

Desafios epistemológicos da engenharia popular: o impacto da “arte da engenharia” no projeto técnico

RESUMO

Neste artigo, partindo da compreensão de que a tecnologia incorpora valores sociais e, nisso, conforma a sociedade em que é utilizada, será analisado parte do pré-requisito epistemológico da engenharia popular (EP). Com efeito, uma vez que toda solução técnica demanda conhecimentos produzidos pela ciência e pela engenharia, desenvolver soluções populares depende também da existência de conhecimentos capazes de subsidiá-la. Estaremos particularmente interessados em uma categoria específica de conhecimento engenheiril (ou produzido pela engenharia) necessária para o projeto técnico. Aquela que Walter Vincenti chama de instrumentalidades do projeto, e que, por encerrar elementos que a engenharia tem em comum com a arte, naquilo que os gregos chamavam de poiesis, será por nós chamada de arte da engenharia. O que se buscará fundamentar nesta reflexão de matiz filosófica é que, sem uma atenção adequada às ponderações aqui desenvolvidas, a EP corre o risco de perder parte do seu potencial popular e transformador, e mesmo de trair a parte de seus ideais.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia popular. Arte da engenharia. Projeto técnico. Conhecimento produzido pela engenharia. Conhecimento e valores.

Cristiano Cordeiro Cruz
cristianocruz@yahoo.com.br
Universidade de São Paulo – São Paulo,
Brasil.

INTRODUÇÃO

Já existe uma consolidada literatura que reconhece em toda tecnologia uma construção que, ainda que preserve algum grau singularidade técnica, é, não obstante, indissociável da sociedade na qual ela é construída e conformada; sociedade que, por outro lado, é, ela própria, construída e conformada pelas soluções técnicas que desenvolve. Trata-se daquilo que no jargão da sociologia e filosofia da tecnologia constitui uma realidade sociotécnica (cf. FEENBERG, 2017, DAGNINO *et al.*, 2004). Algo que, em termos mais simples, indica que, por um lado, toda tecnologia incorpora necessariamente valores sociais, mas não se reduz apenas a eles (demandando também, como veremos, conhecimentos científicos e tecnológicos objetivos). E que, por outro, tais valores são reforçados ou estabilizados socialmente quando essas soluções técnicas são implementadas. Assim, por exemplo, uma linha de montagem obrigatoriamente desempodera os/as trabalhadores/as, seja por prescindir de um conhecimento mais qualificado deles/as, seja por subordiná-los/las a uma estruturação altamente hierarquizada e fragmentada do trabalho. De igual modo, e em sentido oposto, uma sociedade como a nossa, dominada pelas perspectivas capitalistas hegemônicas, não dará origem, a não ser marginalmente e a partir de um movimento consciente e explícito de luta ou resistência, a soluções técnicas empoderadoras, autogestionárias, socialmente justas e/ou sustentáveis.

Disso resulta que o desenvolvimento tecnológico é também uma arena política. Nesse cenário, algo como a engenharia popular brasileira mostra-se não apenas legítimo em termos técnicos, mas também socialmente urgente (cf. CRUZ, 2017). A engenharia popular (EP) emerge da confluência dos movimentos de tecnologia social, economia solidária e extensão universitária (cf. FRAGA *et al.*, 2017). Ela é um tipo de projeto participativo (cf. SIMONSEN & ROBERTSON, 2013) no qual os coprojetistas são grupos populares, e no qual as metodologias participativas desenvolvidas na construção dialogada da solução técnica são acompanhadas por processos de educação popular (cf. CRUZ, 2017). Por conta disso, a solução técnica resultante tem a pretensão de melhor incorporar as demandas, os valores, as estéticas e os saberes do grupo popular – donde sua relevância e urgência social –, sem, com isso, deixar de ser aquilo que é, ou seja, uma solução técnica – donde a sua legitimidade.

O exercício, porém, de se produzir tecnologia social (ou popular), que é o fruto técnico da engenharia popular, não é algo que se possa obter a partir unicamente da mobilização social, ao modo como, por exemplo, as leis podem ser construídas e as instituições, transformadas. As mobilizações são, nesse sentido, condição necessária para a EP, mas não condição suficiente. Com efeito, porquanto a tecnologia demande, para ser produzida, não apenas de, no geral, profissionais capacitados/as para tanto (via de regra, engenheiros/as), como de conhecimentos adequados que a subsidie, transformá-la pressuporá que esses dois elementos – engenheiros/as e conhecimento – sejam também assegurados. Neste artigo, estaremos particularmente interessados na segunda dessas condições, a produção de parte dos conhecimentos que tornam possível a EP. No que tange ao primeiro aspecto, a formação daquele perfil profissional que Lais Fraga chama de engenheiro educador, uma introdução a essa problemática, bem com a exemplos concretos de iniciativas de formação brasileiras que tentam se haver com ela, pode ser encontrada em CRUZ (2016).

Com respeito ao itinerário que se seguirá neste trabalho, em sua primeira seção, demarcaremos os tipos de conhecimento envolvidos na produção tecnológica, e que são aqueles produzidos pela ciência e pela engenharia. Contudo, no que concerne ao conhecimento produzido na engenharia e requerido no projeto técnico, aquele do qual particularmente nos ocuparemos neste trabalho, nem todo ele é explícito ou teorizável, subsistindo uma grande parcela de conhecimentos técnicos fundamentais ao *design* que é implícita ou tácita. Assim, na segunda seção, apresentaremos rapidamente essa diferenciação. Feito isso, na seção seguinte, vamos nos debruçar sobre os tipos de conhecimento que Vincenti (1990) identifica em todo projeto de engenharia, chamando atenção, na seção quatro, para uma categoria específica deles, em grande medida tácita, e que constituirá o centro daquilo que chamaremos de arte da engenharia. Com isso, na seção cinco, poderemos analisar modos como os valores sociais podem incidir sobre a engenharia, dando origem ao tipo de conhecimento técnico que soluções populares requererão, estudando, na seção seguinte, e a partir de um caso real, formas concretas como tal incidência pode se dar. Dessa forma, na sétima e última seção, resumindo os principais passos dados no artigo, poderemos esboçar alguns dos desafios epistemológicos que nos parecem estar apresentados hoje à engenharia popular, indicando linhas gerais de possíveis formas de nos havermos com eles.

A reflexão desenvolvida neste artigo tem uma pretensão filosófica de busca das condições de possibilidade, no caso, da prática da engenharia popular. Nesse sentido, sua preocupação principal é, como se disse, com parte dos desafios impostos à EP pelos conhecimentos engenheiris (ou produzidos pela engenharia) que a subsidiam. Desafios que, se não forem adequadamente trabalhados, tornarão inviável a engenharia popular, ou uma EP tão popular e tão transformadora quanto possível. Dessa forma, o itinerário que se buscará percorrer não quer ser apenas uma elaboração teórica sobre a prática do projeto em engenharia, mas, ao analisá-la crítica e rigorosamente em termos epistemológicos, prover à engenharia popular elementos para se tornar mais efetiva e mais fiel aos princípios que ela assume para si.

