

CIPOLLA, C., BARTHOLO, R. Empathy or Inclusion: A Dialogical Approach to Socially Responsible Design. *International Journal of Design* 8(2):87-100.

Acesso: <http://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/viewFile/1255/626>

LIMA, F., DUARTE F. (2014) Integrando a Ergonomia ao projeto de engenharia: especificações ergonômicas e configurações de uso. *Gestão e Produção* v. 21, n. 4 p. 679-690. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X733-13>.

Acesso: http://www.scielo.br/pdf/gp/v21n4/aop_073313.pdf

SILVA, E.R. & PROENÇA JÚNIOR, D. "Não ser não é não ter: engenharia não é ciência (nem mesmo ciência aplicada)". In: PROENÇA, A et al (orgs.). *Gestão da Inovação e Competitividade no Brasil*, pp. 197-218. Bookman, 2015. ISBN-10: 8582603428; ISBN-13: 978-8582603420.

Acesso: texto em anexo

FONTAINHA, T.C., LEIRAS, A., BANDEIRA, R.A.M. SCAVARDA, L.F. (2017) Public-Private-People Relationship Stakeholder Model for disaster and humanitarian operations. *International Journal of Disaster Risk Reduction* v.22, 371-386, ISSN 2212-4209, <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.02.004>.

Acesso: https://www.researchgate.net/publication/313485734_Public-Private-People_Relationship_Stakeholder_Model_for_disaster_and_humanitarian_operations

FONSECA, M.V.A.; PINTO, M.C.L.F.P.; ALONSO, P.S.R.; DAN JUNIOR, E. Analysis of the Innovation Potential of Brazillian Oil and Gas Companies. *International Business and Management*; Vol. 8, No. 2, 2014, pp. 45-64; DOI:10.3968/4799.

Acesso: http://www.cscanada.net/index.php/ibm/article/view/4799/pdf_61

BARTHOLO, R., AFONSO, R., BEZERRA, M. "Tecido Urbano, Dinâmicas e Periferias" in Barbosa, J.L., SILVA, M.B. *Oeste Carioca*. Rio de Janeiro: Observatório de Favelas, 2015..

Acesso: <http://observatoriodefavelas.org.br/wp-content/uploads/2015/02/OESTE-CARIOCA-EBOOK-1.pdf>

Não ser não é não ter:
Engenharia não é Ciência (nem mesmo ciência aplicada)

**Capítulo 10 do livro Proença, Lacerda, Antunes e Salerno
(2015), Gestão da Inovação e Competitividade no Brasil, Ed.
Bookman**

Há modificações nessa versão em relação à versão publicada – sugere-se comprar a obra.

Édison Renato Silva, D. Sc.
Domício Proença Júnior, D. Sc., O.M.D.
Programa de Engenharia de Produção - Coppe/UFRJ
edison@ufrj.br

Final. Julho 2012.

Agradecemos os comentários de
Adriano Proença, Luiz Antonio Meirelles e Roberto Bartholo.

Introdução: os Requisitos Epistemológicos da Inovação em Engenharia

Inovar é oferecer algo diferente, distinto.

Inovar, para uma organização, corresponde a desenvolver estratégias de negócio que permitam obter vantagens competitivas das mais diferentes ordens – em custos de processo, desempenho de produto, financiamento ou marketing. Inovação acabou se fazendo uma palavra performance, sem conteúdo próprio, aberta às mais diferentes flexões em seu significado, um código para assinalar algo que expressa a possibilidade ou a realidade de uma estratégia de negócio, ou política pública, ou proposta de ação exitosa. Essa prática contamina a literatura dos estudos em inovação, até o ponto em que o que seja inovação acaba sendo tão amplo, que se confunde com tudo o que possa ser relevante para a organização, seja diferente, distinto, ou não.

Inovar, para a engenharia, tem um significado muito mais preciso: denota uma ampliação da capacidade de intervenção. Inovar em engenharia – engenharia em sua plenitude, material, humana, social, para lembrar Gilberto Freyre – decorre de se poder afirmar a ampliação de seu estado da arte. O estado da arte em engenharia corresponde ao acervo personalizado e datado (no sentido de “num determinado momento”) de conhecimento que permite a um(a) praticante encaminhar uma solução para um problema. Mais amplamente, o acervo coletivo e datado da própria Engenharia também corresponde a um estado da arte. Mas poder afirmar uma ampliação do estado da arte exige ser capaz de dizer o que é, como se demarca, produz, usa e acumula o conhecimento em engenharia*.

* Propomos aqui “estado da arte” como um termo de ambição conceitual, desdobrado adiante

Tudo isso depende de se ter um entendimento claro do que é o conhecimento em engenharia: qual sua natureza, qual seu método; como se aprende, aprecia, aplica, avalia, critica tal conhecimento; como se estrutura, contribui ou usa de seu acervo. Esse entendimento existe de maneira largamente tácita entre os praticantes de engenharia, mas isso não é o bastante para tudo. Ainda que muito da prática da engenharia seja, possa ser e tenha mesmo que seguir sendo tácita, sem a expressão explícita do que é o conhecimento em engenharia, arrisca-se oprimir a Engenharia com expectativas e critérios que sabotam sua capacidade de produzir resultados; inclusive resultados inovadores, úteis para estratégias de negócio, formulação de políticas públicas ou ações do terceiro setor.

Este capítulo propõe um passo atrás para melhor saltar adiante: recua sobre pressupostos pouco apreciados da epistemologia na ciência e o que seria sua contrapartida na engenharia para expor a diferença entre seus processos de demarcação, produção, uso e acúmulo de conhecimento. Desta forma, apresenta-se uma perspectiva pela qual se pode repensar as práticas e o ensino da engenharia, revelando que diversos elementos que poderiam ser deixados de lado por não serem, ou não poderem ser, científicos, são, de fato, elementos centrais e essenciais do que é, e precisa ser, a engenharia, lembrando “engenho e arte”: onde se pode ousar, criar, adaptar e daí, também, ocasionalmente, inovar.

A Arte ficou fora de nosso alcance nesta ocasião. Engenharia (“engenho e arte”) e Ciência reconhecem a Arte senão como raiz, certamente como componente e coirmã do que são Ciência, como nos textos colecionados por Dawkins, ou Engenharia, como proposta por Ferguson, numa unidade do humano no saber, fazer e saber fazer. As dinâmicas personalizadas do ato criador do(a) cientista e do(a) engenheiro(a) são idênticas às do(a) artista, como se pode encontrar em Bronowski e Gombrich, um afirmando a unidade, o outro, pela apreciação da “estória” da arte, confirmando-a. Mas incorporar o que fosse e como relacionar a Arte nesta apresentação revelou-se além de nossa competência. Aqui apenas afirmamos nosso entendimento da necessidade de se vir a ampliar esta discussão, noutra oportunidade, pela inclusão da Arte.

Com esse limite, em termos amplos, tem-se primeiros passos rumo ao que possa vir a ser uma “filosofia da engenharia” como espelho da “filosofia da medicina”, ou seja, o arcabouço mais amplo da razão de ser e como ser de um ofício, caminho para o amadurecimento de uma profissão – profissão como jurisdição de competência e responsabilidade na divisão social do trabalho especializado nos termos de Abbott. Em termos estritos, o capítulo corresponde a uma investigação do que seriam os elementos contrastantes entre a “epistemologia da ciência” e a contrapartida de uma “epistemologia” para a engenharia, ou seja, o confronto dos critérios de demarcação do que é conhecimento “científico” e do que é conhecimento “engenheiral”, lado a lado com a apreciação dos processos de produção, uso e acúmulo destes dois tipos de conhecimento. Isso demanda uma cautela: esta imagem introdutória de uma “epistemologia da engenharia” (ou mesmo, para além do que o capítulo realiza, seu possível

de diversas formas. Nisso nos distanciamos de usos de termos análogos, e em particular das perspectivas normativas, por exemplo, como expressa no Código de Propriedade Industrial (Lei 9279/96) que define “estado da técnica” no § 1º do Artigo 11 como sendo “constituído por tudo aquilo tornado acessível ao público antes da data de depósito do pedido de patente, por descrição escrita ou oral, por uso ou qualquer outro meio, no Brasil ou no exterior, ressalvado o disposto nos arts. 12, 16 e 17”. Aqui a questão é ser capaz de lidar com os diferentes continentes de distintos conteúdos que são os “estados da arte” da Engenharia ou o “estado do conhecimento” da Ciência, em indivíduos e em conjunto de indivíduos, privados e públicos, etc.

papel no rumo de uma “filosofia da engenharia”) deve ser firmemente apontada como sendo apenas isso, uma primeira imagem para comunicar uma perspectiva pela qual entender a especificidade dos processos de conhecimento em engenharia. Como nomear o conjunto normativo dos processos de demarcação, produção, uso e acúmulo de conhecimento em engenharia é obra em andamento; aqui apontamos alguns de seus conteúdos.

Neste capítulo, apresenta-se como e porque os processos de demarcação, produção, uso e acúmulo do conhecimento científico (que ambiciona saber para descrever, explicar ou prever a realidade) diferenciam-se de maneira marcada e essencial dos processos de demarcação, produção, uso e acúmulo de conhecimento em engenharia (que ambiciona saber fazer para modificar a realidade). A parte 1 discute ciência; a parte 2, engenharia; a parte 3 conclui que “engenharia não é ciência”.

1. Ciência

O que seja a epistemologia da ciência, o “como sabemos o que sabemos” em ciência, não decorre, nem depende, de processos científicos: trata-se de construções que propõem critérios normativos de maneira tão somente persuasiva, a “filosofia da ciência”. São cientistas e comunidades científicas que aderem a determinado padrão normativo como sendo o que mais lhes parece capaz de produzir os tipos de resultados que desejam e orientar os tipos de atividades que desenvolvem. Isto significa que existe variedade do que seja a epistemologia da ciência em qualquer momento dado, e que qualquer expressão do que seja a normatividade científica expressa um ato de filiação, de adesão, a uma determinada proposta. Cada cientista responde em termos substantivos e éticos pela decisão de aderir a este ou aquele partido epistemológico.

