entre áreas do conhecimento. Pretendo ilustrar essa interconexão com exemplos de algumas áreas interdisciplinares com as quais trabalhei, tais como, o campo da engenharia e o domínio das discussões sobre sustentabilidade. Como disse, noutra oportunidade falarei sobre os domínios da bioética e da filosofia do comportamento econômico.

Gostaria de começar abordando a questão da definição de engenharia, o que é a noção de engenharia, os problemas desse domínio, alguns exemplos desses problemas e qual seria o papel da filosofia nesses domínios, ou seja, como a filosofia pode contribuir para fazer avançar alguns dos problemas que surgem no domínio da engenharia. Particularmente, eu vou me concentrar em problemas filosóficos que surgem como um efeito, ou efeitos, das inovações da engenharia, ou melhor, da difusão das inovações tecnológicas. Em seguida, dou um salto para a questão da sustentabilidade, pretendo discorrer um pouco sobre a relação interdisciplinar entre economia e sustentabilidade e sobre um tratamento um pouco mais filosófico do conceito de sustentabilidade. Quero apontar alguns dos desafios filosóficos que surgem com a nossa tentativa de oferecer um refinamento do conceito de sustentabilidade. Por fim, pretendo mostrar que há uma relação complexa entre o domínio filosófico e o domínio dos estudos sobre sustentabilidade.

Filosofia e ciência

Dando continuidade, o que estamos chamando aqui de filosofia? É um pouco como chover no molhado dizer que a filosofia é uma forma de conhecimento. Mas podemos nos perguntar se a

³ Na minha fala no evento, por uma questão de tempo, eu suprimi os tópicos sobre bioética e filosofia do comportamento econômico. Aqui por uma questão de espaço também não abordarei esses dois tópicos.

filosofia não tem uma característica que a diferencia, enquanto uma forma de conhecimento, das demais formas, como a ciência, por exemplo. O que eu estou entendendo aqui por filosofia é a forma de conhecimento racional que se ocupa das relações entre as ideias e, principalmente, das relações entre as ideias e os conceitos. Então, estou trabalhando com uma concepção um pouco mais analítica da filosofia. Mas, enfim, entendo aqui que o papel da filosofia é se debruçar sobre o significado, o sentido, das nossas ideias e dos nossos conceitos e os problemas que surgem quando nós refletimos e questionamos como as nossas ideias se relacionam entre si e como as ideias precisam se relacionar para constituir os nossos conceitos. Podemos destacar, então, algumas atitudes filosóficas que serão importantes, mais tarde, para percebermos essa questão da interdisciplinaridade e o lugar da filosofia.

Muitas vezes, falamos que é difícil definir exatamente o que é a filosofia ou o conhecimento filosófico. Talvez, possamos tornar isso um pouco mais fácil se a caracterizarmos a partir de algumas das atitudes que estão implicadas no trabalho filosófico. Primeiramente, diríamos que está implicado nessa atitude filosófica um certo esforço para se evitar confusões entre as nossas ideias, os nossos pensamentos. Igualmente, está implicado um esforço para revelar determinados pressupostos de certas concepções que aceitamos. Também, um esforço para testar nossos posicionamentos, para corrigir distorções nos nossos raciocínios, no modo como construímos o pensamento. Incluiríamos igualmente um esforço para considerar e ponderar razões. Além disso, um esforço em desafiar os nossos arcabouços conceituais; afinal, os nossos arcabouços conceituais podem se revelar bastante confusos, vagos e problemáticos. Finalmente, um esforço para ampliar as nossas próprias experiências; em geral, pensamentos que melhorando a nossa conceituação sobre as nossas experiências, talvez possamos afastar a ignorância, sustentar racionalmente as nossas crenças, explorar valores, buscar saciar as nossas curiosidades e adotar uma certa postura rigorosa na busca pelo saber. Bom, sinteticamente, podemos assumir que a filosofia é, então, essa preocupação com a relação entre as ideias e entre as ideias e os conceitos. Vamos deixar por ora nestes termos. É claro que isso é uma apresentação bastante pobre da filosofia, mas talvez ela seja suficiente para começarmos a desenrolar a questão da interdisciplinaridade.

Uma outra forma de conhecimento racional, obviamente, é o conhecimento científico. Essa é uma forma de conhecimento racional, assim como, já dissemos, a filosofia é uma forma de conhecimento racional. A ciência explora certas relações, assim como a filosofia explora relações. A ideia de relação é importante. Relação, como nós a entendemos, pode ser pensada em termos de ratio, como quando dizemos que os números racionais são os números inteiros que se dispõe conforme uma relação, isto é, na forma a/b , por exemplo $\frac{1}{2}$ ou uma relação ou uma proporção de um para dois. Acontece que a filosofia se ocupa em explorar relações e conexões entre ideias e entre ideias e

conceitos. As ciências, entendidas como ciências naturais, no entanto, ocupam-se de um outro tipo de relação, as relações ou conexões entre os fatos, entre as ocorrências no mundo, conexões entre eventos no espaço e no tempo. Claro, com a esperança de que isso nos forneça uma compreensão da estrutura que governa os fenômenos do mundo, da realidade e que nos ofereça também algum método, algum caminho, alguma via para a validação desse conhecimento, da nossa compreensão do mundo. Um exemplo pode ser o seguinte, fazendo aqui uma analogia com outro, oferecido por John Searle, uma proposição científica é algo como: “A causa da doença do coronavírus, a síndrome respiratória aguda grave do tipo 2, é o vírus SARS-Cov-2”. Nessa proposição, temos uma alegação que conecta dois fatos principais, há nela duas coisas que podemos localizar no espaço no tempo: a doença do coronavírus, a síndrome respiratória aguda grave do tipo 2, e o próprio coronavírus, que é um tipo de vírus bastante específico. A síndrome respiratória e o vírus são ocorrências na realidade. Então, o esforço da ciência é conectar esses fatos no mundo segundo uma regra; especificamente, segundo uma relação de causalidade no sentido de que um evento causa ou produz outro evento. O vírus produz ou causa a doença.