Para tanto, em termos metodológicos, ao lado do recurso a fontes e referências teóricas (da filosofia e da história da tecnologia, do CTS e de campos afins), lançaremos mão também de estudos de caso a que se teve acesso por meio de revisão bibliográfica sobre o tema.

TIPOS DE CONHECIMENTOS ENVOLVIDOS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO TÉCNICO

A resposta à questão sobre o tipo de conhecimento que subsidiaria o processo de desenvolvimento da técnica moderna está longe de ser consensual. Segundo MITCHAM (cf. 1995, p. 193-4), esse conhecimento seria de quatro tipos principais, indo das habilidades sensório-motoras (que se aprendem por tentativa e erro, ou por imitação – como o modo mais apropriado, por exemplo, de soldar um circuito, rebitar uma placa metálica ou operar determinado equipamento) até as teorias tecnológicas (i.e., ciência aplicada (como a aerodinâmica) ou elaboração científica de conhecimentos técnicos específicos (obtidos, por exemplo, a partir da variação de parâmetros do objeto estudado, como a hélice de um avião)). Para aqueles que defendem a tese de que a engenharia é (potencialmente) ciência aplicada, quanto

mais ela se desenvolvesse, tanto mais o conhecimento que a fundamenta se deslocaria em direção ao polo “teorias tecnológicas”, afastando-se das habilidades sensório-motoras, que, por serem muitas vezes tácitas, não passíveis de conceituação teórica, seriam marca – a ser superada (e superável!) – da pré-modernidade. Para Mitcham, contudo, na prática cotidiana do projeto técnico, os quatro elementos seguiriam sempre coexistindo e se conjugando, ainda que em graus distintos.

O dissenso no que concerne ao conhecimento que fundamenta a tecnologia é de várias ordens. Para além dessa disputa, em certo sentido bizantina, sobre o status epistemológico de habilidades, máximas, leis e regras, existem outras discordâncias. Uma delas se refere ao questionamento de se o único conhecimento teorizável do qual parte a tecnologia é o científico. Para os que se opõem à tese da ciência aplicada nesse quesito, a engenharia não apenas importa ou traduz teorias científicas (em versão útil para a sua prática projetiva), como também produz conhecimento teórico próprio. Outra discordância versa sobre a necessidade de a descoberta/desenvolvimento do conhecimento científico presente em, ou justificador de, um avanço técnico ter ou não que necessariamente preceder a este (cf. BOON, 2011, p. 63).

O que a história da técnica nos mostra, porém, parece indicar que, ainda que a ciência seja amplamente utilizada na maioria dos avanços técnicos, nem sempre ela os precede. Esse seria o caso de diversas técnicas que emergiram antes de se ter o conhecimento científico necessário para justificá-las ou fundá-las, como a engenharia egípcia (pirâmides) e romana (aquedutos), o uso medicinal de algumas drogas em diversas culturas antigas (como a cocaína e a quinina) e certos processos industriais (como a fermentação e a produção de tinturas). No caso mais recente da máquina a vapor, ademais, tal técnica não apenas não foi inventada a partir de alguma teoria e/ou por cientistas, como, ao contrário, foi a partir dela que se desenvolveu a termodinâmica (cf. CUPANI, 2011, p. 172 [170]; LAUDAN, 1984, p. 10; ROPOHL, 1997, p. 66). Ao mesmo tempo, por outro lado, a existência das modernas escolas de engenharia, nas quais se ensinam conteúdos que vão muito além das tradicionais ciências (da natureza), seria prova de que existiria conhecimento teorizável na engenharia que transcenderia aquele de origem científica (cf. LAUNDAN, p. 8).

Além disso, e uma vez mais contrariamente à tese da engenharia como ciência aplicada, mesmo o conhecimento teórico derivado da ciência seria algo distinto de uma mera cópia ou incorporação passiva, indicando haver algum grau de construção/produção teórica da parte dos/as engenheiros/as, inclusive na tradução que eles/as fazem de tal conteúdo (cf. CUPANI, p. 172-174). Isso aconteceria porque, na medida em que a engenharia está relacionada à produção de algo, o conhecimento do qual ela parte em sua atividade precisa ter determinadas características que o tornem aplicável/útil para o projeto. É esse tipo de customização da ciência que acontece, por exemplo, quando se introduzem simplificações, incorporam-se dados e acrescentam-se condições de contorno (cf. VINCENTI, 1990, p. 112-113). Trata-se, por assim dizer, fundamentalmente de duas coisas aqui. De uma parte, de superar as inevitáveis abstrações presentes nas teorias científicas, que lidam com classes ideais e universais de elementos, tornando-as (as teorias) operacionais para o contexto técnico específico ao qual elas estão sendo incorporadas. De outra, de agregar ao projeto elementos outros imprescindíveis ao funcionamento daquilo que se busca produzir, mas que não

estão teorizados, seja porque a ciência ainda tem que avançar nessa fronteira, seja porque, eventualmente, são conhecimentos não teorizáveis ou universalizáveis (também porque são inevitavelmente contingentes e/ou locais).

Assim sendo, pode-se dizer, como um primeiro passo, que a prática da engenharia não se reduz à mera aplicação de conhecimento científico, ou, dito de forma mais apropriada, de conhecimento produzido pela ciência. Adicionalmente, e de modo inevitável, a produção técnica demanda conhecimento específico produzido pelos/as próprios/as engenheiros/as.

De todo modo, nem todo conhecimento demandado no projeto técnico é, como se verá, explícito ou teorizável. Com efeito, parte dos conhecimentos produzidos na engenharia é (em grade medida) tácita. Mas o que vem a ser conhecimento tácito, e que impacto isso tem sobre a construção e a transmissão dele? É a isso que nos voltamos agora.

CONHECIMENTO EXPLÍCITO E CONHECIMENTO TÁCITO

Polanyi (2009 [1966]), em sua análise daquilo que ele chamará de conhecimento tácito, parte da constatação de que “podemos saber mais do que o que podemos falar” (p. 4). Isso estaria presente em habilidades mentais (como reconhecer faces humanas) e físicas (como tocar piano), no âmbito do saber-como. Com efeito, constata Polanyi, somos capazes de reconhecer rostos e tocar piano, por exemplo, mesmo sem sabermos ao certo – ou sequer atinarmos para –, seja quais traços fisionômicos nós estamos considerando para produzir tal reconhecimento, seja quais músculos movimentamos para produzir a música do piano. Ou seja, dispomos de muitos conhecimentos práticos que nos tornam hábeis à realização de diversas atividades complexas, ainda que não tenhamos consciência, ou não sejamos capazes de enunciar, o que é que precisamente fazemos ou precisamos fazer, de sorte a executar tais ações do modo (correto) que as executamos (ou que podemos vir a executá-las) (cf. POLANYI, 2009, p. 4-10).