Aderindo a Lakatos, ele mesmo assumidamente um aperfeiçoamento de Popper, entende-se que há dois limiares na construção da normatividade da ciência, que configuram quais sejam os processos válidos de demarcação, produção, uso e acúmulo de um conhecimento para que este possa ser considerado como científico.

O primeiro limiar é o critério de demarcação, que permite distinguir o que é e o que não é admissível como conhecimento científico. Os termos de Popper, com que Lakatos concorda, são que só se admite como conhecimento científico proposições substantivas “abertas à refutação”. Isto é, que o que estas proposições dizem – para descrever, explicar ou prever a realidade – pode ser testado, comparando o que enunciam com a realidade. Bunge propõe, complementarmente, critérios que permitem classificar conhecimentos fora da ciência como: (i.) não científicos – que não são nem se apresentam como ciência; (ii.) protocientíficos – que ainda não são, mas buscam atender os requisitos para ser ciência; (iii.) pseudocientíficos – que não são, mas se apresentam como ciência.

O segundo limiar diz respeito à lógica dos Programas de Pesquisa Científica, que configura os processos pelos quais a ciência produz, usa e acumula conhecimento. Essa lógica diz respeito a conjuntos articulados e solidários de proposições. A toda teoria científica – que descreve, explica ou prediz, corresponde uma teoria observacional – que respalda a forma como se converte “os fatos” da realidade em “dados empíricos”. Estes pares de teorias correspondem a Programas de Pesquisa Científica.

Bronowski explica que uma teoria científica é um exercício de construção de linguagem, pela qual se busca, através do que se percebe da realidade por uma teoria observacional, definir termos, *conceituar* em termos amplos, e elaborar relacionamentos capazes de representar, em

discurso, os fenômenos que se observam na realidade, *estabelecer causalidade* em termos amplos. A atividade de produção de conhecimento científico corresponde à construção de uma linguagem. Uma linguagem inventada de propósito, cujo vocabulário é controlado e cuja gramática é direcionada, para poder dizer bem determinadas coisas, e apenas elas. O vocabulário controlado só admite um nome para o mesmo fenômeno, não importa quão diferente ele pareça ou diferentes sejam as circunstâncias em que tenha lugar. Impõe diferentes nomes para diferentes fenômenos, não importa o quão semelhantes eles pareçam ou semelhantes sejam as circunstâncias em que ocorram. A gramática direcionada só admite como válidas, como possíveis, frases que relacionem os itens do vocabulário das formas como a teoria afirma terem lugar na realidade, seja para descrever, explicar ou predizer.

A ciência, entendida como uma linguagem, transcende a forma de sua exposição em outras formas de linguagem, admitindo variedade: seja impondo seus conceitos e gramática de ciência por sobre os significados e gramática de um idioma de linguagem natural, seja lançando mão dos recursos de idiomas como a matemática ou a geometria. O processo de produção de conhecimento em ciência corresponde à construção vocabular e gramatical diante de uma empiria para nomear fenômenos e explicitar relacionamentos. Estabelecer o que se nomeia e definir regras que os relacionam são tão produção de conhecimento científico quanto o ato de se observar a realidade para concebê-los ou confrontá-los. Mas isso é um processo em andamento, que confronta o que tal linguagem permite dizer e o que se pode observar na realidade. Dos resultados deste confronto se pode vir a ter erros e acertos que pautam o aperfeiçoamento de tal linguagem, que permitem descrever, explicar ou predizer mais ou melhor. Aqui se tem o humano e sua cognição construindo continuamente algo que lhe permita entender a realidade.

Para Kuhn, esse processo é condicionado pelas comunidades de cientistas em determinados contextos sociais. As diferentes edições da obra de Kuhn registram passagens e atribuições delicadamente matizadas, e foram fonte de muitas interpretações iniciais mais tarde renegadas pelo próprio autor. Sua expressão mais instigante é que o conteúdo de uma determinada formulação de ciência corresponderia a um “paradigma” que resiste a reconhecer seus limites e problemas diante da empiria (o que significa flexibilizar o critério de demarcação por motivos sociais, políticos) instituindo-se em “ciência normal”. O acúmulo de problemas acabaria por levar a um processo de “mudança de paradigma” que ensejaria um período de “ciência revolucionária”, após o qual esta serviria de matriz para uma nova “ciência normal”. Esta dinâmica compreende a produção da ciência como expressão ou ao menos como sujeitada a arranjos de poder e, com este entendimento, admite que pode não ser possível considerar o conteúdo de um paradigma nos termos de outro. A produção de conhecimento seria confinada à sujeição ou a rebelião diante destes interesses, com o viés da capacidade decrescente de resultado empírico do uso da “ciência normal”, até que a resultante de rebelião e incapacidade permitisse seu questionamento e derrocada. Como resultado, a acumulação do conhecimento em ciência seria mais ruptura do que continuidade, e a imagem de continuidade seria ela mesma uma expressão da “ciência normal” no poder.

Para Lakatos, a produção, uso e acúmulo de conhecimento em ciência se dá pela lógica de confronto entre Programas de Pesquisa Científica. A teoria científica entendida como a linguagem de cada Programa compreende um conjunto de vocábulos e frases gramaticalmente válidas (o “núcleo duro”), cujo questionamento não é admissível (“heurística negativa”) e portanto precisa ser protegido da refutação diante de resultados empíricos que o contradigam por hipóteses adicionais e exceções (“cinturão protetor”). Todas as descrições, explicações e predições (“heurística positiva”) do Programa dependem do “núcleo duro”. Sejam como *proxies* do núcleo duro, sejam em si mesmas, as descrições,

explicações ou predições de um Programa são testadas contra a empiria. À medida que se realizam tais testes, acumulam-se resultados: que confirmam ou refutam, ou ainda que não são passíveis de tratamento pela teoria (“anomalias”). Para Lakatos, atribuir a um Programa de Pesquisa individual a qualidade científica é um erro de classificação: a acumulação de conhecimento em ciência só ocorre pelo confronto de Programas diante da empiria.

Na produção de conhecimento, num dado momento, tem-se as teorias científicas, e portanto os Programas de Pesquisa, T1 e T2 (embora nada impeça que T1 e T2 sejam vertentes de uma mesma T original), cada um dos quais registra uma determinada quantidade e qualidade de confirmações, refutações, exceções e anomalias. Esse registro resulta do contraste entre o que cada teoria diz e o que se observa na realidade, o que exige que se tenham teorias observacionais mutuamente inteligíveis (ou a mesma teoria observacional, dá no mesmo).

No uso do conhecimento, tem-se a aplicação do conteúdo de um Programa de Pesquisa T nos rumos de sua heurística positiva. A ampliação do âmbito, do alcance, da inteligibilidade, de todas as qualidades descritivas, explicativas ou preditivas que a teoria T ambiciona.

No acúmulo do conhecimento, à medida que o tempo passa, se comparam os resultados positivos e negativos que T1 e T2 produzem em termos descritivos, explicativos ou preditivos – bem como suas exceções e anomalias. Tem-se uma disputa entre Programas em termos de seu “conteúdo empírico excedente”, isto é, o que um descreve, explica ou prediz *mais* do que o outro.

Assim se pode reconhecer a particularidade científica da lógica de troca (apresentação, publicação, disponibilização) do “paper”, a prioridade para o artigo científico conciso, porque uma ínfima contribuição, um conteúdo empírico a mais, “só soma”. Só soma porque pode ser essa a peça que falta no jogo de outros que estão no mesmo Programa de Pesquisa (ou, mais raramente, num concorrente); só soma porque é parte de um diálogo em que todos os interessados compartilham o que é o estado do conhecimento do Programa, e não precisam mais do que uma breve revisão para situarem e incorporarem a contribuição de um artigo, mesmo um artigo que some “ínfimamente”. Pode se reconhecer, ainda, o papel conformante do “livro” que estrutura quais sejam, e o quanto estejam, ou ainda que preencha toda uma classe de lacunas, em oposição ao “paper” que preenche uma lacuna específica (que pode ser crítica, decisiva, no contexto do diálogo). A dimensão da tarefa faz com que sejam livros e não “papers” que sirvam para veicular a (re)formulação teórica ou a consolidação crítica dos resultados de um Programa de Pesquisa, fazendo inteligível o resultado cumulativo do que os “papers” apresentam; que sejam livros que apontem para a renovação, abandono ou para a criação de um novo Programa; que sejam livros que permitam saber sobre coisas das quais não se sabe nada ou quase nada; que sejam livros que possam extrair do acervo do estado de conhecimento de um Programa mesmo o que nem se imaginava poder vir a saber – o desbravamento do desconhecido, que Lakatos denomina, com uma fina ponta de ironia bem-humorada, “fatos novidadeiros” (*novel facts*).

Quando um Programa vai acumulando mais e mais conteúdo empírico excedente sobre seus competidores, diz-se que ele é progressivo; quando vai encontrando limites, acumulando pouco ou nenhum conteúdo empírico a mais em confronto com outros, diz-se que ele é degenerescente. Há expectativas, e todo tipo de incentivo para que mais e mais cientistas se alinhem com um Programa percebido como progressivo; há expectativas e incentivos para que cientistas deixem de lado um Programa percebido como degenerescente.