Agora observem que, para expressar adequadamente essa conexão causal como uma alegação científica, nós mobilizamos vários outros conceitos. Por exemplo, nós nos referimos à noção de causa, ao próprio conceito de causalidade; referimo-nos também ao conceito de verdade. Quando dizemos que aquela proposição é uma proposição cientificamente comprovada, queremos dizer com isso que se trata de uma proposição verdadeira. Na mesma alegação, empregamos também o conceito de existência, que está implicado no uso do verbo “ser” quando dizemos “... a causa é...” sugerindo, então, a existência de algo. Por essa breve análise da alegação de que “A causa da doença do coronavírus, a síndrome respiratória aguda grave do tipo 2, é o vírus SARS-Cov-2” percebemos que, para expressar o conhecimento científico como uma forma de relação entre fatos, nós precisamos mobilizar também toda uma série de ideias e de conceitos que não se referem propriamente a entidades no mundo físico, mas que nos permitem expressar da forma correta a relação que nós identificamos entre os fatos. Para que possamos expressar apropriadamente uma verdade ou conhecimento científico, precisamos mobilizar e relacionar conceitos.

Então, a filosofia ocupa-se das relações entre as ideias; a ciência, da relação entre fatos. Apresentar as ciências apenas em termos das descrições de relações entre fatos também, pode-se dizer, é uma apresentação muito simplificada; mas ela ainda é um bom ponto de partida para discutirmos a interdisciplinaridade.

Disciplinas e interdisciplinaridade

Falando, então, do conhecimento acadêmico, do conhecimento sistematizado e testado, o que entendemos por disciplinas? Não está pacificada a concepção do que é uma disciplina. Assume-se, em geral, que nós estamos falando de um domínio de objetos de investigação. Esse tema foi explorado, por exemplo, por Foucault. Disciplina é um conceito disputado, mas há uma primeira aproximação: entendemos disciplinas como ramos do conhecimento. Desdobramentos, aprofundamento de domínios do conhecimento ou especialização de formas de conhecimento. Disciplinas são campos de conhecimento organizados aos quais aplicamos algum critério de validação. As disciplinas podem ser os domínios ou áreas do conhecimento, conhecimentos cuja apropriação demanda que sejam mobilizados não apenas conhecimento teóricos, mas também técnicas e habilidades práticas com vistas a certos objetivos, certas finalidades. As disciplinas são também o modo específico como nós organizamos o conhecimento para efeito de educação e formação das pessoas, de transmissão do conhecimento. As disciplinas podem ser também divisões e subdivisões do saber acadêmico e científico. É como a divisão das áreas de conhecimento pelos critérios da CAPES ou do CNPq, que são as agências que organizam, regulamentam e controlam as atividades científicas no Brasil. As disciplinas podem, então, ser entendidas como ramos de conhecimento, campos de investigação, domínios do conhecimento em que se mobilizam técnicas e habilidades; ou essas áreas em que o conhecimento é organizado para efeitos de formação e educação.

Por mais que haja disputas sobre a compreensão apropriada de o que significa exatamente as disciplinas, elas têm alguns aspectos que conferem certa precisão; por exemplo: as disciplinas têm determinados objetos de pesquisa, cada uma delas têm objetos de interesse específicos, determinados. As disciplinas giram em torno ou são acerca desses objetos e de suas problemáticas; um certo acúmulo de conhecimento. Então, há nas disciplinas um conhecimento sistematicamente organizado e acumulado. Além disso, elas envolvem também um grau de adesão e aceitação de certas teorias e conceitos que são estruturantes para as disciplinas. Nada disso sobre o que estamos falando é misterioso. Para nos apoiar, trago um dos pensadores que se debruçou sobre as disciplinas como domínios do conhecimento: Thomas Kuhn, em *A estrutura das revoluções científicas*. Vários dos elementos que ele mobiliza para caracterizar os paradigmas são elementos definidores das disciplinas: algo que envolve uma linguagem técnica ou uma terminologia específica, algo que envolve métodos de investigação e de validação bem estabelecidos e aceitos, e algo que envolve, também, algum grau de institucionalização. É normalmente isso que entendemos como disciplina. A promoção da

disciplina é uma prática que é cultivada institucionalmente. Então, essa é uma primeira aproximação do que é a disciplina.

Reflitamos agora sobre o que pode nos levar a pensar ser necessário à interconexão entre as disciplinas. O que nos faz interligar, dentro das ciências ou formas de conhecimento, uma área específica a outra área? O que nos leva a juntar disciplinas que são construídas em torno de objetos específicos e que envolvem conhecimentos validados com métodos igualmente específicos? O que nos leva a essa interconexão expressa na noção de interdisciplinaridade?

Primeiro, é que pode haver pontos de intersecção entre as disciplinas. Esses pontos de intersecção podem se referir ao fato de que elas abordam um mesmo tipo de fenômeno, uma mesma classe de objetos. Pode-se pensar que a interdisciplinaridade diz respeito a uma necessidade de articulação, de integração do conhecimento para que se possa ter uma visão mais abrangente, para que o conhecimento tenha mais alcance; talvez porque o objeto não possa ser compreendido a partir de uma única disciplina. Por exemplo, pode ser que um problema no domínio da estética tenha implicações éticas, tenha implicações na educação, tenha implicações na epistemologia; podemos nos perguntar como se educa esteticamente alguém, como caracterizamos certos tipos de conhecimento acerca da performance na arte, acerca do saber como, que repercutem sobre as nossas experiências estéticas.

Pode ser também que a interconexão seja necessária porque existem problemas que são desafios comuns a várias disciplinas, para que se possa ter uma visão mais abrangente, para que o conhecimento tenha mais alcance, já que a realidade não está separada em disciplinas. Pode ser que dentro dessas divisões que impomos à realidade, dentro das diferentes disciplinas, seja pertinente recuperar a conexão entre fenômenos e objetos, tal como ocorre na realidade. Retornarei a esse ponto, com um exemplo, quando tratar da capacidade de carga de um ecossistema.