Em tese, além disso, muito desse conhecimento tácito é potencialmente articulável. De fato, pode-se, nesses termos, tomar consciência e enunciar tanto os traços fisionômicos que nos permitem reconhecer um rosto e os movimentos dos dedos (com os respectivos músculos implicados para tanto) necessários para se tocar piano. E tal articulação – no nível em que ela for possível – pode efetivamente conduzir a um aprimoramento dessas habilidades pelo indivíduo. Contudo, isso não implica que, daí em diante, aprendê-las poderá ser feito a partir (unicamente) da teoria, como se fosse possível tocar piano, executar algum movimento corporal complexo, dirigir um carro etc., lendo apenas um manual, sem jamais ter visto alguém executar tal tarefa, ou sem ser treinado/corrigido por alguém mais experiente nela. Há, nesses termos, uma parte significativa desse tipo de conhecimento que só é ensinável na prática e tendo como referência indivíduos mais experimentados nele (cf. POLANYI, 2009, p. 18-20; KLEMMER *et al.*, 2006, p. 5; WINTER, 1998, p. 175-6). Isso se relaciona a muito daquilo presente nas artes e nos esportes em geral, assim como a elementos imprescindíveis da produção técnica.

No que tange a habilidades particularmente importantes para o desenvolvimento tecnológico, parte delas, como se apresentará na sequência, é marcadamente tácita. Tal característica implicará, como será explicitado, que o

aprendizado delas, na prática da engenharia popular, pressuporá relação do tipo mestre-aprendiz, seja entre engenheiros/as mais experimentados e engenheiros/as iniciantes, seja entre grupo popular e equipe técnica. É precisamente o cuidado com respeito a esses dois espaços – e duas atividades – de aprendizado que, malgrado não de todo desconsiderado na prática da EP, parece-nos, naquilo a que estamos nos restringindo neste trabalho, algo que requer mais atenção dos/as engenheiros/as populares. Sistematizaremos de forma sintética este último ponto em nossa seção derradeira.

CATEGORIAS (EXPLÍCITAS E TÁCITAS) DE CONHECIMENTO DO PROJETO TÉCNICO

Dentre os conhecimentos tácitos e explícitos (ou teorizáveis) produzidos na engenharia e demandados no projeto técnico, o engenheiro norte-americano Walter VINCENTI identifica seis categorias. Elas, em sua opinião, não são específicas da engenharia aeronáutica, mas próprias de quaisquer áreas da engenharia. Sua aposta, nesse sentido, é a de que aquilo que ele está propondo possa ser complementado, mas não corrigido, quando aplicado a outra área (cf. VINCENTI, 1990, p. 207-208). Tal suposição, aliás, recebeu algumas confirmações desde que o seu livro foi publicado, como a apresentada por DE VRIES (cf. 2005, p. 127-9), no âmbito da engenharia eletrônica.

Essas seis categorias seriam (cf. VINCENTI, 1990, p. 208):

Conceitos fundamentais do projeto;

Critérios e especificações;

Ferramentas teóricas;

Dados quantitativos;

Considerações práticas;

Instrumentalidades do projeto.

CONCEITOS FUNDAMENTAIS DO PROJETO. Na produção técnica, uma primeira coisa que os/as projetistas precisam saber é o **princípio operacional** dos componentes do artefato que eles/as vão construir. Princípio operacional seria a função específica que cada parte do artefato tem na operação esperada do dispositivo como um todo. Nesse sentido, a asa do avião tem como princípio operacional prover sustentação à aeronave, quando em voo, a partir da diferença de pressão entre suas duas faces, provocada pelo deslocamento do ar. É sabendo disso que o/a projetista poderá pensar, seja em melhorias para essa peça, seja em *designs* mais adequados para cada tipo específico de uso intencionado com a aeronave, por exemplo. Além do princípio operacional, no entanto, também se deve conhecer de antemão a **configuração normal** do equipamento que se está projetando, ou seja, a forma e o arranjo considerados como os que melhor incarnam os princípios operacionais envolvidos, e que deverão ser sempre buscados. Exemplos disso seriam, para o caso do carro, o número de rodas (normalmente quatro) e o tipo de refrigeração do motor (usualmente por algum líquido) que se usam (cf. VINCENTI, 1990, p. 208-11).

CRITÉRIOS E ESPECIFICAÇÕES. Para que um projeto possa ser montado e implementado, é necessário que as demandas não apenas de ordem técnica, como também de ordem econômica, social etc. do/a contratante sejam traduzidas em

parâmetros numéricos que devem ser considerados na construção daquilo que se está requerendo. É assim que, por exemplo, a necessidade de torque inicial e rendimento elevados levou os projetistas do motor de indução a identificarem na dispersão magnética e na resistência do rolamento secundário dois critérios (quantificáveis) fundamentais a serem considerados/otimizados no *design* desse tipo de equipamento (cf. KLEIN, 1987, p. 293-4). De igual modo, o aumento de velocidade e do peso das aeronaves, por exemplo, teve que ser traduzido em novas especificações para o trem de pouso (cf. VINCENTI, 1990, p. 212). Seja como for, esses critérios e as especificações que precisam ser consideradas no projeto de qualquer artefato técnico raramente estão claros nas origens de processo. O que no geral acontece, ao contrário, é que tais pontos vão sendo estabelecidos e padronizados ao longo do amadurecimento da técnica em questão. Esse é o caso não apenas de todas as normas de segurança técnica, como dos critérios de qualidade (p.e., critérios de qualidade de voo (cf. VINCENTI, 1990, p. 51-111), de restrições de ordem ambiental (p.e., rendimento energético e produção de CO₂), estética etc. No geral, além disso, tais critérios não são fixos, variando de acordo com as necessidades/demandas do/a contratante (um caça militar, por exemplo, terá especificações sensivelmente distintas das de um avião comercial de passageiros) (cf. idem, p. 211-3).

FERRAMENTAS TEÓRICAS. De posse dos princípios operacionais, da configuração normal e dos critérios e especificações do projeto, os/as engenheiros/as precisarão lançar mão de conceitos, teorias e métodos matemáticos para fazer os cálculos que o *design* requer. Os **métodos matemáticos e teorias** incorporam tanto fórmulas simples para cálculos diretos, quanto esquemas complexos. Trata-se de conhecimento cujo espectro vai desde a *ciência pura* (no caso, a matemática) até as *premissas quantitativas* (conhecimento de ordem empírica com baixíssimo grau de formalização, e que ajuda a prover dados seguros o suficiente para fundamentarem algumas dimensões do projeto – p.e., a consideração de que a carga sobre uma junta rebitada se divide igualmente por todos os rebites que a compõem). Partindo-se do extremo “ciência pura” em direção ao “premissas quantitativas” desse espectro, teríamos ainda a *ciência aplicada* (ou seja, a mera tradução da ciência física, química etc. em forma útil/aplicável pela engenharia), as *teorias baseadas em princípios científicos* (i.e., elaborações teóricas que partem ou consideram teorias científicas, mas que incorporam simplificações e/ou alterações, desconsiderando aspectos não centrais ou não essenciais para o problema em análise; é o caso da aerodinâmica e, em certo sentido, também da teoria do motor de indução (cf. KLEIN, p. 310-3), as *teorias aplicáveis apenas a uma classe de dispositivos* (como a teoria de arrasto induzido para as asas do avião) e as *teorias fenomenológicas* (que seriam a sistematização de dados empíricos obtidos, por exemplo, pelo método de variação de parâmetros, como no caso do estudo das hélices dos aviões (cf. VINCENTI, 1990, p. 138-9, 160-4). De sua parte, **conceitos intelectuais** são os conceitos dos quais se deve partir para se conseguir pensar e formular qualquer projeto. Vão desde ideias básicas da ciência (p.e., força, massa, corrente elétrica etc.), a aspectos mais puramente técnicos (como eficiência e retroalimentação), passando também, em contexto mais estrito, por elaborações como a do volume controlado na dinâmica dos fluidos (e que será fundamental para tornar tal teoria aplicável à engenharia (cf. idem, p. 117-28) (cf. idem, p. 215-6).