Mas isso nem sempre é assim. Abandonar ou aderir a um Programa é a decisão da ética de cientista ela mesma. A relutância interesseira ou a renitência apaixonada de cientistas pode levar a que se aferrem a um Programa degenerescente muito além do que pareceria ser

razoável. O viés pró-heurística positiva da proposta de Lakatos busca lidar com este elemento de humanidade em cientistas e dar conta de dois extremos. O primeiro corresponde à hipótese de Duhem-Quine – sempre se pode salvar um Programa do colapso completo, lançando mão de expedientes. Pode-se resolver uma anomalia declarando-a uma exceção, isto é, “aumentando a confirmação da teoria” por um dispositivo *ad hoc*; pode-se desqualificar a teoria observacional do Programa concorrente em qualquer um de seus diversos aspectos; pode-se contestar a validade empírica da realidade observada; pode-se acrescentar hipóteses auxiliares (emprestando vocabulário ou gramática de outros Programas) para incorporar como seus os resultados positivos de outra teoria. O segundo corresponde ao desafio de sustentar o potencial de um Programa contra seu estado degenerescente, revendo e aperfeiçoando uma teoria degenerescente T numa T' que pode se revelar capaz de excedente empírico suficiente para reverter o quadro de degenerescência, e mesmo de emergir em triunfo para ombrear e por vezes superar outro Programa. Mas a demanda por excedente empírico próprio pode levar ambas as posições até o ridículo.

Para Feyerabend, essa é uma expectativa algo irrealista. Ela é irrealista porque tanto no início, quanto nos momentos mais cruciais do processo de acumulação de conhecimento, e ainda no que pode ser um longo período necessário para salvar uma teoria, não se pode exigir aderência ao rigor da lógica dos Programas de Pesquisa Científica. O que conta é ser capaz de chegar a resultados usáveis e úteis (o que significa aceitar o critério de demarcação), mas *não importa como*. Assim como Kuhn, as sucessivas edições de Feyerabend seguem adiante umas em relação às outras, e o apelo retórico de se propor como “anarquismo metodológico” não deve levar a que se confunda sua posição como um conclave ao vale-tudo. Feyerabend defende que recorrer a dispositivos *ad hoc*, a hipóteses auxiliares e tudo o mais pode ser uma escolha *válida* para cientistas. E se isto é uma escolha válida, então qualquer prescrição de método ou demanda normativa que os iniba é inapropriada. O processo de construção do que Lakatos chamaria, um dia, de um Programa pode precisar de tais dispositivos por um certo tempo antes que possa atender ou voltar a atender ao requisito do excedente empírico, antes de revelar-se usável ou útil. Assim, demandar este requisito de partida e em todos os momentos arrisca perder a oportunidade de acumular conhecimento (eventualmente, dado tempo suficiente) científico.

Produção, uso e acúmulo do conhecimento científico pela ciência é tanto meio quanto fim. A ciência usa o que sua capacidade de descrever, explicar e predizer permite para ser capaz de descrever, explicar e predizer mais e melhor. Assim, o uso do conhecimento científico permeia seus processos de produção e acúmulo, admitindo reconstruções históricas racionais, como faz Lakatos. Pode-se considerar a utilidade e a história “externa” à ciência, mas ainda da ciência: resultados e influências do que o conhecimento científico permite na sociedade, que a seu turno pode influenciar a produção de conhecimento científico. Pode-se considerar a utilidade e a história “interna” da ciência, a dinâmica do uso do conhecimento científico na lógica e com as prioridades dos próprios Programas de Pesquisa, obediente aos imperativos de sua busca por excedente empírico. É neste sentido que se pode caracterizar que os meios e os fins da ciência convergem: ser capaz de descrever, explicar e predizer mais e melhor para descrever, explicar e predizer, o que corresponde ao “progresso” ou ao “avanço” da ciência.

Ciência é o processo de produção, uso e acúmulo de conhecimento através da confrontação de Programas de Pesquisa Científica com o objetivo de descrever, explicar e predizer a realidade. Para Lakatos, a Ciência como um todo poderia, ela mesma, ser concebida como um tal Programa. Esta perspectiva e a convergência de meios e fins estabelecem a unidade da ciência, que admite e contém uma pluralidade de agregações de fenômenos (“objetos”) e variedade de linguagens (vocabulário e gramática, “métodos”) de tantos (sub)Programas de

Pesquisa Científica (tantas “teorias” – científicas e observacionais) quantos possam atender ao critério de demarcação e sejam capazes de produzir excedente empírico.

2. Engenharia

O que seja uma “epistemologia” da engenharia diz respeito a “como sabemos fazer o que sabemos fazer”. Ela decorre e depende de processos plenamente “engenheiros” de acomodação pragmática diante do que a realidade admite. Trata-se de um acervo de conhecimentos que servem para saber-fazer, *heurísticas*, produzidas em instâncias individuais, mais ou menos compartilhado, que se acumula em função do que uma dada intervenção pautada por um determinado saber-fazer, determinadas heurísticas, foi capaz, ou pareceu ser capaz, de produzir na realidade. Deste ponto de vista, a Engenharia – engenharia em sua plenitude, material, humana e social – só tem um “partido epistemológico”: “resolver um problema” (produzir mudança na realidade). Cada um destes elementos necessita de explicação.

Heurística, na engenharia, corresponde a “qualquer coisa que contribua para a solução de um problema”, como propõe Koen. Esta é uma definição que precisa ser qualificada em dois aspectos. Por um lado, essa definição de “qualquer coisa” para o que seja uma heurística inclui muito, mas não inclui tudo. Seu critério de inclusividade é a capacidade ou potencial de produzir efeito na realidade, contribuindo para que se chegue a uma solução. Muito dos saberes não corresponde a uma heurística na engenharia se não contribui para saber-fazer; e muito dos fazeres não corresponde a uma heurística se não contribui para o saber-fazer. Aqui é oportuno clarificar que heurísticas não precisam ser exclusivamente prescrições que encaminham a solução do problema. Basta que contribuam para a solução: assim, por exemplo, tanto a hipótese do corpo rígido da Física (para citar uma heurística na Ciência) quanto a árvore da realidade atual da Teoria das Restrições (para citar uma heurística na Engenharia) contribuem para a solução de um problema, não são prescrições e, ainda, não podem ser consideradas como “científicas” por um critério Popperiano/Lakatosiano de demarcação.

Por outro lado, uma heurística apenas “contribui para a solução”: ela não oferece garantia de sucesso em sua aplicação. Uma heurística pode não ser (com)provada ou mesmo passível de prova; pode nunca ter sido tentada antes, ou usada da determinada maneira com que venha a ser usada. E ainda assim vir a ser usada ao arrepio de não oferecer garantia de sucesso, mesmo quando já foi muito usada antes. De fato, todas as heurísticas foram, em seu primeiro uso, este tipo de aposta. Muito do uso das heurísticas da engenharia é acompanhado pelo risco de não produzir o que se espera em maior ou menor medida. Pouca coisa é certa e segura quando se usam heurísticas, e se tem diversas heurísticas para tentar lidar com isso.

A natureza heurística do conhecimento em engenharia, ou que o conhecimento em engenharia corresponda a heurísticas serve para esclarecer que, apesar disso, engenharia não é “tentativa e erro”, pura e simplesmente. Ainda seguindo Koen, seria impossível explicar o enorme sucesso da engenharia – tudo o que chamamos de “tecnologia”, entre outras coisas – se a engenharia fosse apenas isso. A engenharia tem sim uma componente de tentativa e erro – essa é uma possibilidade heurística como qualquer outra. E como qualquer outra heurística, tentativa e erro pode ser parte dos processos de produção, uso e acúmulo de heurísticas que se discutem a seguir. Aí se pode seguir adiante para esclarecer o que seja “resolver um problema” em engenharia.

A dinâmica da engenharia pode ser reconstruída logicamente como um fluxo socialmente situado, em que se usam diferentes heurísticas em cada um de seus passos. Ele começa com (i.) uma demanda, pela sociedade, de mudança na realidade; quando esta é considerada ao alcance da competência de um(a) engenheiro(a) individual, ela é traduzida como (ii.) um problema, cujo encaminhamento é um determinado (iii.) projeto, que pode ser uma (iv.) solução. É neste fluxo que se pode situar os processos de produção, uso e acúmulo de conhecimento em engenharia.

(i.) *uma demanda, pela sociedade, de mudança na realidade...*

A demanda nasce da sociedade, que busca um determinado efeito ou resultado: (a.) ela pode ser expressa por alguém que a deseja como *queixa* para quem vai buscar tal mudança (o(a) engenheiro(a)), uma demanda explícita; (b.) pode nascer em quem é capaz de buscar a mudança (o(a) engenheiro(a)) porque percebe que uma mudança desejável, uma *necessidade* não atendida, está a seu alcance, uma demanda implícita; (c.) pode corresponder a uma *oportunidade* em que por queixa ou iniciativa de quem pode buscar tal mudança se vislumbra algo para o que se pode vir a ter demanda; ou ainda (d.) a uma *possibilidade*, em que por queixa ou iniciativa, se vislumbra algo que se pode fazer e daí se segue adiante, por que não?

Um passo inicial diante da demanda é o questionamento de sua integridade substantiva e política. Substantivamente, se a demanda como percebida “faz sentido”, ou seja, se ela considera tudo o que deveria considerar, se não considera informações falsas, se o efeito ou resultado que ambiciona é logicamente conexo com a demanda, ou ainda se apreciou as consequências de obter tal efeito ou resultado que podem embaraçar a demanda ou produzir colaterais indesejáveis. Politicamente, se coaduna com as expectativas e cuidados cidadã(o)s ou profissionais do(a) engenheiro(a). A essa consideração, ou em paralelo a ela, se tem a apreciação “a um primeiro olhar” de se parece possível chegar ao efeito ou resultado que a demanda aspira. Isso corresponde a um juízo idiossincrático de cada engenheiro(a) quanto ao alcance de sua própria competência (presente ou ampliada para dar conta do que a demanda sugere possa ser necessário) de vir a produzir uma intervenção que produza efeito ou resultado que atenda a demanda.

Então a questão pode ser de que esta capacidade de intervenção pode apontar para alternativas de produzir efeito ou resultado de uma determinada forma que não é a que pode ter sido apontada (desejada, indicada, etc.) na forma como se colocou ou reconheceu a demanda. Isso corresponde a uma contextualização da possibilidade de encaminhamento da demanda. Novamente se tem que considerar se esse encaminhamento possível é, ou não, uma forma de atender à demanda. Isso inclui considerar os graus de ambiguidade e imprecisão intrínsecos à formulação dos termos da intervenção.