Pode haver também uma conexão de fundo entre os pressupostos e as teorias que servem de base para disciplinas. E também pode ser que exista um certo compartilhamento e uma certa complementaridade entre os conhecimentos organizados pelas diferentes disciplinas. Outros pontos de contato podem ser os métodos de investigação e de validação do conhecimento e as técnicas que são usadas em diferentes disciplinas. Então, por essas afinidades, por esses pontos de contato e de intersecção, vemos o início da estruturação daquilo a que chamamos de interdisciplinaridade.

Muito bem. Tudo isso está muito didático, mas é apenas para estabelecermos uma base por onde começar a problematizar. A interdisciplinaridade vai aparecer quando temos problemas que representam desafios comuns às várias disciplinas. Por exemplo, eu trabalho atualmente no campo da ética, da normatividade. Mas a normatividade é um problema em vários domínios, em várias áreas

do conhecimento. A normatividade é um problema no direito, é um problema na política, é um problema eventualmente na estética, é um problema na ética. É um problema na educação.

Assim, identificar e compreender certos problemas que são desafios comuns às várias disciplinas é um ponto que nos impulsiona para a interdisciplinaridade. Um segundo ponto é a complexidade dos problemas. Não é só porque certos problemas são desafios comuns às diferentes áreas, mas porque a quantidade de aspectos que o problema envolve é muito grande. O que nos obriga a levar em consideração várias teorias, pressupostos, posições, abordagens, métodos, técnicas que estão disponíveis em muitas disciplinas diferentes. O aspecto da complexidade do problema é algo que fomenta a interdisciplinaridade. Aqui não estamos falando da noção genérica de complexidade, como um tipo de fenômeno ou problema para o qual buscamos mapear ou rastrear as conexões de um determinado elemento ou aspecto desse fenômeno com outros aspectos. Estamos falando das conexões entre uma quantidade muito grande de elementos e do modo multivariado como essas interconexões acontecem. Esse tipo de problema complexo representa um desafio para a nossa visão comum de ciência que é baseada numa certa ideia de análise, a decomposição do fenômeno nos seus elementos mais simples e, em seguida, uma sequência de generalizações indutivas, observando-se as relações entre os elementos básicos. Acontece que, quando eu estou diante de um fenômeno complexo, a generalização a partir da análise é sempre limitada. A nossa racionalidade analítica decompõe o fenômeno, segmenta-o em partes simples, identifica e separa os elementos que são determinantes. É mais ou menos assim que conduzimos uma investigação sobre um determinado fenômeno: isolamos as variáveis, hierarquizamos essas variáveis. O nosso esforço analítico é quebrar em partes o fenômeno para tentar entender as conexões entre as partes. Isso funciona bem quando estamos analisando um tipo de fenômeno simples, mas não quando estamos lidando com um problema complexo. No caso da complexidade, a generalização é limitada. Por exemplo, quando queremos analisar a qualidade microbiológica da água numa caixa d'água de dez mil litros, nós coletamos algumas amostras, processamos os materiais dessas amostras e os submetemos a testes de reagentes químicos e à análise microscópica. Repetimos várias vezes os testes e descartamos dados não convergentes. E, então, calculamos médias para presença de tipos e quantidades de microorganismos e compostos bioquímicos. Em seguida, generalizamos esses resultados extraídos de uma amostra de meio litro para todos os dez mil litros. As conclusões a que chegamos com a amostragem é generalizada para todo o restante de volume de água do reservatório. No entanto, se estivermos falando de meio litro de água coletado como amostra de um curso de um rio, a conclusão que podemos extrair das amostras são especialmente válidas apenas para o estreito trecho do rio em que coletamos as amostras e, temporalmente, apenas para um intervalo de tempo bastante estreito em

torno do momento que fizemos a coleta. O curso do rio é um sistema aberto, sujeito a todo tipo de interações com o restante do ambiente. Ele é aberto às influências de um conjunto imenso de variáveis que não conseguimos isolar exaustivamente. Só conseguimos mapeá-las e rastreá-las de uma forma muito limitada.

Então, analiticamente, eu consigo dizer alguma coisa sobre a qualidade da água em geral válida para o estoque do reservatório. Nesse caso, posso fazer a generalização. Os componentes e as relações causais entre os componentes que eu identifico naquela pequena porção da amostra continuam sendo válidos para o conjunto todo. No entanto, o que acontece quando um fenômeno ou um problema é complexo? As variáveis intervenientes são de um volume tão grande, que eu nunca posso afirmar nada mais além do escopo ou daquilo que está restrito à amostra que eu examinei. Por isso, eu não posso dizer nada sobre as outras conexões, nem posso fazer generalizações, porque eu não sei como as outras variáveis são intervenientes para a determinação do fenômeno. Se a situação é complexa, o exame da parte nos assegura um conhecimento apenas daquela parte examinada. Quando estamos diante de um problema complexo significa que a racionalidade analítica nos oferece apenas uma compreensão limitada do fenômeno.

As limitações do olhar analítico e da generalização indutiva próprios de cada disciplina só poderão ser contornadas com uma cooperação entre as disciplinas. Ou seja, para atacar um fenômeno que tem uma natureza complexa, precisamos articular conhecimentos, métodos, técnicas, procedimentos, modelos de várias disciplinas. Vejamos um exemplo. A ideia de capacidade de carga de um ecossistema é uma noção fundamental na ecologia. Grosseiramente, a capacidade de carga é o número de indivíduos das diferentes espécies que o meio ambiente ou habitat pode sustentar no tempo, em função da disponibilidade de certa quantidade de recursos a esses indivíduos. Ela diz quanto um ecossistema consegue sustentar. Sabemos que a capacidade de carga é uma função direta do fluxo de energia dentro de um dado ecossistema. A pergunta agora é a seguinte: qual disciplina pode medir esse fluxo de energia no ecossistema considerado? Como podemos descrever e medir esse fluxo de energia? Quem pode medir isso? Um físico, um biofísico, um matemático, um biólogo, um ecólogo, um químico, um bioquímico, um estatístico, um matemático? Não se trata, então, de quem e qual área é capaz de fazer isso. O fato é que só conseguimos realizar uma medida aproximada desse fluxo de energia mobilizando conhecimentos, métodos, técnicas, procedimentos e modelos de diferentes disciplinas. Essa necessidade de colaboração entre as disciplinas ilustra o que estamos considerando por interdisciplinaridade. Hoje em dia, nas condições de esgotamento de recursos que estamos experimentando, conhecer a capacidade de carga dos ecossistemas é um problema crucial, porque, se queremos traçar planos ou nos precaver contra a escassez, precisamos estimar a capacidade

de carga dos ecossistemas. Isso é um exemplo bastante grosseiro, mas nos permite ilustrar o problema da complexidade e o sentido da interdisciplinaridade.