DADOS QUANTITATIVOS. “Mesmo tendo à mão os conceitos fundamentais e as especificações técnicas, as ferramentas matemáticas são de pouca serventia

sem os dados das propriedades físicas ou outras quantidades requeridas nas fórmulas.” (VINCENTI, 1990, p. 216) Tais dados quantitativos podem ser de dois tipos diferentes: **descritivos** ou **prescritivos**. São da primeira espécie: constantes físicas (como a aceleração da gravidade); propriedades das substâncias (como o coeficiente de viscosidade de fluidos); propriedades de processos físicos (p.e., taxa de reação química); e parâmetros não previsíveis pela teoria (como a resistência do rebite). Os dados prescritivos não descrevem, mas orientam o que deve ser feito, de modo a se alcançar determinado resultado. São os valores que devem ser respeitados em critérios/ especificações (item 2 acima), de modo a que tais quesitos estejam de acordo com o que se convencionou ou se verifica empiricamente como ideal, mínimo necessário ou máximo tolerável (no que tange à segurança, conforto, impacto ambiental etc.) (cf. VINCENTI, 1990, p. 216-7).

CONSIDERAÇÕES PRÁTICAS. São, como o próprio nome diz, considerações de ordem prática, raramente registradas e nunca provenientes de pesquisa sistemática (no que diferem dos itens 3 e 4 acima). Por essa razão, não é possível normalmente aprendê-las através de livros ou na faculdade, mas apenas no dia a dia do trabalho técnico. Elas são traduzidas em regras de ouro, considerações que devem ser obedecidas no projeto porque se verifica empiricamente que tal coisa é por alguma razão necessária, mas saber carente de qualquer sistematização ou fundamentação outra que a mera observação fortuita de uma regularidade empírica. Exemplo disso, na aeronáutica, é a regra de que o peso vazio da aeronave pode ser aumentado, desde que, com isso, consiga-se uma certa diminuição no arrasto (cf. idem, p. 217-19).

INSTRUMENTALIDADES DO PROJETO. “Para além das ferramentas analíticas, dos dados quantitativos e das considerações práticas, todos fundamentais para a realização de seu trabalho, os/as projetistas precisam saber também como realizá-lo.” (VINCENTI, 1990, p. 219) Assim, na construção de um projeto, os/as engenheiros/as precisam lançar mão de alguns **procedimentos estruturados** bem conhecidos. É o caso da divisão de um projeto geral (p.e., avião), em suas subpartes (p.e., estrutura, motor e hélice para um avião), e destas em suas componentes etc. Também é o que acontece com a otimização que se busca em cada uma dessas subpartes. Entre os procedimentos estruturados e as habilidades avaliativas (bem menos estruturadas), encontram-se os **modos de pensar** [*ways of thinking*], que seriam, por assim dizer, “semi-estruturados”. É assim que, por exemplo, engenheiros/as partilham modos comuns de apreender a operação do dispositivo e imaginar o efeito que alterações em seu projeto poderiam provocar. Outro caso de modo de pensar é partir-se de um tipo particular de pensamento para encontrar conceitos que se adequem à situação em análise, como na analogia. Esses dois primeiros modos são ao menos parcialmente ensináveis em termos teóricos (nas escolas de engenharia e no trabalho). Um terceiro modo de pensar é o visual, no sentido de que “todo projetista extraordinário é invariavelmente um extraordinário pensador visual”, ou no daquele de FERGUSON (1977), que dá conta de que o projeto técnico é altamente tributário de pensamento imagético, que não é verbalizável nem exprimível em termos matemáticos. Por fim, as **habilidades avaliativas** estão associadas, por exemplo, à percepção (e busca) por uma solução satisfatória (na impossibilidade, como de costume, de se obter uma que seja ótima (cf. SIMON, 1981 [1969] e 1971)). “Tais habilidades, do mesmo modo que no pensamento visual, requerem inspiração, imaginação e intuição, assim como um senso de elegância e de estética no projeto técnico.” (VINCENTI, 1990, p. 222) Por

isso, elas são mais tácitas e menos objetivamente aprendíveis (cf. idem, ibidem, p. 219-22).

Ainda que tenham sido apresentados separadamente, entretanto, esses seis componentes do conhecimento produzido na engenharia interagem e interpenetram-se. Assim, por exemplo, “a necessidade de especificação técnica aplicada a um dado princípio operacional demanda ferramentas teóricas e dados quantitativos apropriados” (VINCENTI, 1990, p. 222).

CONHECIMENTO TÉCNICO E ARTE DA ENGENHARIA

A rigor, todas as seis categorias de conhecimento identificadas por Vincenti impõem desafios a qualquer processo de produção tecnológica não convencional. Um esboço desses desafios pode ser encontrado em CRUZ (2017). Naquilo que nos concerne neste artigo, entretanto, iremos nos ater a apenas uma dessas categorias, a mais tácita de todas, a das instrumentalidades do projeto.

As três constituintes de instrumentalidades do projeto – procedimentos estruturados, modos de pensar e habilidade avaliativa –, são não apenas transversais a todas as etapas e momentos do *design*, mas também conformadoras dessa atividade e do resultado que dela por fim resultará, a solução técnica buscada. Seja porque esses conhecimentos, em seu âmbito não teorizável e, nisso, necessariamente tácito, demandam uma relação pedagógica de tipo “mestre e aprendiz” (ao modo como o aprendizado técnico se deu na humanidade até a criação das escolas de engenharia modernas (séculos XVIII e XIX), em soluções do tipo das guildas ou corporações de ofício da Europa medieval (cf. EPSTEIN, 2005)), seja porque tais conhecimentos incorporam aspectos como senso estético¹ e pensamento imagético não verbal, eles constituem aquilo que chamamos de *arte da engenharia*.

Com esse termo, “arte”, busca-se fazer uma tripla marcação. 1) Existe uma dimensão insuperável do trabalho projetivo de engenheiros/as que não é passível de ser esgotada teoricamente, muito menos de ser inteiramente expressa em termos matemáticos, científicos ou técnicos precisos (apesar de todo esforço moderno nesse sentido); 2) Isso significa que uma parte da formação em engenharia não pode ser provida em sala de aula, demandando trabalho concreto com, ou sob a supervisão de, engenheiros/as experimentados/as no tipo de atuação que se quer prover ou ensinar aos/às futuros/as engenheiros/as; 3) Adicionalmente, essa dimensão da atuação projetiva dos/as engenheiros/as é sensível às estéticas e às visões, imagens ou perspectivas de mundo que esses/as profissionais têm ou venham a ter.