Pode-se entender a intervenção engenheiral como mudar de “A” de alguma forma para “B” – ($A \rightarrow B$). Mas é intrinsecamente difícil ter claros os três termos, e a demanda pode mesmo existir porque se tem alguma clareza apenas de um deles. Assim, numa queixa, se quer “B”; numa necessidade, sabe-se “A”; numa oportunidade, nenhum dos termos é claro; e numa possibilidade pode-se ter claro apenas “ \rightarrow ” (“seta”). Quando estas considerações se alinham numa medida engenheiralmente tolerável de (in)certeza é que a demanda, adaptada ou “arredondada” pode ser tomada como fonte para o encaminhamento de seu atendimento;

... (que é) traduzida como (ii.) *um problema ...*

Um “problema” desdobra a demanda de duas formas: (a.) construindo uma *visão* em que se imagina a mudança em seu contexto produzindo o efeito ou resultado que atende a demanda e (b.) traduzindo a forma de se chegar ao que se visualiza em termos de *função objetivo* e *restrições* que pautam a intervenção na realidade. A função-objetivo corresponde à expressão engenheiral de “B”, o que o(a) engenheiro(a) é capaz de fazer para aproximar a visão. Quais sejam as restrições correspondem aos limites, qualitativos e quantitativos, que definem condições de contorno, requisitos, efeitos e consequências de ($A \rightarrow B$), ou de “A”, “ \rightarrow ”, “B” em qualquer combinação. A definição da função-objetivo e das restrições admitem dinâmicas sociais recursivas entre a demanda, a análise de viabilidade, e a (re)configuração da função-objetivo ou das restrições. Algo que parece (ou pode mesmo ser) possível pode não ser viável

em função de preferências ou limites em qualquer uma delas. Isso depende de se ter, ou chegar, a uma situação inicial “A” relativamente clara, com a visão de um ou alguns “B”s para poder circunscrever o conjunto de “→” que podem dar conta da passagem (A → B). Daí se avalia se “→”, está ou não ao alcance do(a) engenheiro(a) com uma margem tolerável de confiança, e neste caso, tem-se estabelecidos os termos do “resolver um problema”. Dito de uma outra maneira, um(a) “engenheiro(a) só formula problemas que consegue resolver”,

... cujo encaminhamento é um determinado (iii.) projeto ...

Cada especialidade da engenharia é idiossincrática na maneira como ordena, conduz e conclui suas atividades de projeto. Ainda assim, diante de uma análise de viabilidade satisfatória, algum tipo de planejamento de projeto tem lugar; algum tipo de preparação para início de trabalhos é necessária; algum tipo de agremiação de alternativas e escolha de rumo inicial, dos arranjos e das prioridades que possam persegui-lo é pré-condição de projeto; alguma dinâmica existe que diferencia rascunhos, de estudos, de propostas formais; algum tipo de divisão se reconhece entre uma solução que é ideia ou conceito, o que é expressão de intenção de ação e o que são as formas de documentação e controle necessárias para preparar a ação, antecedendo-a em detalhe; e alguma sequência existe para lidar com a materialização do que venha a ser o rumo de intervenção proposto, seu controle de processo, aferição de desempenho, monitoramento inicial ou piloto de funcionamento produzindo efeito ou resultado para alinhá-lo com a mudança pretendida pela visão; e alguma forma de controle de qualidade ou de passagem para quem vai usar o resultado do projeto.

Uma questão do “como sabemos fazer o que sabemos fazer” da engenharia é sua natureza de obra aberta “a partir de certo ponto”. Isso diz respeito à confiabilidade das heurísticas que se considera e se resolve adotar num projeto. A contraparte da resposta “impossível” diante de uma demanda na análise de sua viabilidade é a variedade dos diversos “possível” qualificados no desenvolvimento de um projeto. Aqui se tem diferentes formas pelas quais um(a) engenheiro(a) enquadra suas expectativas e decisões. Seja nas soluções parciais ou no projeto como um todo, como ajuíza as componentes ou a resultante das heurísticas de “→”: a quase-certeza de uma receita-de-bolo, as margens de interpolação e extrapolação de uma tabela ou protocolo, o cálculo mais ou menos preciso ou robusto, a adaptação diante da especificidade do concreto, até a arte da articulação, combinação ou invenção. Tudo isso são formas pelas quais se lida com a incerteza decrescente em relação ao “B” que se pode atingir (e o quanto ele aproxima o “B” visualizado) e com os diferentes graus de incerteza inerente às heurísticas em uso nas componentes e resultante de “→” ao longo do desenvolvimento do projeto, até o ponto em que se chega ao algo

... que pode ser uma (iv.) solução.

Um projeto considera diversas possíveis soluções e se resolve por uma delas; outro projeto pode resolver por outra, ou pela mesma. Assim, com os diversos projetos produzindo soluções para as demandas, mais ou menos semelhantes, tem-se registros das “n” soluções a que projetos chegaram para lidar com uma determinada classe de demanda, ou mais precisamente, idealizando um determinado conjunto de demandas suficientemente semelhantes, para “um tipo de problema”.

Quando se chega ao que seja a coleção de tais soluções para um tipo de problema, a sociedade volta a se manifestar, com dinâmicas propriamente sociais vindo a explicar a incidência ou a prevalência de determinadas soluções, instituindo-as de diversas maneiras em diferentes contextos e momentos. Assim, pode-se ter uma solução que tem como restrição o impositivo “ser deliberadamente diferente de todas as outras” para que o resultado ou efeito

do projeto, em si parte da demanda, tenha um uso simbólico deste ou daquele tipo – cujo valor depende de sua incidência permanecer sendo única. Assim, pode-se ter uma solução que tem como restrição o impositivo “ser do mesmo tipo das que se tem”, em função de arranjos sociais mais amplos do que o projeto, que vão além das qualidades de seu resultado e efeito, predeterminando a escolha dentre estas e apenas estas possibilidades de solução – cuja prevalência expressa questões para além da engenharia.

A dinâmica da engenharia é pautada, em cada momento, pela busca da “melhor solução, sob incerteza, diante de restrições”. O que seja “o melhor” é autoral, juízo engenheiral por excelência de um(a) engenheiro(a), que escolhe (o que pode incluir a produção) a heurística a ser aplicada para encaminhar a solução de um determinado problema num determinado momento de um projeto. Esta escolha é feita diante do que seja o *estado da arte* de um(a) determinado(a) engenheiro(a). O estado da arte corresponde ao acervo de heurísticas; mais precisamente, ao acervo de conjuntos de heurísticas. Cada conjunto agrêmia as heurísticas associadas a um determinado (tipo de) problema, cada uma delas uma $\langle \text{heurística} \mid_{\text{problema - engenheiro(a), data}} \rangle^*$, isto é, a heurística associada a um determinado (tipo de) problema por um(a) dado(a) engenheiro(a) numa determinada data. Disso decorre a estrutura peculiar das heurísticas da engenharia, em que se tem:

- (i.) o que seja o acervo de (conjuntos de) heurísticas, o *estado da arte de um(a) engenheiro(a)*, com autoria e data – $\{\text{estado da arte} \mid_{\text{engenheiro(a), data}}\}^\dagger$;
- (ii.) o que seja o acervo de (conjuntos de) heurísticas na *interseção dos estados da arte dos engenheiros* num determinado momento do tempo, o *estado da arte da Engenharia* num determinado momento $\{\text{estado da arte} \mid_{\text{Engenharia, data}}\}$;
- (iii.) o que seja o acervo de (conjuntos de) heurísticas da *união dos estados da arte dos engenheiros* num determinado momento, o *estado da arte de todos os engenheiros* $\{\text{estado da arte} \mid_{\text{todos os engenheiros, data}}\}$.

(Não se tem heurísticas fora destes conjuntos; tem-se conhecimentos, presentes no acervo do, “estado do conhecimento” do Conhecimento Humano, ou passíveis de descoberta para além dele.)

O conteúdo do estado da arte da Engenharia é invariavelmente menos abrangente que a união dos estados da arte de todos os engenheiros, porque em qualquer momento dado, sempre se tem algo presente num estado da arte de um engenheiro(a) que não está compartilhado, e muito mais ainda que não é comum a todos os engenheiros.

O que seja o conteúdo do estado da arte da Engenharia, como “interseção dos estados da arte de todos os engenheiros”, tem que ser claramente entendido. Não se trata da interseção de conjuntos instantâneos, do que quer que “todos os engenheiros”, sem exceção, “sabem”. Isto exigiria que o estado da arte da Engenharia ficasse refém do acidente: uma heurística seria excluída se um(a) engenheiro(a) a esquecesse, e reincluída quando dela se lembrasse. O critério da interseção não é este saber de viva memória o tempo todo. Tem-se dinâmicas de acesso a heurísticas, desde o(a) colega até a consulta a materiais de referência. Daí se compreende que a interseção, “o que todos os engenheiros compartilham” expressa “o que todos os engenheiros podem saber”. O estado da arte da Engenharia é o acervo das heurísticas *disponíveis* a qualquer e portanto a todos os engenheiros.

* Neste uso, um elemento entre aspas duras duplas « » corresponde a um *exemplar* associado a um determinado problema.

† Neste uso, um elemento entre chaves { } corresponde a um *conjunto* (em harmonia com a notação da Teoria de Conjuntos), ligado a um determinado par continente-data, que inclui heurísticas associadas a uma variedade de problemas.

É com essa apreciação da dinâmica da engenharia em mente que se pode, então, apresentar os processos de produção, uso e acúmulo de conhecimento em engenharia, compreendendo que, pelo exposto, estes processos estão presentes de maneira mais ou menos pervasiva naquela dinâmica. Isto é apenas o resultado de buscar expressar os processos da engenharia na mesma forma que foi usada para expressar os processos da ciência, em prol da inteligibilidade do contraste que se objetiva partilhar. Uma exposição da engenharia ela mesma seguiria a dinâmica exposta acima, distinguindo as diferentes instâncias e modos de pervasividade dos processos, por exemplo, “diante da ausência de heurísticas satisfatórias no estado do conhecimento do Conhecimento Humano (que inclui a Engenharia e o(a) engenheiro(a)) (no momento t), tem-se a produção de uma nova heurística (no momento $t+1$), ampliando o estado da arte de um(a) engenheiro(a), pela pesquisa e estudo para dar conta de um problema no projeto (no momento $t+2$), levando a sua eventual incorporação ao estado da arte da Engenharia (no momento $t+3$)”. Para fins expositivos, adota-se aqui a sequência, produção, uso e acúmulo do conhecimento em engenharia.