Interdisciplinaridade: engenharia, filosofia e obsolescência de conceitos

Tratando agora de exemplos de áreas interdisciplinares e sua relação com a filosofia, nós temos exemplos de formação ou constituição de disciplinas que são bastante restritas e delimitam áreas específicas do conhecimento. No entanto, temos também áreas do conhecimento que são intrinsecamente interdisciplinares. As engenharias são um bom exemplo, mas também a ciência da computação, o marketing, a administração, o direito, a economia, a educação, a biologia. Isso quer dizer que a compreensão adequada dos fenômenos e a forma de empregar os conceitos nessas áreas dependem de conceitos e conhecimentos estabelecidos em outras áreas. A compreensão dos fenômenos no domínio da engenharia depende de conceituação, teorias, técnicas, procedimentos e modelos gerados ou adaptados de outras áreas do conhecimento. Então, as engenharias são resultado de uma certa articulação de conhecimentos cultivados em várias disciplinas distintas e nós os mobilizamos na engenharia para poder tratar adequadamente, construir uma compreensão ampliada de determinados tipos de fenômenos e problemas.

Vamos agora considerar esse domínio da engenharia. Eu vou propor uma definição muito provisória. Engenharia é uma forma de conhecimento voltada para as aplicações de técnicas e de conhecimentos científicos sobre como mobilizar recursos com vistas à introdução de algo novo na realidade. Afinal, isso é o que nos parece ser engenhar: introduzir algo novo na realidade e estudar também as suas repercussões, isto é, as implicações de se introduzir na realidade algo novo, algo que nunca existiu ali. Assim, conseguimos entender por que a engenharia depende tanto das ciências naturais e exatas. Se pretendemos introduzir algo novo na realidade física, primeiro precisamos saber se isso é possível; e, se for possível, como e sob quais condições. Isso porque a lógica, a matemática e as leis da natureza nos impõem limites e nós não estamos livres para ultrapassá-los. A introdução de algo que seja o resultado do engenho humano só será possível dentro dos limites da lógica, da matemática e das leis da natureza. Podemos ver, então, porque o engenheiro estuda tanto disciplinas como matemática e seus fundamentos lógicos, física e materiais. É porque ele precisa apoiar-se na melhor descrição que pudermos oferecer da realidade para estar em condições de avaliar e julgar se é possível ou não introduzir algo novo na realidade; e, se isso for possível, sob quais condições. Pode-se imaginar quaisquer novidades que se queira; se a realização delas é possível ou não, isso é algo que depende de certas restrições e da observância de determinadas condições.

Ocorre que a tarefa do engenheiro não é apenas a de introduzir algo novo na realidade, quer dizer, a de estudar como introduzir isso, mas também investigar como o seu engenho vai repercutir na realidade. Isso também faz parte da atividade do engenheiro. Um exemplo bastante concreto é a história do desenvolvimento das embalagens de plástico PET (politereftalato de etileno). Esse plástico foi descoberto por volta de 1940, mas só foi em 1973 que um engenheiro da empresa Dupont – uma das maiores produtoras de polímeros do mundo – trabalhou a molécula e desenvolveu técnicas de moldagem que tornaram possível a produção de frascos de refrigerantes, água, produtos de higiene pessoal e produtos de limpeza. Por que isso era interessante? À época, prevalecia uma concepção de engenharia associada a novas tecnologias e otimização; a área de polímeros avançados era uma delas. Por essa visão, se você está com uma dificuldade em determinado processo, você precisa otimizar esse processo. Qual era o principal problema das corporações do setor de refrigerantes? A embalagem. Naquela época, custava muito o processo de reuso das embalagens de vidro e o alumínio era muito caro. Então, como reduzir os custos no processo de envasamento e de transporte dos refrigerantes, sobretudo para aquelas regiões em que havia mercado consumidor, mas não água em abundância para o reuso das embalagens de vidro. Aí começa a busca por uma solução para o problema, visto em parte como um problema de otimização. Nesse momento, a solução viria pelo segundo foco da concepção de engenharia vigente, orientar a atividade da engenharia para as novas tecnologias. Como produzir embalagens leves, baratas, transparentes, recicláveis, estanques e seguras do ponto de vista da saúde humana? Esse era o grande desafio e esse problema de otimização poderia ser resolvido com desenvolvimento de uma tecnologia. E é o que de fato aconteceu. Com base em projeções, estima-se que, no ano de 2022, serão produzidas mundialmente algo em torno de 520 bilhões de garrafas PET.⁴

Um terceiro problema que surge é o seguinte: como se dá a interação entre a invenção ou inovação que a engenharia introduz na realidade e o próprio comportamento humano? O problema é mais ou menos esse: por que as famílias americanas reciclam apenas 7% do volume de embalagens PET, que são 100% recicláveis? Dados do Fórum Econômico Internacional apontam que, mundialmente, o total de garrafas PET recicladas não atingiu 27% do total.⁵ Isso significa que as pessoas têm acesso à informação, elas sabem que as garrafas PET são 100% recicláveis, no entanto,

⁴ Ver projeções STATISTA. **Production of polyethylene terephthalate bottles worldwide from 2004 to 2021**, 2023. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/723191/production-of-polyethylene-terephthalate-bottles-worldwide/>>. Acesso em: 12/10/2022.