Ou seja, há uma parte do projeto em engenharia que demanda habilidade e sensibilidade análogas a algumas das habilidades e sensibilidades usualmente associadas à produção artística. Por um lado, assim, todo projeto de engenharia – ao menos quando se está produzindo uma invenção, uma inovação ou uma adequação sociotécnica (cf. DAGNINO, 2004) – é também, em certo grau, um trabalho de arte, isto é, a construção criativa de algo até então inexistente (para os gregos clássicos, essa construção criativa era chamada de *poiesis*). Do mesmo modo que, por outro lado, toda produção artística é ou pressupõe, em alguma medida, um projeto, isto é, o recurso a habilidades e a conhecimentos do tipo

saber-como técnico (para os gregos clássicos, esse tipo de saber era chamado de *techné*), que tornam possível a materialização da obra concebida.

E se a analogia pode ser estendida um pouco mais, como parece poder ser o caso, da mesma forma que distintas estéticas, imagens, perspectivas e visões de mundo produziram distintos estilos ou escolas dentro das artes – com produtos artísticos substancialmente diferentes daqueles de outros estilos ou escolas –, isso também pode vir a ser o caso, em alguma medida, na engenharia. Assim, ao lado dos estilos ou escolas convencionais ou tecnocráticos, podem também existir, para cada ramo da engenharia, múltiplos estilos, populares/tradicionais ou não, esperando para serem descobertos, captados ou construídos e, a partir daí, desenvolvidos ou aprimorados.

Assim, fazer algo como engenharia popular parece ter a ver não apenas com um modo de praticar engenharia (em diálogo com grupos populares, segundo metodologias participativas, que incorporam processo de educação popular), como também com habilidades e sensibilidades derivadas desse modo (ou desenvolvidas a partir dele) de produzir tecnologia (material ou não). Ou seja, esse tipo de engenharia demandaria não somente uma transformação metodológica da prática (*techné*) de engenheiros/as (com respeito às práticas convencionais hegemônicas), como, em certo sentido, também uma refundação ou recriação epistemológica da concepção ou produção técnica (*poiesis*).

De que forma, porém, valores, perspectivas, saberes e estéticas populares podem ser incorporados à arte da engenharia, viabilizando ou tornando mais efetiva, assim, a engenharia popular? Buscaremos responder a isso nas duas próximas seções.

Valores sociais e projeto técnico moderno

Segundo a tipificação provida por Vincenti, a dimensão do *design* sobre a qual os valores sociais incidem de forma mais direta se situa nos níveis mais elevados da hierarquia do projeto (VINCENTI, 1990, p. 9) identifica cinco deles: definição do projeto; projeto geral; projeto dos componentes principais; subdivisão desses componentes nas áreas da engenharia; subdivisão das áreas anteriores em áreas mais específicas), nos quais as necessidades e restrições do/a contratante – seja empresa, governo, indivíduo, grupo popular ou o que for –, juntamente com restrições sociais (de ordem jurídica, ética, estética, política etc.), são traduzidas em características a serem buscadas ou respeitadas pelo artefato a ser produzido.

O impacto de tal coisa nas etapas subsequentes do projeto, aquelas em que a solução é concebida e implementada em consonância com as especificações definidas, dá-se sobretudo em dois âmbitos: na seleção da solução satisfatória que mais se adequa às condições de contorno assumidas (e que traduzem a perspectiva de valor que se está buscando reforçar ou perseguir); e na pressão para se desenvolverem os conhecimentos (técnicos e científicos) que eventualmente não estejam disponíveis, mas que se mostram necessários para o tipo de solução que se almeja (ainda que essa solução demore para ser alcançada ou, por fim, nem venha a sê-lo).

A verificação do primeiro desses dois âmbitos é mais simples. De fato, na medida em que boa parte dos problemas que buscamos resolver tecnicamente são

proibitivamente complexos, não temos como encontrar a solução ótima – e única – deles. Ao contrário, existiriam múltiplas soluções possíveis para cada um, e que se mostrariam mais ou menos satisfatórias em função das condições de contorno assumidas (cf. SIMON, 1981 [1969] e 1971). O que as perspectivas de valor incidentes sobre a definição do projeto fazem, então, é simplesmente traduzir suas demandas nas restrições/condições técnicas que operarão como critério demarcatório entre o aceitável/satisfatório e o não.

O segundo âmbito do impacto dos valores sociais nos níveis mais altos do projeto técnico é de percepção mais sutil, até porque só podemos notá-lo nos níveis hierárquicos subsequentes, através dos conhecimentos mobilizados e produzidos para se fabricar a solução técnica que se busca. O entendimento aqui, não obstante, é bem claro e de fácil enunciação: até certo ponto, é possível produzir-se conhecimento – pela engenharia e/ou pela ciência – capaz de dar lugar a soluções técnicas mais ou menos condizentes com as condições de contorno assumidas. Para isso, basta que a pressão que incide sobre as primeiras etapas do projeto seja não apenas traduzida e transferida para os níveis hierárquicos inferiores do design, como também incida sobre a atividade científica.

No que diz respeito ao núcleo da arte da engenharia, tal sensibilidade se verifica nos três tipos de conhecimento identificados aí por Vincenti. Com efeito, para que o projeto dê os frutos esperados dele, tanto procedimentos estruturados, quanto modos de pensar e habilidades avaliativas precisam privilegiar os conhecimentos particularmente úteis para o tipo de seleção ou perspectiva de valor que os níveis superiores da hierarquia do projeto estão buscando. De fato, seja no ordenamento/sequenciamento tornado canônico no projeto de determinada área da engenharia, seja nas analogias ou estruturações mentais mais utilizadas aí, ou nos pontos específicos a serem considerados em uma boa avaliação desse tipo de design – e nos critérios de beleza/elegância/ adequação também associados aos juízos construídos aqui –, o projeto só tem êxito se, nesses procedimentos (ou habilidades), privilegia-se, de alguma forma, aquilo que é mais profícuo com respeito ao tipo de soluções técnicas que são esperadas/busçadas. Nesse sentido, por exemplo, uma engenharia agroecológica parece demandar um conjunto de instrumentalidades sensivelmente diferente do de uma engenharia agrícola transgênica. A estruturação do projeto, as imagens, metáforas e analogias válidas ou úteis e o senso estético requeridos para a avaliação do *design* parecem ser, de fato, significativamente dissimilares em um caso e no outro.

Dito em poucas palavras, a incidência de valores, perspectivas, saberes e estéticas de grupos populares sobre os conhecimentos que constituem a arte da engenharia provoca – ou poderia provocar – uma transformação que nos leva – ou poderia levar – a enxergar soluções populares (novas) e/ou (novos) modos populares de construí-las. Trata-se, assim, de, em algum grau, aprender-se a enxergar a realidade e a própria arte do projeto técnico (*poiesis*) de uma maneira nova, e não de simplesmente aplicar um mesmo modo de enxergá-las e concebê-las a nacos da realidade anteriormente desconsiderados.

Como, porém, tal conformação aos valores, estéticas, perspectivas e saberes populares é possível, ou pode se dar, concretamente aqui? Ou seja, como tais elementos podem impactar a arte da engenharia, dando eventualmente origem a um novo estilo, no caso, de arte popular? E qual relevância tal coisa tem ou pode ter para a EP? É o que veremos, a partir da análise de um caso concreto, na próxima seção.