A produção do conhecimento em engenharia tem lugar no estado da arte de um(a) engenheiro(a) individual em relacionamento com os estados da arte do(a) próprio(a) engenheiro(a), da Engenharia (ou de um(a) outro(a) engenheiro(a)), do Conhecimento Humano ou para além deste. Daí decorrem quatro possibilidades lógicas:

(i.) De um(a) engenheiro(a) para si mesmo(a), a produção de heurísticas corresponde a processos mentais de um dado engenheiro(a), fora do alcance das ciências cognitivas em 2012. Do ponto de vista da engenharia, pode-se nomear esta forma de produção de heurísticas como sendo *transposição*, isto é o uso da heurística associada ao (tipo de) problema (1) para o (tipo de) problema (2).

(ii.) Da Engenharia (ou de um(a) outro(a) engenheiro(a)) para um(a) engenheiro(a) que, como já está na forma de heurística de engenharia, pode-se nomear esta forma de produção de heurísticas *transporte*, isto é, como a heurística que levou à solução para outro(a)(s) engenheiro(a)(s) não pode ser simplesmente transposta, ela tem que ser instanciada para o problema específico do(a) engenheiro(a). Isso é mais trabalhoso do que o *insight*, por exemplo, de uma transposição; mas é facilitado pelo fato de que o(a) engenheiro(a) e o(a)(s) engenheiro(a)(s) se expressam em termos mutuamente inteligíveis.

(iii.) Do Conhecimento Humano (excluída a Engenharia) para o(a) engenheiro(a) pode-se nomear esta forma de produção de heurísticas *tradução*, isto é, como se faz heurística a partir de um determinado conhecimento humano. Isso pode ser muito trabalhoso, na medida em que os elementos heurísticos de um determinado conhecimento podem exigir diversas passagens de interpretação antes que se produza uma boa tradução, por exemplo a passagem de conhecimento descritivo, explicativo ou preditivo em heurística; a compatibilização de definições conceituais ou de estrutura teórica; divergências e convergências de entendimento ou observação da empiria; entre outros.

Estas três possibilidades de produção de heurísticas têm um elemento em comum: a passagem de uma heurística associada a um problema num estado da arte ou de um conhecimento autoral e datado num Programa de Pesquisa para uma expressão heurística associada a um problema por um(a) engenheiro(a). Isso envolve uma transformação que tem, a um só tempo, algo de sua origem e algo de sua ambição de aplicação. Este processo parece inseparável de um tipo de distanciamento, de mudança de perspectiva, que é questionante, visionário e mesmo irreverente. Neste espírito, pode-se nomear o conjunto destas três formas de produção de heurísticas *transmogrificação* numa homenagem ao espírito do Calvin de Watterson.

(iv.) Quando o(a) engenheiro(a) não tem onde se apoiar para produzir heurística, se tem novamente limites expositivos, tanto em termos os mecanismos cognitivos pelos quais algo

como, digamos, o sonho com a dança de selvagens resolve o problema de como costurar à máquina, ou o jogo das luzes num teatro levam a uma maneira de se ajustar a altura de aeronaves em vôo noturno; quanto ainda da previsibilidade pela qual se pode orientar estudo e pesquisa para produzir um determinado conhecimento ou heurística “sob demanda”. Em muitos casos, está-se diante “do ato criativo”, do que se pode nomear como sendo *invenção*. Apenas se pode apontar que, embora não se possa querer planejar ou sistematizar certezas, isso não depende de uma epifania completa e imprevisível. Com limites, tanto a abertura à inspiração quanto o fruto da transpiração de se estar “pensando nisso o tempo todo” ou “pensando nisso há muito tempo” podem chegar a resultados heurísticos aceitáveis.

Vincenti mapeou as diferentes fontes das quais se obteve e obtém conhecimento aplicável (é dizer, heurísticas) em engenharia aeronáutica, com a ambição de que isso admitisse generalização. Identificou sete atividades de produção de conhecimento em engenharia, que podem servir para verificar o que se apresentou até aqui:

(i.) o que denomina “transferência desde a ciência”, isto é, o que denominamos tradução, em heurísticas, de determinados conhecimentos científicos;

(ii.) o que denomina, como fizemos, “invenção”, isto é, a produção de heurísticas a partir de estudos originais que revelam novos conhecimentos;

(iii.) o que denomina “pesquisa teórica em engenharia”, isto é, o que denominamos transporte, a instanciação de resultados da Engenharia para os fins de um determinado projeto pela consulta ao acervo de conhecimento acumulado em Engenharia;

(iv.) o que denomina “pesquisa experimental em engenharia”, isto é, o que denominamos “invenção”, mas na qual enfatiza a natureza diretamente heurística do que se obtém, sem atributos de universalidade ou validade geral, o resultado de ensaios de maquetes, mockups, protótipos, seja por simulação, seja pela lógica da análise morfológica (estudo de variantes de configuração), seja pela lógica da otimização (ajuste de uma determinada configuração);

(v.) o que denomina a “prática de projeto do produto”, isto é, o que corresponde ao que denominamos “transposição”, “transporte” e “invenção” na dinâmica da ampliação do estado da arte do praticante individual ao longo de um projeto, e cumulativamente ao longo de sua vida;

(vi.) o que denomina “produção”, isto é, o que corresponde ao que denominamos de “transposição”, “transporte” e “invenção” na dinâmica da manufatura do produto: um “problema” é o projeto do produto, uma dada aeronave; outro “problema” é o projeto da produção em escala desta aeronave;

(vii.) o que denomina “tentativa prática” (*direct trial*), isto é, o que corresponde ao que denominamos de “transposição”, “transporte” e “invenção” na dinâmica do uso monitorado de um produto piloto, seja em condições controladas, seja na realidade.

O propósito de Vincenti é *descrever*, e mais ainda, descrever de forma instanciada um determinado (passo ou tipo de) conhecimento de projeto (“o que os engenheiros sabem” de seu título) de maneira imediatamente reconhecível pelo praticante (“e como sabem”). Aqui a questão é mostrar que tais descritivos podem ser explicados pela estrutura epistemológica que propomos, com menos categorias analíticas, por um lado, e com um potencial de explicação de muitas outras possibilidades de (passos ou tipos de) conhecimento de projeto, por outro. Isso não significa contestar a validade do que Vincenti coleciona, mas situa seus esforços como sendo apenas uma parte das possibilidades de conhecimento de projeto que a estrutura que propomos ambiciona descrever e explicar.

O uso do conhecimento (heurísticas) em engenharia depende das heurísticas que estão, ou se produzam para fazer com que estejam, presentes no estado da arte do(a) engenheiro(a).

Algumas podem ser sabidas como diretamente associadas aos problemas do projeto em tela; outras associadas a outros problemas, mas que se vislumbra possam servir para este problema nesta ocasião; outras ainda terem alcance mais amplo (por exemplo para o meta-problema, “como organizar, ou conduzir, ou controlar, um projeto”). Algumas podem ser resultado de aprendizado técnico, com diferentes formas de registro e recuperação; outras mais tácitas, dependentes da experiência de primeira ou segunda mão; e ainda outras decorrentes de estimativas, extrapolação ou imaginação. Todas estas e mais outras são imaginadas ou experimentadas, com perspectivas mais restritas ou amplas, configurando alternativas de projeto. Aqui se tem claramente os elementos de um juízo educado sobre os diversos aspectos de um problema e as possibilidades de uma busca por sua solução.

A escolha que define “→” resulta de sucessivos passos de apreciação do acervo em mente (ou consulta ao acervo para trazê-lo à mente), de aferição de seu conteúdo e aplicabilidade, de contraste entre o diagnóstico do (sub)problema que se tem diante de si e o prognóstico das diferentes heurísticas que podem resolvê-lo. Decidir pelo uso de uma determinada heurística ou conjunto de heurísticas depende dos recursos cognitivos que correspondem a “ser engenheiro(a)”. Exige familiaridade com determinadas informações e fundamentos, e a posse da capacidade de relacioná-los diante de um problema. O fruto de uma educação profissional que prepara para o exercício de “engenho e arte” que permite apreender, interpretar, adaptar ou criar heurísticas diante do problema, mobilizando outras heurísticas (às quais se foi apresentado com mais ou menos detalhe) ou conhecimentos (sobre os quais se foi educado para saber deles “o suficiente”). O processo de antecipação, de implementação, controle e avaliação do resultado da aplicação de uma ou mais heurísticas admite novos ciclos diante de resultados, uma recursividade deliberada e controlada que vai materializando (e considerando o materializado) o desenvolvimento de um projeto. Processos que podem admitir diversas formas de paralelismo e exigir concatenações de recursos no tempo, tanto em si mesmos (porque é comum na engenharia que se tenham processos paralelos e distintos dos quais processos posteriores dependem em diferentes graus) quanto como salvaguarda diante de incertezas (porque o encaminhamento paralelo de soluções com diferentes heurísticas é uma heurística frequente na engenharia).

O acúmulo de conhecimento (heurísticas) em engenharia é o resultado de um processo que tem origem na instância singular e idiosincrática da produção de uma heurística por um(a) engenheiro(a) individual (diante de um problema no desenvolvimento de um projeto). Admite diferentes mecanismos, com distintos horizontes de preservação das heurísticas acumuladas e sua acessibilidade para outros engenheiros.