⁵ Ver as estimativas em WORLD ECONOMIC FORUM. **Top 25 recycling facts and statistics for 2022**, 2022. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2022/06/recycling-global-statistics-facts-plastic-paper/>>. Acesso em: 12/10/2022.

elas não adotam um tipo de comportamento que favorece a reciclagem. Talvez, elas não estejam sendo corretamente educadas, não tenham os incentivos apropriados para promover a reciclagem; as políticas públicas de incentivo estejam mal concebidas; haja uma carência de investimentos e as grandes corporações precisem arcar com parte dos investimentos necessários para que ela aconteça. O problema das embalagens PET mostra que, se o engenheiro pretende introduzir um produto, ele também tem de pensar nas repercussões e impactos sociais. Por causa disso, a nossa noção de engenharia foi se tornando mais e mais sofisticada e mais dependente da contribuição de outras áreas do conhecimento. Engenharia não é só uma questão de otimização e de tecnologia, é também uma questão de conhecimento social; conhecimentos acerca dos comportamentos das pessoas, da psicologia, da cultura e das instituições sociais que moldam e reforçam os comportamentos das pessoas e a forma como elas interagem com as inovações e produtos.

A engenharia precisa lidar ainda com outra questão: a interação entre o produto e o meio ambiente. No caso da produção mundial de plásticos, dado o volume de produção e a baixa capacidade de reciclagem, como contornar o impacto da distribuição do atual volume de plásticos e microplásticos no meio ambiente? Não apenas de embalagens PET, mas também embalagens e produtos de todo tipo de polímeros. Formou-se, em um ponto de convergência de correntes marítimas do Pacífico, a chamada Grande Mancha (ou ilha) de Lixo do Pacífico (em inglês, *The Great Garbage Pacific Patch*). Trata-se do acúmulo de lixo plástico numa área estimada de 40 km², 40 a 45% composta de linhas de redes de pesca, mas também de tambores plásticos e embalagens PET.⁶

Aparentemente, buscou-se desenvolver um produto que é altamente tecnológico, reciclável e, em princípio, compatível com o meio ambiente. No entanto, não se considerou a interação entre o fator humano, o meio ambiente e o descarte da embalagem. O ponto é que aqui a reflexão filosófica pode nos auxiliar.

As diversas aplicações do conhecimento tecnológico e a introdução de inovações têm repercussões na realidade. A introdução e a difusão das inovações alteram seriamente as relações que mantemos com vários elementos dos nossos sistemas de reprodução social. Que elementos são esses? As nossas relações com o meio ambiente, com as pessoas na nossa vida cotidiana, as relações de produção, as relações sociais, as relações com a própria tecnologia e as relações com as nossas ideias. A organização da produção material na nossa sociedade requer introdução contínua de tecnologia na produção, na distribuição e no consumo de bens e serviços. Há um aspecto importante aqui que é o fato de a própria introdução de uma nova tecnologia tornar obsoletas algumas tecnologias

⁶ Ver estimativas em THE OCEAN CLEANUP. The Great Pacific Garbage Patch. Disponível em: <<https://theoceancleanup.com/great-pacific-garbage-patch/>>. Acesso em: 12/10/2022.

precedentes, mas o mais importante é que as novas tecnologias também tornam obsoletos alguns de nossos conceitos. Os nossos conceitos perdem sentido, perdem significado. E, por causa disso, eles precisam ser aprofundados, repensados. Quem chama a atenção para isso é Marx, conforme destacado por David Harvey na sua discussão sobre a tecnologia na grande indústria.⁷ Então, a introdução da inovação tecnológica nos leva à necessidade de repensar o nosso próprio conceito de engenharia.

Desde uns anos para cá, vemos que, mais e mais, há uma pressão para a incorporação da noção de responsabilidade ao conceito de engenharia. Tanto a responsabilidade social quanto a responsabilidade ambiental. Ocorre que responsabilidade é um conceito moral, um conceito ético. Num contexto de ampla difusão de tecnologias complexas, de difusão de tecnologias para apoio a tomadas de decisão, os nossos conceitos de responsabilidade são desafiados. Como falar de responsabilidade de entes coletivos se normalmente responsabilizamos ações intencionais de agentes individuais? Como podemos falar de compartilhamento de responsabilidades em contextos complexos nos quais uma ação é resultado da interação não linear de múltiplos agentes? Ou em contextos complexos nos quais softwares aprendem e tomam as suas próprias decisões? Como a responsabilidade moral pode ser estendida a agentes não humanos?

Eu vou tentar mostrar como é quase inescapável que a filosofia entre nesse campo interdisciplinar. Vimos que novas tecnologias e a introdução da inovação forçam-nos a redefinir os conceitos. Quando tratamos de sustentabilidade estamos lidando com objetos de pesquisa mais complexos. Não estamos apenas desenvolvendo uma nova fórmula de polímeros, queremos saber também: como as pessoas vão interagir com esse novo polímero e qual o efeito desse novo polímero ou novo plástico no meio ambiente? Explorar essas possibilidades significa construir prognósticos, pensar sobre tendências e possibilidades, estimar possibilidades de ganhos, mas também possibilidades de geração ou agravamento de riscos. Isso nos leva a uma reavaliação do nosso conhecimento acumulado. Durante muito tempo, a engenharia manteve afastada das suas preocupações aspectos humanísticos e ambientais. No entanto, agora temos de buscar sanar alguns desses déficits e preencher algumas das lacunas. Vale ressaltar que uma certa compreensão de engenharia evitou esses tipos de preocupações sociais e ambientais, a engenharia como mera otimização. Essa revisão da ideia de engenharia nos força a uma revisão do significado de alguns termos, há uma demanda por novos métodos de investigação.

⁷ Ver HARVEY, David. **Para entender O Capital de Marx (volume I)**. Trad. Rubens Enderle. São Paulo: Boitempo, 2013.

Filosofia e interdisciplinaridade: a sustentabilidade

Começamos considerando como o tema da sustentabilidade tornou-se um tema tão importante. Não podemos negar que a sustentabilidade é um valor: é bom, é importante, é urgente, é desejável que as nossas intervenções no mundo atentem para a relação complexa que existe entre economia, sociedade e ambiente. O aparecimento da sustentabilidade na agenda das instituições tem uma história. A entrada do tema na agenda global, sem dúvidas, foi devido ao impacto da publicação do Relatório Brundtland (1987)⁸. Esse relatório da *Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU*, intitulado *Our common future*, problematizou a concepção corrente, à época, de que os Estados e as sociedades deveriam perseguir o desenvolvimento econômico e propôs, alternativamente, que o desenvolvimento não deveria ser meramente o desenvolvimento da dimensão econômica, mas que ele viesse acompanhado do equilíbrio desta com outras duas dimensões: a social e a ambiental. Daí o *tripé da sustentabilidade*, ou a chamada *Triple bottom line*, que aponta para a necessidade de articulação dessas três dimensões ou pilares.