ARTE OU ESTILO POPULAR DE ENGENHARIA

O exemplo que se analisará aqui é o do hardware e software (co)desenvolvidos por Laura Cortés-Rico, a partir do trabalho de uma equipe interdisciplinar – composta por um engenheiro mecânico, um engenheiro de computação, uma engenheira eletrônica (Laura), uma antropóloga e um cientista social –, em colaboração com, e para, uma comunidade tradicional de artesãs da Colômbia que produzem uma forma típica de bordado, chamado *calado* (cf. Rivera *et al.*, 2016). O artefato que se construiu, que podia reconhecer e arquivar digitalmente as estampas do *calado*, foi capaz de responder a duas demandas das *caladeras*: constituir um acervo dos diversos padrões confeccionados pela comunidade que fosse mais resistente e mais fácil de ser partilhado do que as versões tradicionais em papel; e criar uma ferramenta que permitisse às *caladeras* identificar erros nos bordados que elas estivessem confeccionando.

Essa solução foi significativamente distinta daquela que imaginava Laura, quando ela se propôs esse trabalho. Para ela, de fato, a melhor contribuição técnica que poderia dar ao grupo seria algo que pudesse auxiliar as *caladeras* a progressivamente automatizarem seu trabalho manual. Quando, porém, Laura entrou em contato com o grupo de bordadeiras, nos períodos em que conviveu e trabalhou com elas, tanto ela quanto o grupo foram se apercebendo, seja dos problemas que a proposta inicial trazia consigo, seja das efetivas demandas do grupo que uma solução técnica, como as que Laura e sua equipe poderiam implementar, seria capaz de resolver.

A principal falha do projeto inicial consistia no fato de que, uma vez automatizada a produção do *calado*, as bordadeiras perderiam o domínio sobre essa produção, que lhes é assegurado pelo *know-how* que apenas elas possuem. De fato, a partir do momento em que o *calado* pudesse ser produzido por máquinas, nada asseguraria às *caladeras* que essa tecnologia não seria copiada por outros produtores, o que significaria a ruína econômica do grupo.

Por outro lado, desse mesmo processo colaborativo e dialógico de construção da solução técnica final, as *caladeras*, juntamente com Laura e a equipe que a acompanhava, foram se dando conta de fragilidades efetivas presentes na confecção do *calado*, e para as quais alguma implementação técnica poderia ser de real serventia. É assim que se chega à necessidade de se constituir a biblioteca virtual dos diversos bordados que podem ser produzidos pelo grupo, e à questão de haver um meio seguro e rápido de ajudar as bordadeiras a identificarem erros no bordado que estão construindo.

A solução inicial de Laura desempoderava as *caladeras* e as expunha à possibilidade de não poderem mais viver da produção do *calado*. A solução final, pensada e construída conjuntamente, não apenas não traz consigo esses mesmos riscos, como, ao contrário, tanto reforça os laços de união do grupo (materializado na biblioteca virtual partilhada), quanto permite uma melhoria efetiva na produção do *calado*, *respeitando-se*, além disso, o modo próprio de produção dele (não automatizado), como essa comunidade de bordadeiras segue optando por manter. Modo de produção que, mais do que dizer apenas da forma como as *caladeras* executam sua atividade laboral e se inserem no mundo econômico, fala da maneira como elas vivem (sem, por exemplo, segregarem a confecção do *calado* de outras atividades cotidianas como cuidar dos filhos) e dos valores que elas assumem (como a valorização do trabalho manual e da vida comunitária).

Mas o que esse exemplo de engenharia popular pode nos ensinar acerca da constituição de um estilo popular de, no caso, engenharia eletrônica e de computação? E qual relevância isso pode ter para uma prática de engenharia que se pretenda popular (enquanto comprometida com as urgências e necessidades reais do grupo popular, em uma perspectiva que seja dialógica, empoderadora e, em alguma medida, construtora/viabilizadora de uma outra ordem sociotécnica possível)?

Atentemos, para responder a essas questões, a dois aspectos principais do projeto técnico desenvolvido junto a esse grupo de *caladeras*: as suas definições mais gerais e fundamentais e a confecção da solução final. Laura, a engenheira responsável, tinha um entendimento claro sobre o artefato que iria construir, previamente ao seu encontro e convívio com a comunidade de *caladeras* que faria uso dele. Esse entendimento, no entanto, acabou por se mostrar significativamente distinto daquele que veio a ser o projeto final do equipamento construído. Isso se deveu sobretudo à inserção da equipe técnica na comunidade, e ao desenvolvimento, a partir disso, de uma pesquisa participativa (na identificação junto a essas mulheres de suas urgências/necessidades efetivas e na construção dialogada com elas da solução técnica para essas urgências/necessidades) e de um processo de educação popular (por meio do qual as *caladeras* procederam a um reflexão crítica sobre a realidade em que viviam, ao mesmo tempo em que tomaram maior consciência dos seus saberes próprios e os incorporaram ao projeto técnico).

Ou seja, a definição do projeto final emerge e é conformada, aqui, pelas necessidades do grupo e seus ideais de vida (ou perspectivas de valor), que vão sendo descobertos e depurados/trazidos à consciência, a partir dos processos de pesquisa participativa e educação popular construídos. Nesse sentido, pode-se dizer que o projeto consegue proceder a uma tradução adequada de urgências e valores das *caladeras*, e que isso só foi possível porque Laura e sua equipe foram capazes de, mergulhando no mundo delas, escutá-las em profundidade e animá-las a refletirem criticamente sobre suas próprias vidas (que são os pilares inegociáveis da engenharia popular).

Uma vez tendo chegado a esse ponto, Laura passa a se haver com o desafio de implementar tecnicamente aquilo que havia sido especificado na definição do projeto. E aqui, uma vez mais, a convivência com o grupo, assim como o aprendizado dos rudimentos do *calado*, vão se mostrar fundamentais para ela. Nos seus próprios termos,

[b]ordar com as bordadeiras, mas também construir circuitos com elas, em suas casas, permitiram-me pensar no bordado como uma tecnologia em si, e motivaram toda a equipe a descobrir pontos em comum entre o artesanato [*craft*] e a tecnologia computacional. De fato, o hardware foi literalmente bordado com linhas condutoras e o software demandou uma contínua lembrança do ofício [*craft*] [executado] com as nossas próprias mãos, de modo a projetar representações computacionais dos pontos do calado (Rivera, 2016, p. 61 – tradução nossa).

Há, evidentemente, na importância que Laura atribui ao convívio com as *caladeras*, o reconhecimento implícito de que parte do conhecimento de que ela lançou mão para a construção do artefato é tácito, só podendo ser aprendido, de

fato, pelo contato direto com as detentoras dessas habilidades (como é o caso da própria técnica do *calado*). Se, não obstante, o relato dela é efetivamente descritivo e não (meramente) poético, Laura se enxerga concebendo e construindo o artefato *como se* o estivesse bordando. E isso, tomado ao pé da letra, significa que as instrumentalidades de que ela lança mão aí, ou seja, o estilo ou arte da engenharia que utiliza ou desenvolve, com as imagens com que concebe o projeto, o modo como o avalia, a maneira como o estrutura e executa, possuem elementos em comum com a arte tradicional (ou popular) do *calado*, ao modo como a vive e pratica a comunidade das *caladeras* em cujo meio ela se inseriu para conceber e realizar esse trabalho.