(i.) O primeiro corresponde ao *mecanismo de acúmulo de conhecimento (heurísticas) de um(a) determinado(a) engenheiro(a) individual*, o lado arte do engenheirar, que admite movimentos de ampliação, quando uma heurística segue viva ou entra na mente ou alfarrábios deste(a) engenheiro(a), e de redução, quando uma heurística é esquecida (e sua anotação, perdida). Quais sejam as formas (as heurísticas) pelas quais um(a) determinado(a) engenheiro(a) acumula conhecimento corresponde, em larga medida, aos termos em que pratica o ofício – uma questão de interesse, mas fora do alcance deste texto.

(ii.) O segundo corresponde ao *mecanismo de acúmulo de conhecimento (heurísticas) pela Engenharia nascido da troca entre engenheiros*, o lado ofício do engenheirar, que admite movimentos de ampliação, quando uma heurística se dissemina, e de redução, quando uma heurística é deixada de lado. Isto depende das formas de troca entre (comunidades de) engenheiros na construção de seu acervo de heurísticas num determinado momento. Isso admite variedade, tanto na composição quanto nos assuntos e forma de veiculação destas trocas. Tem-se, por exemplo, a apreciação de uma heurística no ato de intervenção na

realidade ela mesma, no convívio dalgum projeto, na vinda de quem tenha participado em um projeto em que se teve o uso de tal heurística ou no relato seja de heurísticas, seja de soluções, em comunicações entre pares, em veículos públicos, em veículos profissionais ou acadêmicos, com diferentes formas de registro e acesso. Pode-se esperar que a dinâmica de troca comunicativa, que admite modelagem de sua resultante em termos da difusão “epidêmica” de um *meme*, chegue a uma massa crítica de autodisseminação quando ao redor de 10% dos engenheiros interessados no (tipo de) problema associado a esta heurística tenham tido acesso a ela. O mesmo mecanismo explica que se possa esperar que ela seja perdida quando seu desuso faça a familiaridade cair para muito aquém destes 10%, quando então ela pode mesmo ser “perdida” (embora o mais usual é que ela fique reduzida a uma forma de “endemia” entre os que a valoram, ainda que contra a prevalência de seu desuso).

Assim se pode reconhecer a particularidade engenheiral de uma diversidade de lógicas de troca, porque qual seja a forma de troca é tanto heurística como qualquer outra coisa. Trocar desta ou daquela forma é pautado pela sua contribuição para (a capacidade de vir a desenvolver) um projeto. Existe uma real tensão entre a lógica solitária (ainda que em equipe) do trajeto de um(a) engenheiro(a) ao longo dos diversos projetos de uma vida e a perspectiva solidária (ainda que associada a desígnios profissionais próprios) de troca. Isso induz focos cada vez mais estreitos de subespecialidades (isto é, espaços de troca articulados por (tipos de) problemas). Admite adaptação ao que seja a dinâmica das demandas sociais (isto é, espaços de troca articulados por resultados ou efeitos semelhantes ou conexos), que tendem a se confundir com as especialidades da Engenharia. Pode-se, ainda, pela dinâmica social que faz de engenheiros gerentes de outros engenheiros, ter a questão da troca no problema do “management of engineers”. Quais sejam as formas (as heurísticas) pelas quais uma dada comunidade (ou a Engenharia) acumula conhecimento em suas trocas corresponde aos termos de sua convivencialidade – uma questão de interesse, mas fora do alcance deste texto.

(iii.) O terceiro corresponde *ao mecanismo de acúmulo de conhecimento (heurísticas) pela Engenharia nascido do registro sistemático*, o lado do engenheirar que aponta para uma profissão nos termos de Abbott. Do ponto de vista do uso, as instituições profissionais e escolares da engenharia são apenas fontes de recursos: materiais de referência, profissionais, consultores, cursos e, ainda o que se tenha “publicado” para fins comerciais ou acadêmicos. Acumular heurísticas de forma sistemática não decorre diretamente, nem pertence à dinâmica de produção e uso de heurísticas na engenharia. Historicamente, que isso tenha ocorrido expressa o trajeto socialmente situado da passagem da engenharia desde uma arte, para se fazer um ofício, para seguir sendo feita uma profissão por corporações de ofício, firmas, sindicatos, colégios e escolas de engenharia. Acumular sistematicamente heurísticas para disponibilizá-las depende da existência de uma demanda social para tanto, que se apresenta (ou não) num dado contexto (internacional, nacional regional, local, de uma firma), sendo (ou não) viável, etc. – uma questão de interesse, mas fora do alcance deste capítulo.

Mas isso teve (e em alguma medida segue tendo) lugar, e como resultado, tanto materiais de referência (os “manuais”) quanto processos formativos (os “cursos”) de engenharia revelam a existência de uma “Disciplina (de) Engenharia”. Essa é uma concepção original deste capítulo, mas inescapável. Trata-se de nomear algo que precisa ser nomeado: *o saber fazer que documenta, sistematiza e critica os estados da arte dos engenheiros para fazê-los disponíveis tanto em materiais quanto em processos formativos, configurando e definindo o estado da arte da Engenharia*. Esta definição diverge epistemologicamente do mal entendido que se expressa pela ideia de “engineering sciences” em suas diversas versões, precisamente porque a “Disciplina (de) Engenharia” tem que dar conta do tanto que não é nem pode ser Ciência, mas é Engenharia.

Um “manual de engenharia” é a codificação engenheiral, a instituição de determinadas heurísticas e mesmo de determinadas soluções como sendo o estado da arte da Engenharia. Dependendo de seu foco e intenção de uso, seu conteúdo pode corresponder ao impositivo profissional (ou social, ou organizacional) da “boa prática”, seja como mínimo corporativo, e portanto, aceitável; seja como *benchmark* de qualidade superior. Mas para ser “manual”, ele tem que admitir mais de um uso, e acumular “exaustivamente” (porque o que seja exaustivo será o melhor de um(a) autor(a) num determinado momento, sob incerteza, diante de restrições...) *todas as heurísticas e soluções pertinentes aos problemas que se relacionam com o foco do manual*. Isso tem que incluir heurísticas “em desuso”, e o “mínimo indispensável” (um “melhor” novamente autoral e datado) de contextos e tecnologias “tecnicamente desatualizadas” ou “obsoletas”. Só assim um(a) engenheiro(a) pode ter no manual “o estado da arte da Engenharia (ou, por razões puramente pragmáticas, de uma (sub)especialidade)” um acervo em que possa se apoiar para se chegar às heurísticas que se propõe usar. Seja porque o manual tem o estado da arte da Engenharia na data de sua redação, que aviva o que já sabia, ou conecta o que sabia com o que agora lembra, podendo transpor uma heurística, seja porque ali tem o que existe para ampliar seu estado da arte, podendo transportar uma heurística. Daí decorre uma heurística do “ser engenheiro(a)”: a familiaridade com o que o manual (mais especificamente, do que a cópia anotada do manual) contém. Porque se não está no manual, então o(a) engenheiro(a) tem diante de si a decisão de ou traduzir ou inventar uma heurística.

E num relance se pode, assim ter um parâmetro cabal para o que seja, ou deva ser, o contorno curricular da graduação em engenharia: notícia e capacidade de aplicar, transpor ou transportar todas as heurísticas que o “manual” contém; e o “melhor” palpite do que deva ser o mínimo de informação sobre o estado do conhecimento de seu tempo que lhe permita considerar traduzir. Inventar? Inventar é a outra metade: a arte do engenheirar, que ressurgiu aqui e cuja aquisição numa escola lança os desafios do engenho e da arte diante do técnico e do tácito, diante do manual e de tudo o mais que se tem que ter para formar futuras gerações, ou atualizar a geração viva de engenheiros – essa é uma questão de interesse, mas fora do alcance deste capítulo.

3. Tem, mas não é: “Engenharia não é Ciência”

Como Ciência e Engenharia se propõem a coisas distintas, pareceria óbvio que se reconhecesse que são atividades diferentes. De Vries arrola os argumentos históricos, funcionais, contrasta os diferentes graus de sistematicidade, universalidade, abstração de uma e outra, mas que o faça espelha uma realidade em que estes argumentos não tem sido suficientes. Tem-se como dado, pelo menos desde a década de 1950 (e como prenúncio, desde o final do século XIX) – como expresso, por exemplo no relatório de Vannevar Bush de 1945, que instituiu a “big science” como motor do progresso tecnológico – que *a engenharia seria, deveria ser e só é mesmo engenharia quando ela é, e na medida em que ela seja, “ciência aplicada”*.

Tem-se assim uma identidade entre engenharia (o saber-fazer) e o que quer que se queira dizer com “tecnologia” (mas de toda forma, algo feito ou dado), para afirmá-las como sendo (devendo ser) *necessariamente* a tradução de conhecimentos obtidos em, por exemplo, pesquisa básica. As apresentações anteriores sobre as formas pelas quais ciência e engenharia demarcam, produzem, usam e acumulam conhecimento buscam expor o quanto este entendimento sensível, linear, direto e simples é insustentável, a despeito do fato de que a Engenharia usa, neste sentido, “tem” Ciência. Aqui, se busca avivar o contraste para melhor

partilhar a conclusão de que “engenharia não é ciência (nem mesmo ciência aplicada)” prenunciada no Título.

Apreciar a percepção recíproca dos critérios de demarcação das “epistemologias” da engenharia pela ciência, da ciência pela engenharia revela sua incompatibilidade. A forma como a engenharia demarca quais heurísticas são engenheiras é, em termos científicos, uma “não epistemologia” – porque a engenharia admite demarcar inclusivamente *qualquer* conhecimento desde que ele possa ser, sem garantia de que ele de fato seja, útil, considerando qualquer nova heurística, usando qualquer heurística e acumulando todas as heurísticas. A forma como a ciência demarca quais conhecimentos são científicos é, em termos engenheiras, apenas “uma heurística interessante” entre outras. A engenharia não admite ascendência intrínseca de uma heurística sobre qualquer outra – admite em pé de igualdade conhecimentos não-científicos, pseudo-científicos, proto-científicos e científicos (com a expectativa de maior adesão empírica da ciência em relação aos demais justificando o “interessante”). Os critérios de demarcação da ciência e da engenharia são incompatíveis.