Um primeiro impulso para que o tema ganhasse reconhecimento público e as agendas política e acadêmica veio em 1972 com um grupo de líderes políticos, empresários e cientistas reunidos numa organização conhecida como *O clube de Roma (The Club of Rome)*. Por volta de meados da década de 1960, os integrantes dessa organização tiveram interesse em realizar um prognóstico acerca de quanto tempo poderia durar, até o seu esgotamento, o modelo de desenvolvimento industrial que emergiu após a Segunda Guerra Mundial. Eles estavam especialmente interessados em prever em quanto tempo poderia haver o esgotamento desse modelo de sociedade. Para responder a essa questão, *O clube de Roma* encomendou a uma equipe do MIT, o Instituto de Tecnologia de Massachusetts, liderada por Dennis Meadows, Donella Meadows e Jorgen Renders, um estudo acerca das inter-relações entre o volume da produção industrial, o aumento populacional, o esgotamento dos recursos naturais e o ritmo do desenvolvimento tecnológico. Esse projeto sobre *O dilema da humanidade*, elaborado em 1968, teve as suas conclusões apresentadas no famoso *Os limites do crescimento* (1972). Uma das principais conclusões apresentadas foi a de que, dado o comportamento sistêmico e as suas tendências à estabilização ou ao crescimento exponencial e colapso, se a humanidade continuasse a consumir os recursos naturais, no ritmo da sociedade industrial daquela época, em menos de cem anos, eles se esgotariam.

⁸ Ver WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our common future**, 1987. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>>. Acesso em: 12/10/2022.

As conclusões de *Os limites do crescimento* contribuíram para que fosse colocada em pauta a necessidade de se repensar a concepção e o modelo de desenvolvimento econômico centrado no crescimento industrial em vigor até então. Algumas das perguntas que a equipe do MIT se fez foram as seguintes: quais são as inter-relações entre a produção industrial, o aumento populacional, o esgotamento de recursos e o desenvolvimento tecnológico? Como essas inter-relações definem os limites desse nosso modelo de sociedade industrial? Donella Meadows e Denis Meadows empregaram a noção de pensamento sistêmico para analisar os vínculos lógicos e causais entre elementos de sistemas complexos. Eles promoveram inicialmente a noção de pensamento sistêmico e a sua aplicação em estudos e simulações do comportamento de sistemas complexos. Baseado em recursos computacionais que, hoje em dia, seriam considerados bastante rudimentares, os prognósticos do estudo da equipe do MIT apontaram a necessidade de se repensar profundamente as interações entre os fatores principais do nosso modelo de sociedade industrial, nas suas dimensões social, ambiental, econômica e tecnológica.⁹

O *Relatório Bruntland*, mencionado anteriormente, aparece nesse contexto de preocupações com essas interações e dinâmicas, já apontadas em *Os limites do crescimento*. No relatório, ‘sustentável’ aparece como um adjetivo qualificando o tipo de crescimento que devemos tentar promover. O relatório destaca que o desenvolvimento e o seu ritmo envolvem um problema de distribuição desigual de ônus e bônus, de vantagens e desvantagens. O documento chama atenção especialmente para a questão da miséria no mundo e nele é proposta uma definição de desenvolvimento sustentável como “a capacidade de a geração presente satisfazer as suas necessidades sem comprometer a capacidade das gerações futuras de também satisfazerem as suas próprias necessidades”.

Vejamos de perto a noção de sustentabilidade que está implicada nesse conceito de desenvolvimento sustentável. O conceito é bastante vago e há diferentes caminhos pelos quais podemos articular as ideias que estão implicadas nessa definição. De todo modo, partimos de uma crítica ao modelo de crescimento e desenvolvimento econômico da sociedade industrial. Dizer que devemos buscar um desenvolvimento que seja sustentável é estabelecer o sustentável como um valor a ser promovido. Então, passa a nos interessar essa qualidade dos sistemas: a sustentabilidade. No entanto, de imediato percebemos tratar-se de um conceito não completamente especificado, que tem uma certa vagueza; ele é algo que precisa de uma maior especificação. Aqui entra o papel específico

⁹ Ver MEADOWS, Denis [et. al.]. **Os limites do crescimento**. São Paulo: Perspectiva, 1973.

da filosofia: se desejamos promover uma sociedade sustentável precisamos compreender mais especificamente em que consiste a sustentabilidade.

No esforço de conceitualização inicial, o sustentável e a sustentabilidade ainda foram definidos a partir de pressupostos teóricos internos ao domínio econômico. Então, o primeiro movimento para a especificação do conceito foi ainda disciplinar. A partir disso, e da problematização desse conceito, criou-se uma distinção entre uma noção restrita de sustentabilidade, restrita à economia, e uma noção mais ampla, denominada sustentabilidade forte.¹⁰