Isso significa que, no desenvolvimento dessa iniciativa de engenharia popular, não é apenas a solução técnica que se conforma “externamente” aos valores e necessidades do grupo. Há, além disso, e como decorrência dessa perspectiva metodológica e política de fazer engenharia (a engenharia popular), uma transformação epistemológica “interna” de alguns dos conhecimentos técnicos demandados pela produção tecnológica, aqueles que definimos como constitutivos da arte (*poiesis*) da engenharia.

Dessa forma, a hipótese que se está sustentando aqui é que, via de regra, sem esta segunda transformação, a solução desenvolvida será menos popular do que ela poderia ser, incorporando menos do saber e dos valores (tradicionais) do grupo, com suas visões de mundo, valores e estéticas. E, nesse sentido, na medida em que não supera nesse nível o estilo convencional de conceber (*poiesis*) e produzir as soluções técnicas, essa solução, ainda que metodologicamente produzida de forma diferenciada (participativa), terá menos marcas de uma “nova ordem sociotécnica possível” (popular) do que seria eventualmente realizável.

Ou seja, porque a habilidade de criar (*poiesis*) da forma como o faz ou é capaz de fazer o grupo popular com o qual se trabalha é pouco ou nada apropriada pela equipe técnica, a solução produzida por ela tenderá a ter menos marca da expressão desse grupo. E se entendemos que, por meio de um tal processo criativo (*poiesis*), o próprio modo de vida profundo do grupo é materializado, essas materializações, no nível de soluções tecnológicas (e sua subsequente conformação da ordem social), ficam interdidas ou, ao menos, prejudicadas, se a equipe técnica não conseguir internalizar os valores e a “habilidade criativa” do grupo (com sua estética e seu arsenal imagético)².

DESAFIOS EPISTEMOLÓGICOS DA ENGENHARIA POPULAR

Partimos, neste artigo, do entendimento de que toda solução técnica incorpora valores sociais e que, além disso, os valores que estão incorporados nela tendem a ser estabilizados na, e a conformar a, ordem social, quando do uso e difusão dela. Isso torna a produção tecnológica uma arena claramente política, ao mesmo tempo em que nos coloca a questão sobre as mudanças – ou, mais apropriadamente, as ampliações – por que devem passar os conhecimentos utilizados no projeto técnico (que são, como vimos, provenientes da ciência e da engenharia), de modo a que a solução daí decorrente possa ser (efetiva ou mais profundamente) popular.

A engenharia popular, nos passos que tem seguido em sua constituição e em seu amadurecimento no Brasil, não deixa de refletir sobre, e de buscar aprimorar-

se no, imperativo metodológico que deve presidi-la. Imperativo de coconstrução com os grupos populares e de empoderamento deles (via pesquisa participativa e educação popular); e imperativo de, a partir disso, viabilização, ainda que limitada e/ou marginal, de uma nova ordem sociotécnica possível: uma ordem popular. Isso advém das próprias origens desse movimento, que conjuga, como se mencionou, as tradições da tecnologia social, da economia solidária e da extensão universitária.

A tese que se defende neste trabalho é que, de modo a que tal imperativo seja não apenas mais bem servido, como, talvez, mesmo potencializado, precisamos atentar também para as restrições ou demandas epistemológicas impostas, no caso, pelos conhecimentos produzidos pelos/as próprios/as engenheiros/as populares, particularmente, as “instrumentalidades do projeto” de Vincenti, que chamamos aqui de arte da engenharia. O exercício ou desafio fundamental, nesse âmbito, é o de se conseguir internalizarem os valores, as perspectivas, as imagens e a estética do grupo popular, de forma a se ser capaz de, em última instância, conceber e implementar a solução técnica buscada, ao modo como o fariam os nativos dessa cultura. (Isso não significa a aceitação ingênua de contravalores possivelmente também presentes nessa cultura particular, mas, para além do processo de autodepuração crítica por que seus membros vão passando com os empreendimentos de educação popular, a incorporação/internalização, pela equipe técnica, da estética e poesia de vida deles, naqueles pontos em que elas se singularizam com respeito à instrumental, arquetipicamente apenas masculina (cf. SHIVA, 1988), controladora, produtivista e não sustentável da tecnocracia vigente.)

Existem possivelmente múltiplas formas de os/as engenheiros/as populares se haverem com esse horizonte que se dão de transformação radical da realidade (cf. FREIRE, 1987 [1970], p. 23-8), por meio da construção dialogada e empoderadora da ordem sociotécnica (re)querida pelos grupos populares. Contudo, no que concerne especificamente ao âmbito dos conhecimentos relativos à arte da engenharia demandados pela produção de engenharia popular, dois aspectos gerais parecem requerer cuidado ou atenção em qualquer que seja a forma específica construída ou seguida:

1. Assegurem-se meios de escuta profunda do grupo popular. Trata-se da condição de possibilidade de se ter acesso e, a partir disso, de se internalizarem os valores, imagens, saberes e estéticas do grupo, desenvolvendo-se uma arte (*poiesis*) popular de engenharia. Isso parece apontar para a necessidade (imprescindibilidade?) de equipes interdisciplinares, compostas por profissionais da antropologia, educação, psicologia e/ou áreas correlatas, para além de engenheiros/as. A equipe técnica que assessorou Laura na produção da tecnologia desejada pelas *caladeras* colombianas, por exemplo, contava com uma antropóloga e um cientista social.
2. Conceberem-se e implementarem-se estratégias que permitam o aprimoramento dos estilos populares desenvolvidos, a reaplicação deles em contextos similares e, eventualmente, a mescla criativa de alguns ou vários de tais estilos. Trata-se, aqui, não apenas de se tomar consciência da singularidade dos estilos descobertos ou construídos, tentando-se aprimorá-los de forma intencional e sistemática e combinando-os criativamente, como também de se assegurar a transmissão deles aos/às engenheiros/as populares que forem sendo

formados (ou que forem se associando às atividades da Repos – Rede de Engenharia Popular Oswaldo Sevá – ou de qualquer outro coletivo ou tradição de engenheiros/as populares)³.

As vicissitudes e contingências do dia a dia podem, muitas vezes, limitar de forma mais ou menos contundente a possibilidade de realização de ambos os aspectos. Com efeito, questões como restrições orçamentárias (que inviabilizam uma equipe interdisciplinar mais completa, por exemplo) podem acabar por se impor, a despeito de nossas vontades. De todo modo, parece fundamental termos sempre claro qual é o horizonte que perseguimos, seja para que possamos dar passos em direção a ele sempre que possível, seja para não tomarmos pelo melhor daquilo que podemos vir a realizar, enquanto engenheiros/as populares, o limitado que, para as condições contingentes de algum momento histórico, pôde ter sido o mais longe que se conseguia ir naquele contexto (eventualmente já superado).

Nesse sentido, a reflexão que se desenvolve neste artigo, que é algo em começo de construção ainda, busca ser tanto convite para críticas e aperfeiçoamentos dela própria, quanto instrumento para eventual aprimoramento de práticas de engenharia popular e/ou da reflexão (a *práxis* freiriana) sobre elas.