Na produção de conhecimento, tem-se um contraste entre a perspectiva programacêntrica da ciência e a perspectiva projeto-cêntrica da engenharia. Ainda que a produção de conhecimento tanto em ciência quanto em engenharia dependa da atividade de indivíduos – de cientistas e engenheiros – que se relacionam com suas comunidades de estudiosos e praticantes, tem-se dinâmicas distintas.

Num determinado momento, (o “estado do conhecimento” d’)a Ciência é a soma do que todos e do que cada um(a) cientista sabe. O fim da ciência é produzir conhecimento; a disseminação é parte integrante deste produzir. O fato de que um(a) cientista “ainda não compartilhou (publicou)” é apenas um retardo instrumental, contingente; do momento em que um(a) cientista “saiba”, a razão de ser deste saber é compartilhá-lo, fazendo do seu conhecimento individual o conhecimento da Ciência. Um conhecimento científico “proprietário”, “exclusivo de um(a) cientista” é uma contradição de termos. Se não se compartilha, não é ciência – uma aplicação pouco evidente do critério de demarcação de Popper: se não é feito público, está se recusando à refutação. Num determinado momento, o estado da arte da Engenharia está mais próximo do registro cumulativo da resultante “epidemiológica” do processo de disseminação de heurísticas do que da agregação dos estados da arte de cada um(a) engenheiro(a) em todos os momentos até o presente. Sempre que há avanço no conhecimento de um(a) cientista isso é, em si, um aumento do conhecimento da Ciência. Mas se têm (na origem, em todos os casos) ampliação do estado da arte de um(a) engenheiro(a) sem que haja, necessariamente, uma ampliação no estado da arte da Engenharia.

Isso expressa as diferentes maneiras como ciência e engenharia identificam e encaminham suas questões (de pesquisa, para lembrar que se trata de produção de conhecimento). Na Ciência, um dado Programa de Pesquisa Científica ou a lógica concorrencial de diversos Programas de Pesquisa Científica determina o que sejam as questões, (consolidando, apreciando e) orientando a escolha de questões pelas quais um(a) determinado(a) cientista se propõe avançar o conhecimento, seja no aperfeiçoamento de teorias, seja na produção de excedente empírico, para estar, de fato, “fazendo ciência”. Na Engenharia, um(a) determinado(a) engenheiro(a) é quem ajuíza qual seja a questão pela qual busca encaminhar seu projeto, ao arropio do que outro(a) engenheiro(a), ou a comunidade dos engenheiros, ou a Engenharia, tenham a dizer – sua prioridade é resolver o problema que tem diante de si para desenvolver seu projeto e produzir a mudança na realidade, para estar, de fato, “fazendo engenharia”. Ao fazê-lo, atinge o fim da Engenharia.

No uso do conhecimento, tanto cientistas quanto engenheiros navegam de certeza em certeza ao redor de lacunas, apoiando-se nos elementos que lhes parecem mais seguros e firmes para articular o preenchimento de lacunas no conhecimento pela investigação ou imaginação, ou no saber-fazer para guiar sua ação nalguma forma de transmogrificação. Estas são as certezas possíveis de, e em, um determinado momento, por exemplo: a certeza do núcleo duro de um Programa de Pesquisa Científica, a certeza de uma heurística sabida diante de um (tipo de) problema – uma certeza aberta ao abandono de T por estar degenerescente, ou à reforma de T para T' noutro momento; uma certeza falível de uma heurística nesta uma ocasião em que se confia nela.

Na ciência, este uso do conhecimento certo como meio para preencher lacunas é diretamente o fim da ciência. Preencher as lacunas é saber mais – descrevendo, explicando ou predizendo. A meta última da Ciência é preencher todas as lacunas, e “cada pouquinho ajuda”. É neste sentido que se pode identificar uma unidade entre produzir e usar, entre fim e meio na atividade de cientistas e compreender a dicotomia da contribuição incremental de “papers” em contraste com a consolidação ou inovação de “livros”.

Na engenharia, o uso do conhecimento certo para apoiar o preenchimento de lacunas não ambiciona este preenchimento em si mesmo. Este é apenas um meio para um fim distinto, o que corresponda à solução de um problema por meio do desenvolvimento do projeto. Isto admite usos em que, por este meio, se tenha o que se precisava para desenvolver o projeto (ou não; heurísticas). Mas admite também usos em que se tenha uma ou mais aproximações, imiscuindo uma ampliação do estado da arte (uma produção de conhecimento, portanto) para este ponto, apenas neste momento. Seja para permitir um uso, seja para apoiar uma outra ampliação, e assim por diante, se for este o rumo pelo qual um(a) engenheiro(a) se decida. Tudo para que se possa seguir adiante no desenvolvimento de um projeto – e se sobram lacunas, que sobrem (embora a “Disciplina (de) Engenharia” possa ver em conjuntos promissores de lacunas parcialmente preenchidas uma questão de pesquisa, semente de uma parte de algum “manual” ou da ementa de algum “curso”).

Esse relance ao “navegar” do uso do conhecimento em ciência e engenharia admite, ainda, que se aprecie o quanto a ciência instaura de conhecimento em cada um de seus usos – tudo, potencialmente, ciência; e o quanto a engenharia deixa de lado assim que lhe deu uso – toda a produção de heurísticas pontuais, imediatas, transitoriamente, localmente suficientes, a vivência com as quais pode mesmo ser a maior parte do que Vincenti denominou mais acima de “prática de projeto de produto”.

Isto contextualiza a *diferença de expectativa de uso do conhecimento em ciência e engenharia do ponto de vista de sua “transportabilidade”*, isto é, do uso do conhecimento (heurística) por um(a) outro(a) cientista (engenheiro(a)). Na ciência, essa expectativa é de validade e aplicação universais, independente de quem o use; isso expressa a ideia de generalização. Na engenharia, não se admite generalização nestes termos, porque não existe solução geral, emancipada de um contexto, independente de quem a busque. De uma maneira mais incisiva, isso expressa a perspectiva engenheiral de que não existe o “problema geral do tipo 1” que tivesse como contrapartida uma “solução geral para o problema geral do tipo 1”; existem diversos problemas específicos que podem ser agrupados, dentro de alguns limites, como sendo “problema tipo 1”, mas a solução de cada um deles foi específica, e sua solução futura será, também, específica; todas terão que ser instanciadas em alguma medida – com toda variedade heurística que uma instanciação admite.

O acúmulo do conhecimento em ciência e engenharia resulta das atividades de cientistas e engenheiros em diferentes registros. Na Ciência, cada avanço no conhecimento de um(a)

cientista individual se situa e se soma – precisa estar situado e se somar – ao acervo de conhecimento coletivo (ou mesmo, unificado ao redor de um Programa de Pesquisa e, quando pertinente, seus concorrentes) da Ciência. Este situar-se e esta agregação se pautam pela contabilização dos resultados empíricos de um determinado Programa de Pesquisa Científica para contraste destes resultados com o de outro(s) Programa(s), por um lado; e aponta na direção do abandono de um Programa degenerescente (ressalvado o retorno ou retomada de uma T refeita T’), por outro. Isso se traduz num processo metódico que preserva tudo o que se produza e use, por um lado; e a redemarcação dos conhecimentos produzidos por um Programa abandonado como não mais científicos, recircunscrevendo o que sejam os conhecimentos científicos, redefinindo o âmbito, alcance e termos da própria Ciência assim refinada, por outro. Em contraste, a Engenharia não descarta nada, ainda que possa perder muita coisa, simplesmente porque foi produzido, usado, mas não percebido ou esquecido. Isto admite dois elementos que podem servir para avivar o contraste entre ciência e engenharia diante do acervo do conhecimento acumulado.

O primeiro deles diz respeito à presunção do conhecimento do todo pertinente, e pode ser expresso sucintamente. Um(a) cientista não pode argumentar que não sabe algo pertinente e público para explicar-se. Define-se ser cientista como estar alinhado com o que a Ciência está, logo com tudo pertinente que foi disponibilizado até o presente. Um(a) engenheiro(a) não se define como engenheiro por estar alinhado com tudo que está disponível no estado da arte da Engenharia. Basta ser capaz de resolver o problema que tem diante de si. Como não há mesmo como afirmar o que seja “pertinente” diante das possibilidades de transposição e transporte, na Engenharia a questão é bem outra: a “competência”, suas fontes e consequências. Mas isso é uma questão situada, contextual, mesmo contingente. A competência de um(a) engenheiro(a) ou de uma equipe é apenas mais uma restrição nos recursos de que se dispõe. Isso pode, sim, ser relevante para a análise de viabilidade, mas apenas isso. O mais que se pode dizer é que “estar atualizado” e “ter consciência engenheiral” são boas heurísticas.

O segundo deles diz respeito ao papel do acervo do conhecimento em diálogo com o uso e a produção de conhecimento. Para um(a) cientista, o acervo do conhecimento é o retrato da Ciência que identifica, por suas lacunas ou oportunidades, o que sejam rumo e mesmo metas de seu uso e produção de conhecimento. Para um(a) engenheiro(a), o acervo de conhecimento é um IF lógico. A consulta pautada pela disponibilidade de heurística capaz de ser considerada no desenvolvimento de um projeto pode deflagrar transposição ou suscitar transporte. Se isso ocorre, então o acervo teve o papel de assinalar – na Engenharia tem-se tal heurística, ei-la. Mas se não se tem nada no acervo da Engenharia, tem-se que considerar se o caso justifica tradução (em prol do que se tem que consultar outros acervos) ou mesmo invenção (em que se tem que consultar outros acervos e aí pautar uma ampliação de conhecimento). Ou seja, o acervo teve o papel de assinalar – na Engenharia não se tem tal heurística, boa sorte! É isso que explica que “estar atualizado” ou ter “consciência engenheiral” sejam boas heurísticas – “boas” porque podem minimizar o risco de traduzir ou inventar heurísticas que se poderia transportar (“reinventar a roda”).