Os defensores da concepção chamada sustentabilidade fraca, que é a corrente predominante do pensamento econômico, assumem a possibilidade de uma substitutibilidade do capital natural pelo capital manufaturado, a escassez de bens seria contornada pelo desenvolvimento de novas tecnologias. Noutros termos, quando os nossos recursos ambientais se tornarem escassos, nós promoveremos os seus substitutos por meio de inovações tecnológicas. Quando as reservas naturais forem consumidas, encontraremos inevitavelmente soluções tecnológicas que as substituam. Essa é a concepção mais simplória. As críticas às limitações dessa concepção levaram à formulação de uma concepção de sustentabilidade um pouco mais exigente. Essa concepção, chamada de sustentabilidade forte, argumenta que a sustentabilidade nos obriga a olhar para elementos que ultrapassam os limites da economia. Nem sempre o capital manufaturado poderá substituir os processos naturais, o capital natural. O nosso capital natural é limitado, a natureza nos presta serviços que dificilmente conseguimos converter em valores monetários. Existem limites para os serviços naturais. Não conseguimos contabilizar o valor dos serviços naturais, como despoluir um rio; certos processos naturais que são vitais; os ciclos de elementos químicos na natureza, o carbono, o nitrogênio, o fósforo; o ciclo hidrológico; a camada de ozônio. Então, os métodos de diagnósticos puramente econômicos nos parecem inapropriados para lidar com problemas desse tipo. Outro exemplo refere-se à perda da biodiversidade, usando os métodos estatísticos comuns da economia, quando a gente começa a detectar a perda de espécies, a redução da biodiversidade, já não conseguimos frear esses processos. O mesmo se dá com os problemas do aquecimento global e da capacidade limitada da natureza de processar os nossos resíduos sob a forma microplásticos. Quando começamos a detectar alguns poucos efeitos, ainda que busquemos reagir, como o sistema é dinâmico e inercial, para qualquer medida, o tempo de resposta será muito grande e quase sempre será tarde demais. Ou seja, não conseguimos frear e reverter instantaneamente as tendências gerais do sistema. Então, os métodos de diagnóstico baseados em estatísticas, que normalmente orientam a economia, são muito reativos

¹⁰ Para uma exposição dos diferentes conceitos de sustentabilidade, ver VEIGA, Eli da. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**. Rio de Janeiro, Garamond, 2005.

e, nesses casos críticos, a única solução possível é a proatividade, temos de nos antecipar, não podemos aguardar as confirmações trazidas por evidências empíricas.¹¹

O conceito de sustentabilidade possui uma natureza relacional. Esse conceito relaciona as gerações atuais e as gerações futuras com o meio ambiente. A sustentabilidade demanda o exame das nossas relações intrageracionais, intergeracionais e socioambientais.¹² Além disso, o conceito tem um aspecto que é descritivo, porque ele aponta para algo a que se aplica o adjetivo sustentável. Nós não especificamos que modo de existência ou qual é a natureza de algo “sustentável”. Talvez certas entidades sejam sustentáveis ou, talvez, seja uma teia de inter-relações entre certas entidades. Ainda, talvez ‘sustentável’ se refira a uma combinação de ambos os tipos de categorias, entidades e relações, na forma de processos ou sistemas. Parece ser uma tarefa da filosofia tentar responder a questões desse tipo: acerca da natureza daquilo implicado no conceito, uma questão de ontologia, e acerca do significado do conceito e da gramática apropriada que governa os usos, uma questão de semântica filosófica. Cada concepção de sustentabilidade tende a enfatizar ou destacar um aspecto.

Além desse elemento descritivo, a sustentabilidade tem, também, um aspecto normativo ou valorativo. A sustentabilidade é um critério, o termo refere-se a uma direção para onde devemos guiar as nossas ações e escolhas. Sustentabilidade é algo em favor do que nós devemos lutar; ao menos, nos parece digno e nobre defender e lutar em favor dela. Aqui, novamente, estamos diante de uma tarefa da filosofia.¹³

Como podemos conceber o conceito de sustentabilidade? Para nos atermos a uma noção bem disciplinar, considerando as dimensões econômica, social e ambiental estritamente com base na conceituação, nas teorias, nos métodos associados às suas respectivas disciplinas, então a dimensão econômica é tratada economicamente; a dimensão social, é tratada sociologicamente; e a dimensão ambiental é tratada ecologicamente. Temos uma visão compartimentada, não integrada, da sustentabilidade. Por isso, falamos de sustentabilidade econômica, de sustentabilidade social e de sustentabilidade ambiental, isoladamente. Esses domínios de objetos e suas respectivas disciplinas interagem, mas eles se limitam, digamos, a esforços disciplinares para definir o conceito.

¹¹ Para as críticas às diferentes concepções de sustentabilidade ver MAWHINNEY, Mark. **Desenvolvimento sustentável: uma introdução ao debate ecológico**. São Paulo: Edições Loyola, 2005.

¹² Sobre o caráter relacional do conceito de sustentabilidade e os aspectos éticos, ver BECKER, Crithian. **Sustainability ethics and sustainability research**. New York: Springer, 2012.

¹³ Sobre os aspectos éticos da sustentabilidade, ver LOPES, Marco Antônio S. **A perspectiva dos funcionamentos e a dimensão ética da sustentabilidade**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Bioética, Ética Aplicada e Saúde Coletiva (PPGBIOS) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2021.

Há uma forma de se pensar a sustentabilidade que é diferente e que nos leva a uma outra noção. Nessa perspectiva, nós não pensamos que os três pilares da sustentabilidade estejam completamente separados. Podemos juntar ou assumir que as dimensões social e econômica são indissociáveis, porque não podemos pensar em economia sem pensar nas relações e instituições sociais. Podemos pensar também que são os padrões de interação entre o social e o econômico que afinal determinam as nossas formas de pressão sobre o meio ambiente. Então, essa já é uma noção mais interdisciplinar, porque ela assume que há uma conexão, uma vinculação forte entre o social e o econômico, e que as interações entre os dois resultam numa pressão sobre o meio ambiente.

Por fim, temos uma terceira concepção de sustentabilidade. Essa noção reconhece que há uma hierarquia ontológica ou, ao menos, uma ordem de precedência entre as dimensões econômica, social e ambiental, na medida em que o elemento ambiental, o meio ambiente, é a condição de possibilidade tanto da dimensão social quanto da dimensão econômica. Na medida em que o ambiental e o social são condição de possibilidade para a dimensão econômica, temos uma hierarquia, uma esfera dentro da outra. Se essa noção de sustentabilidade pressupõe que há uma precedência ontológica do ambiental sobre o social e do ambiental e social sobre o econômico, então, percebemos que estamos diante de uma visão um pouco mais integradora, um pouco mais sistêmica.

