

O que é Engenharia e o que é Engenharia de Produção

Prof. Édison Renato Silva
Escola Politécnica/UFRJ
edison@ufrj.br

versão 1.0 – 09/03/15

É comum que alunos de outras especialidades de Engenharia tenham preconceitos com a Engenharia de Produção, por ora mais ou menos explícitos. Alguns consideram que Engenharia de Produção não é Engenharia, ou é uma Engenharia soft, ou uma Administração de Empresas com outro nome. Achar que o conteúdo das disciplinas de Engenharia de Produção é mais fácil do que as aplicações de Cálculos e Físicas para o projeto de máquinas e sistemas técnicos que caracterizam as Engenharias de Produto¹. O aluno² das Engenharias de Produto que cursa matérias de Engenharia de Produção em sua grade curricular, tais como Organização das Indústrias pode, por isso, se dedicar menos, ou achar que será um curso sem conteúdo, que “encha linguiça”.

Por outro lado, há pelo menos uma década o curso de graduação em engenharia de produção é aquele com as maiores notas de corte no vestibular brasileiro e o que mais cresce em quantidade de cursos abertos no país, fenômeno movido pela alta empregabilidade que os egressos encontram no mercado de trabalho, tanto em termos de disponibilidade de vagas quanto em termos dos salários recebidos. Não é incomum encontrar Engenheiros de Produto que, após alguns anos no mercado de trabalho, empreendem uma pós-graduação em alguma área mais próxima à Engenharia de Produção, para aproveitarem a vantagem relativa que a Engenharia de Produção tem conseguido no mercado de trabalho e assumirem cargos de chefia ou consultoria nas

¹ Adota-se, nesse texto, a denominação “Engenharias de Produto” para se referir a todas as outras especialidades de Engenharia cuja ênfase reside em um produto, seja ele, por exemplo, um edifício, uma máquina, um material, um navio, avião, robô, produto químico, sistema elétrico ou circuito eletrônico.

² Nesse texto não se irá fazer o uso, considerado por alguns como politicamente correto, de referenciar alunos e alunas, engenheiros e engenheiras. Tampouco será feitas soluções gráficas fora da língua portuguesa (alunxs, alun@s), pois ambos os tipos de soluções prejudicam a legibilidade. Isso não significa que não se é sensível à importância das mulheres no mundo e, em particular, na engenharia. Apenas significa que o plural na língua portuguesa era feito em masculino na época em que eu era estudante de ensino fundamental e médio.

organizações em que trabalham — ou até mesmo para empreenderem em um negócio próprio.

Desfazer o preconceito para com a Engenharia de Produção pode ser uma excelente maneira de estimular o estudo do conteúdo desse livro. Isso passa por explicar que Engenharia de Produção é sim uma engenharia. Para isso, é um pré-requisito discutir o que se entende por Engenharia, o que se fará a seguir.

1. Engenharia não é Ciência Aplicada

A discussão a respeito da natureza ontológica³ da Engenharia tem sido objeto de pesquisas recentes, inclusive no Brasil, no campo da Filosofia da Engenharia⁴. Uma das primeiras definições de engenharia foi a criada por Thomas Tredgold em 1828, que à época definiu a Engenharia Civil como sendo “a arte de direcionar as grandes fontes de poder da Natureza para o uso e conveniência do homem”. A partir de 1945, com o fim da II Guerra Mundial e o relatório de Vannevar Bush (“Science, the Endless Frontier”, 1945), se tornou mais frequente definir a engenharia como uma espécie de ciência aplicada, como se evidencia, por exemplo, pela definição de engenharia atualmente adotada pelo órgão certificador da pós graduação de engenharia nos Estados Unidos (ABET):

“A aplicação criativa de princípios científicos para projetar ou desenvolver estruturas, máquinas, aparatos ou processos de manufatura, ou trabalhos que os utilizem isoladamente ou em combinação; ou para construir e operar os mesmos com total conhecimento acerca de seu projeto; ou para prever seu comportamento sobre determinadas condições de operação; tudo que diz respeito à função pretendida, economia de operação e segurança à vida e à propriedade” (ABET, 2015; tradução livre).