Este capítulo demonstrou, em bases epistemológicas, que ciência e engenharia são coisas distintas.

Para muitos cientistas, talvez todos, isso não é uma novidade. Nunca lhes ocorreu que fossem a mesma coisa. Os relatos reunidos por Dawkins sugerem que alguns dos mais destacados cientistas sorririam e diriam que sempre tiveram claro que uma coisa é a obra do saber a que

se dedicam, outra o saber-fazer da engenharia, mesmo com tudo de saber-fazer que pode ser ocasionalmente necessário para vir a saber uma determinada coisa. Ao contrário de querer afirmar a cientificidade da engenharia, possivelmente lhes interessaria mais apontar (principalmente para jovens cientistas, secundariamente para engenheiros) o tanto do “engenheirar para a ciência”. Concederiam sem piscar suas demandas que precisaram ou precisam ou precisariam ser atendidas pela engenharia para que possam seguir sabendo mais. Que seu conhecimento tenha uso lhes agrada na medida em que isso ofereça mais corroboração empírica. Mas na verdade sabem bem que isso é parte da história externa da ciência. Que se saiba mais e melhor já lhes basta.

Para muitos engenheiros, talvez todos, isso é algo como a firmeza que o adolescente que se faz adulto adquire ao desviar das prescrições de seus pai e mãe. É como se se soubesse que não era para ser assim, mas diante de si e da realidade, faz-se. Mesmo quando se descobre que essa passagem através das regras era parte do afirmar-se, do fazer-se adulto, fica algo que ainda tem gosto ou lembrança de desvio. Assim, aprende-se de diversas formas que engenharia não é ciência, concluindo que não pode mesmo ser ciência e ainda ser engenharia. Vive-se com isso, e quando não se tem maiores pressões sociais, vai-se tendo e vivendo o processo do engenheirar alerta para o que a ciência permite ou pode permitir, mas contente em engenheirar com o que ajuíze é o “melhor”. Eram estes os termos gerais do tácito da engenharia que apontamos podiam mesmo seguir tácitos se fosse apenas esse o caso. Ainda assim, este capítulo, ao explicitá-lo, pode servir como convite a que se dedique um tempo a mais para apreciar o tanto da competência que são mesmo heurísticas não-científicas. Isso é mais uma alternativa para ampliar o estado da arte, afinando o que sejam critérios de escolha de heurísticas que podem merecer uma reconsideração no rumo e prioridade de seu refino e acúmulo.

Aí se tem o problema específico da inovação em engenharia diante da restrição normativa que impõe que o desempenho dos envolvidos com a “Disciplina (de) Engenharia” nas escolas de engenharia só tenha valor enquanto seja, e na medida que seja, ciência. É o risco de perda de capacidade em engenharia e de “inovação em engenharia” associado a essa ideia que situa a redação desta demonstração.

Para os que exigem uma materialidade aplicada em tudo o que lêem, este capítulo embasa em termos epistemológicos o diagnóstico de que os critérios em vigor – para exemplificar com a norma mais abrangente em alcance, a “avaliação da pós-graduação em engenharia” no Brasil pela CAPES (cujos critérios vem percolando para a graduação em função da unidade departamento-programa de pós-graduação) – são *prejudiciais para a capacidade nacional em engenharia e arriscam destruí-la*. Esta não são palavras levianas: este diagnóstico se encontra expresso de maneira mais direta para o caso CAPES das “Engenharias III” em Silva & Proença Jr (2012).

Existe uma dimensão local, nacional, no que seja a competência em engenharia, é dizer, dos engenheiros de um país, que não se sustenta apenas pela, e na, prática; que não se resolve pela importação de engenheiros de outros países. Isso é resultado dos próprios processos de transmogrificação de que a engenharia depende para produzir novas heurísticas. Isso corresponde ao contexto de instanciação de heurísticas: contexto, no sentido de quais sejam as especificidades das demandas, das prioridades locais, dos recursos e problemas do Brasil. Isto também se relaciona com aquelas considerações profissionais e cidadãos com que um(a) engenheiro(a) avalia uma demanda ou considera uma restrição. Que o estado da arte da Engenharia do Brasil irá ficando menor que a de outros lugares em que se mantenham incentivos para sua ampliação mobiliza todas estas esferas de consideração. E aí coisas como

a competência, padrão de vida dos engenheiros brasileiros ou a soberania nacional teriam que ser discutidas – uma questão de interesse, mas fora do alcance deste capítulo.

Para os fins deste capítulo, e para encerrá-lo, delineamos uma visão que ultrapasse esta circunstância presente, que possa contribuir para a educação do juízo de qualquer outra tentativa de levar adiante uma agenda calcada no erro de afirmar que “engenharia é ciência”.

Uma forma de caracterizar a postura de engenheiros é afirmá-la “prática”. Ainda que isso leve a sorrisos discretos por parte de engenheiros, que sabem perfeitamente bem o tanto que fazem que não pode ser submetido a tal critério, serve como preâmbulo e justifica o estilo que se adota para dizer o que se segue.

Encaminhar a solução de problemas sob restrições é o que pauta a ação de engenheiros. Organizações (públicas e privadas) têm um papel vital na atualização de engenheiros. Tem ainda, em função disso, um papel relevante na ampliação do estado da arte da Engenharia. Se o que se demanda nos departamentos de Pesquisa e Desenvolvimento de organizações que querem inovar, que aspiram a serem inovadoras, é ciência – premiando por fazer, punindo por não fazer – então estes departamentos se alinharão a este sistema de incentivos. Farão tanta ciência quanto necessário para “bater as metas”. Mas fazer ciência não corresponde ao que se precisa fazer para produzir soluções, para inovar em engenharia, nem para ampliar o estado da arte dos engenheiros (dessa organização), de que o estado da arte da Engenharia depende. Não corresponde ao que se precisa fazer para inovar em engenharia. Quanto mais tempo, foco, competência e recursos for exigido para atender a demanda de produzir conhecimento científico, menos se terá para apreciar, coligir, usar e ampliar o conhecimento engenheiral, ou para encontrar formas de aplicá-lo de maneira diferente, distintiva – para inovar em engenharia.

Encaminhar a solução de problemas sob restrições é o que pauta a ação de engenheiros. A escola (graduação e pós-graduação) de engenharia tem um papel vital na formação de novos engenheiros. Tem ainda, em função disso, um papel decisivo na ampliação do estado da arte da Engenharia. Se o que se demanda das escolas de engenharia é ciência – premiando por fazer, punindo por não fazer – então as escolas de engenharia seguirão este sistema de incentivos. Farão tanta ciência quanto necessário. Mas fazer ciência não corresponde ao que se precisa fazer para formar engenheiros ou para ampliar o estado da arte da Engenharia. Não corresponde ao que se precisa fazer para inovar em engenharia. Quanto mais tempo, foco, competência e recursos for exigido para atender a demanda de produzir conhecimento científico, menos se terá para apreciar, coligir, disponibilizar e ampliar o conhecimento engenheiral, ou para encontrar formas de aplicá-lo de maneira diferente, distintiva – para inovar em engenharia.

O ganho em ciência de fazer de engenheiros “cientistas” tem como resultado a perda da capacidade em engenharia. Tudo isso, porque se concede, melhor, se impõe, que engenharia é ciência. Mas, como esperamos ter demonstrado, ser Ciência e usar da Ciência são coisas diferentes: “engenharia não é ciência (nem mesmo ciência aplicada)”. □

Referências Citadas

- Abbott, A. (1988). *The System of Professions: An Essay on the Division of Expert Labor* (1st ed.). University Of Chicago Press.
- Bronowski, J. (1976). *The Ascent of Man By Bronowski*. Little Brown & Company.
- Bronowski, J. (1967). *The Common Sense of Science*. Faber and Faber. [1951]
- Dawkins, R. (Ed.). (2008). *The Oxford Book of Modern Science Writing*. Oxford University Press, USA.
- Ferguson, E. S. (1992). *Engineering and the Mind's Eye*. The MIT Press.
- Feyerabend, P. (1975). *Against Method* (1st ed.). New Left Books.
- Feyerabend, P. (1988). *Against Method* (2nd ed.). New Left Books.
- Feyerabend, P. (1993). *Against Method* (3rd ed.). New Left Books.
- Feyerabend, P. (2010). *Against Method* (4th ed.). Verso.
- Freyre, G. (2010). *Homens, engenharias e rumos sociais*. São Paulo, É Realizações.
- Gombrich, E. H. (1995). *The Story of Art* (16th edition). Phaidon Press.
- Koen, B. V. (2003). *Discussion of the method : conducting the engineer's approach to problem solving*. New York: Oxford University Press.
- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions* (1st ed.). University Of Chicago Press.
- Kuhn, T. S. (1969). *The Structure of Scientific Revolutions* (2nd ed.). University Of Chicago Press.
- Kuhn, T. S. (1996). *The Structure of Scientific Revolutions* (3rd ed.). University Of Chicago Press.
- Lakatos, I. (1980). *The Methodology of Scientific Research Programmes: Volume 1: Philosophical Papers*. Cambridge University Press.
- Malone, A. (2007). *The Ascent of Man*. Ambrose Video Publishing, Inc. [1973]
- Silva, E. R. & Proença Jr., D. (2012). *Os indicadores CAPES na Engenharia arriscam a capacidade de Projeto do Brasil*. Rio de Janeiro, Ouroboros. Disponível no site: <http://sites.google.com/site/tudoheuristica>.
- Van Aken, J. E., Berends, H., & Bij, H. van der. (2007). *Problem Solving in Organizations: A Methodological Handbook for Business Students* (1st ed.). Cambridge University Press.
- Vincenti, W. G. (1993). *What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History*. The Johns Hopkins University Press.
- Vries, M. J. de. (2006). *Teaching about Technology: An Introduction to the Philosophy of Technology for Non-philosophers* (1st ed.). Springer.
- Watterson, B. (1991). *Scientific Progress Goes Boink* (Turtleback School & Library Binding Edition). Turtleback.