De um ponto de vista filosófico, a sustentabilidade suscita questões não apenas acerca da conceitualização apropriada. Em relação ao conceito, podemos levantar uma série de questões de ordem ética; que são as seguintes: quais sistemas, processos ou entidades devem ser sustentados ou mantidos? Para quem eles vão ser mantidos? Por que estas entidades ou seres e não outras? O que os torna elementos valorosos para nós? O reconhecimento do valor dessas coisas, seja lá de um ecossistema como um todo, ou de processos ou apenas de algumas entidades, o reconhecimento do valor nos incumbe de alguma responsabilidade ou obrigação, no sentido moral ou ético? Essas obrigações e deveres, se eles eventualmente existirem, como nós podemos explicá-los? Com base em que conseguimos justificar tais exigências morais? Esses são alguns problemas éticos.

Finalmente, se estamos falando do caráter normativo e valorativo da sustentabilidade, o que significa dizer que ela é um valor ético? Também percebemos, de partida, que não faz sentido falar de sustentabilidade sem medida. Então, a mensuração também é um problema e também é um problema valorativo?¹⁴ Quando nós tentamos estabelecer medidas de sustentabilidade, fazemos isso de cima para baixo, do campo científico para realidade das coisas e seres, tecnocraticamente, ou

¹⁴ Sobre os desafios da construção de indicadores e medidas de sustentabilidade, ver VEIGA, **Desenvolvimento sustentável**. Ver, também, PINTÉR, László; HARDI, Peter; MARTINUZZI, André; HALL, Jon. Bellagio STAMP: principles for sustainability assessment and measurement. **Ecological Indicators**, n. 17, 2012.

fazemos ao contrário, de baixo pra cima, democraticamente? Devemos nos preocupar com aquelas pessoas que estão vivendo as realidades e dificuldades nos diferentes ambientes, com as suas diferentes compreensões da sustentabilidade, e a partir disso teorizarmos sobre qual é a forma mais apropriada de se construir indicadores, ou fazemos o contrário? De qual concepção de sustentabilidade devemos partir para construir as medidas de sustentabilidade? Quais são as bases do diagnóstico da sustentabilidade ou insustentabilidade do nosso estado atual? Isso nos coloca a seguinte pergunta: quais são os critérios para se dizer se algo é sustentável ou insustentável? Conseguimos estabelecer critérios necessários e suficientes? Quais são os índices que representam esses critérios? E quais são os indicadores e variáveis que evidenciam esses índices? Como elas podem ser medidas? Como combinamos os indicadores para comporem esses índices? É preciso especificar quais são as variáveis que compõem os indicadores? E qual é o peso de cada uma delas.¹⁵ Por exemplo, um ótimo indicador de sustentabilidade é a qualidade de vida. Mas como especificamos quais são as variáveis que consideraremos? Quando falamos em medir a qualidade de vida, precisamos especificar e justificar a conceitualização das variáveis e dos indicadores. Ocorre que as variáveis e os indicadores nem sempre são operacionalizáveis. A própria noção de qualidade de vida é problemática. Como operacionalizamos uma noção abstrata e vaga como qualidade de vida? Em que nos baseamos para construir uma forma de medi-la? Por qual procedimento? Consideramos conexões lógicas, correlações estatísticas ou conexões causais? Com base em que sustentamos isso?¹⁶ Todos esses problemas de mensuração, não só da conceitualização de sustentabilidade, são problemas de ordem filosófica. Eles demandam que se reflita sobre a conexão entre as nossas ideias e nossas ideias e conceitos.

Referências bibliográficas

BECKER, Crithian. **Sustainability ethics and sustainability research**. New York: Springer, 2012.

HARVEY, David. **Para entender O Capital de Marx (volume I)**. Trad. Rubens Enderle. São Paulo: Boitempo, 2013.

¹⁵ Ver NAUTIYAL, Himanshu; GOEL, Varun. Chapter 3 - Sustainability assessment: metrics and methods In: REN, Jingzheng (Ed.). **Methods in sustainability science**. Amsterdam: Elsevier, 2021

¹⁶ Ver INTERNATIONAL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (IISD). **Compendium of sustainable development indicator initiatives**, 2004. Disponível em: <<http://www.iisd.org/measure/compendium/searchinitiatives.aspx>>. Acesso: 12/10/2022.

- INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (IISD). **Compendium of sustainable development indicator initiatives**, 2004. Disponível em: <<http://www.iisd.org/measurement/compendium/searchinitiatives.aspx>>. Acesso: 12/10/2022.
- LOPES, Marco Antônio S. **A perspectiva dos funcionamentos e a dimensão ética da sustentabilidade**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Bioética, Ética Aplicada e Saúde Coletiva (PPGBIOS) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2021.
- MAWHINNEY, Mark. **Desenvolvimento sustentável: uma introdução ao debate ecológico**. São Paulo: Edições Loyola, 2005.
- MEADOWS, Denis [et. al.]. **Os limites do crescimento**. São Paulo: Perspectiva, 1973.
- NAUTIYAL, Himanshu; GOEL, Varun. Chapter 3 - Sustainability assessment: metrics and methods In: REN, Jingzheng (Ed.). **Methods in sustainability science**. Amsterdam: Elsevier, 2021, p. 27-46.
- PINTÉR, László; HARDI, Peter; MARTINUZZI, André; HALL, Jon. Bellagio STAMP: principles for sustainability assessment and measurement. **Ecological Indicators**, n. 17. p. 20-28, 2012. DOI: 10.1016/j.ecolind.2011.07.001
- STATISTA. **Production of polyethylene terephthalate bottles worldwide from 2004 to 2021**, 2023. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/723191/production-of-polyethylene-terephthalate-bottles-worldwide/>>. Acesso em: 12/10/2022.
- THE OCEAN CLEANUP. The Great Pacific Garbage Patch. Disponível em: <<https://theoceancleanup.com/great-pacific-garbage-patch/>>. Acesso em: 12/10/ 2022.
- VEIGA, Eli da. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**. Rio de Janeiro, Garamond, 2005.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our common future**, 1987. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>>. Acesso em: 12/10/2022.
- WORLD ECONOMIC FORUM. **Top 25 recycling facts and statistics for 2022**, 2022, Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2022/06/recycling-global-statistics-facts-plastic-paper/>>. Acesso em: 12/10//2022.