Grassroots Engineering's Epistemic Challenges: the Impact of "Engineering Arts" on Technical Design

ABSTRACT

In this manuscript, starting from the understanding of technology as embodying social values and, because of that, conforming the society in which it is used, it will be analysed some grassroots engineering's (GE) epistemic pre-requisites. Indeed, since every technical solution demands knowledge produced by science and engineering, developing popular solutions also depends on the existence of knowledge capable of grounding it. We will be especially interested in a specific category of engineering knowledge demanded by technical design. That one which Walter Vincenti calls design instrumentalities and which we call arts of engineering because of the elements it shares with arts, in what the Greek called poiesis. With this philosophical reflection, I aim to ground the imperative of GE properly addressing the points developed here in order not to risk losing part of its transformative potentials or even betraying part of its ideals.

KEYWORDS: Popular engineering. Arts of engineering. Technical design. Engineering produced knowledge. Knowledge and values.

NOTAS

¹ Por “senso estético” estamos entendendo, neste artigo, também aquele tipo de habilidade que leva matemáticos e cientistas em geral a farejarem soluções mais belas, simples ou elegantes para os seus problemas, identificando, ademais, no critério ou padrão de beleza, simplicidade ou elegância que adotam um dos distintivos da correção ou do valor da solução a que chegaram por meio dele.

² Tal entendimento parece ser passível de ser sustentado nas sete modalidades de adequação sociotécnica de DAGNINO *et al.* (2004). Isto é, tanto quando se subverte, em algum grau, o uso de uma tecnologia existente (modalidades 1 a 5) quanto quando se produz alguma nova (a partir de conhecimentos técnico-científicos já existentes ou que vieram a ser desenvolvidos por uma demanda popular/democratizante) (modalidades 6 e 7), a constituição ou descoberta de novos estilos na arte da engenharia, estilos populares, torna as soluções técnicas desenvolvidas mais incorporadoras do saber, dos valores e dos modos de vida do grupo popular do que quando isso não acontece. Adicionalmente, e a partir de outros referenciais teóricos, é igualmente possível sustentar que invenções técnicas populares, ao modo como acontecem nas modalidades 6 e 7 de adequação sociotécnica, seriam de fato apenas possíveis, enquanto invenções efetivas, ou seja, como rupturas com respeito às funcionalidades e/ou aos processos existentes, se esses novos estilos populares de engenharia, que comprazem novas formas de enxergar a realidade e de conceber (*poiesis*) o projeto técnico, forem desenvolvidos (cf. CRUZ, 2017).

³ Para maiores informações sobre a Repos, consultar o site da rede: www.repos.net.br.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa só foi possível graças a financiamento provido pela Fapesp, na forma da bolsa de doutorado do processo 2013/18757.

REFERÊNCIAS

BOON, Mieke. In Defense of Engineering Sciences: On the Epistemological Relations Between Science and Technology. **Techné: Research in Philosophy and Technology**, v. 15, n. 1, p. 49-71, 2011.

CRUZ, Cristiano. Tecnologia social e engenheiro/a educador(a): levantamento e análise de iniciativas formativas desenvolvidas no Brasil. **XIV ENEDS**. Florianópolis, 16-19 de agosto de 2016.

CRUZ, Cristiano. **Tecnologia social: fundamentações, desafios, urgência e legitimidade**. 2017, 269 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de Filosofia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. (A ser defendida em novembro de 2017.)

CUPANI, Alberto. **Filosofia da Tecnologia: um convite**. Florianópolis: Editora UFSC, 2011.

DAGNINO, Renato; BRANDÃO, Flávio & NOVAES, Henrique. Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. In: Lassance Jr. et al. **Tecnologia social – Uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, p. 15-64, 2004.

EPSTEIN, Stephan. **Transferring technical knowledge and innovating in Europe, c.1200-c.1800**. London: LSE Research Online, 2005.

FEENBERG, Andrew. A Critical Theory of Technology. In Ulrike FELT, U., FOUCHÉ, R., MILLER, C. & SMITH-DOERR, L. (Eds.). **Handbook of Science and Technology Studies**. MIT Press, p. 635-663, 2017.

FERGUSON, Eugene. The mind's eye: nonverbal thought in technology. **Science**, v. 197, n. 4306, p. 827-36, 1977.

FRAGA, Lais; ALVEAR, Celso & CRUZ, Cristiano. Da Engenharia e Desenvolvimento Social à Engenharia Popular: análise da construção de um campo de teoria e prática no Brasil. 2017. **Em avaliação**.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Terra e Paz, 1987 [1970].

KLEMMER, Scott; HARTMANN, Björn & TAKAYAMA, Leila. How bodies matter: five themes for interaction design. **Designing Interactive System 2006** [Conference], June 26–28, 2006, University Park, Pennsylvania, USA.

LAUDAN, Rachel (org). **The nature of technological knowledge. Are models of scientific change relevant?** Dordrecht: D. Reidel, p. 1-26, 1984.

MITCHAM, Carl. **Thinking through technology**. Chicago: University of Chicago Press, 1994.

POLANYI, Michael. **The tacit dimension**. Chicago: The University of Chicago Press, 2009 [1966].

RIVERA, Rafael; CORTÉS-RICO, Laura; PÉREZ-BUSTOS, Tania & FRANCO-AVELLANEDA, Manuel. Embroidering engineering: a case of embodied learning and design of a tangible user interface. **Engineering Studies**. 8, 1, p. 48-65, 2016.

ROPOHL, Günter. Knowledge types in technology. **International Journal of Technology and Design Education**. 7, p. 65-72, 1997.

SHIVA, Vandana. **Staying alive**. Nova Déli: Kali for Women, 1988.

SIMON, Herbert. **The sciences of the artificial**. Cambridge, Mass: The MIT Press, 1981 [1969].

SIMON, Herbert. Style in Design. **Proceedings of the 2nd Annual Conference of the Environmental Design Research Association**. Pittsburgh, PA: Carnegie Mellon University, p. 1-10, 1971.

SIMONSEN, Jesper & ROBERTSON, Toni (Ed.). **Routledge International Handbook on Participatory Design**. London & New York: Routledge, 2013.

VINCENTI, Walter. **What engineers know and how they know it**. London: The John Hopkins University Press, 1990.

VRIES, Marc. The Nature of Technological Knowledge: Extending Empirically Informed Studies into What Engineers Know. **Techné: Research in Philosophy and Technology**. 6:3, p. 117-130, 2003.

WINTER, Sidney. Knowledge and competence as strategic assets. In Klein, David (Ed.). **The Strategic Management of Intellectual Capital**. Boston: Butterworth-Heinemann, p. 165-88, 1998.

Recebido: 09 dez. 2017.

Aprovado: 05 mai. 2018.

DOI: 10.3895/rts.v14n32.7488

Como citar: CRUZ, C., C. Desafios epistemológicos da engenharia popular: o impacto da "arte da engenharia" no projeto técnico. **R. Technol. Soc.**, Curitiba, v. 14, n. 32, p. 1-20, Ed. Especial. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/7488>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Cristiano Cordeiro Cruz.

-

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