A mudança na maneira pela qual a Engenharia é entendida para relegá-la a uma área de aplicação de ciência nada tem a ver com um aprofundamento ontológico: trata-se de uma jogada oportunista. O relatório de Vannevar Bush enviado ao presidente Roosevelt explicava que o esforço de guerra foi bem sucedido por conta do desenvolvimento da ciência, notadamente da Física Nuclear, e propunha criar uma fundação para fomentar pesquisa básica — a National Science Foundation. Com esta sinalização, declarar-se como uma ciência, ainda que aplicada, era vantajoso para qualquer disciplina. Esse foi não apenas o caminho da Engenharia, como também foi o do *Management* (Silva, 2014, cap. 2 e 3).

Vincenti (1993) foi um dos primeiros autores a criticar a ideia de que engenharia é ciência aplicada e a fornecer uma alternativa. Nesse trabalho, evidencia-se que a ciência e a engenharia são diferentes em seus objetivos, nos meios que cada uma

³ A ontologia é o ramo da filosofia que discute a natureza, realidade e existência essencial dos entes.

⁴ A esse respeito, ver Silva & Proença Jr. (2015), Silva (2011), Silva (2014) e Friques, Silva & Nepomuceno (2015).

utiliza para produzir conhecimento e pela própria natureza do conhecimento gerado. A proposta de Vincenti é que a engenharia, ainda que possa aplicar ciência, não é ciência aplicada. Ele completa:

“A maioria das pessoas, quando prestam atenção à engenharia, tendem a pensar nela como ciência aplicada. Engenheiros modernos são vistos como profissionais que coletam seus conhecimentos a partir de cientistas e, por um processo ocasionalmente dramático, mas provavelmente pouco interessante intelectualmente, usam esse conhecimento para produzir artefatos materiais. Desse ponto de vista, *estudar a epistemologia da ciência deve automaticamente envolver o conteúdo de conhecimento da engenharia. Engenheiros sabem por experiência que essa visão é errada*, e nas décadas recentes historiadores da tecnologia produziram evidências narrativas e analíticas na mesma direção” (VINCENTI, 1993: 3, ênfase adicionada).

Vincenti (1993) fez florescer uma discussão acerca da natureza da engenharia e de sua epistemologia, isto é, acerca da maneira pela qual se produz e utiliza conhecimento em engenharia. A revisão mais detalhada das visões filosóficas que permitem sustentar que Engenharia não é Ciência, nem mesmo Ciência Aplicada, já foi feita anteriormente em outros trabalhos (Silva & Proença Jr., 2015; Silva, 2011) e foge do escopo desse livro. Por ora, é suficiente notar que há razões para crer que aceitar que Engenharia seja aplicação de Ciência não é a melhor maneira de defini-la.

2. Engenharia é Heurística

Ainda que existam diferenças entre Engenharia de Produção e as Engenharias de Produto, a Engenharia de Produção continua sendo Engenharia. Pelo menos seguindo a melhor definição de engenharia de que se tem notícia.

Koen (2003) é autor de uma das mais instigantes e completas reflexões acerca da engenharia já escritas. Para Koen (2003), a engenharia é “o uso de heurísticas para causar a melhor mudança numa situação pobremente entendida dentro dos recursos disponíveis” (KOEN, 2003: 28).

Essa definição de Koen (2003) pode ser desmembrada em seis características principais, as quais serão apresentadas separadamente no que se segue:

1. Heurística;
2. O conjunto de heurísticas, chamado de estado da arte, ou sota⁵.
3. Melhor;
4. Mudança;
5. Pobremente entendida;
6. Recursos disponíveis.

⁵ O acrônimo para *state of the art*.

2.1 *Uma heurística*

O cerne da visão de Koen sobre o conhecimento em engenharia é afirmar sua natureza heurística. Para Koen (2003), “Uma heurística é qualquer coisa que forneça uma ajuda ou direcionamento plausível na solução de um problema, mas que em última análise seja injustificado, incapaz de justificação e potencialmente falho” (KOEN, 2003: 28).

O autor ainda apresenta quatro características de uma heurística (KOEN, 2003: 29):

- i. Uma heurística não garante uma solução;
- ii. Ela pode contradizer outras heurísticas;
- iii. Ela reduz o tempo de busca para resolver um problema;
- iv. Sua aceitação depende do contexto imediato ao invés de um padrão absoluto.

2.2 *Sota, Estado da Arte, é o conjunto de Heurísticas*

Koen (2003) define estado da arte como “o conjunto de heurísticas usado por um engenheiro específico para resolver um problema específico num tempo específico” (KOEN, 2003: 42).

Em sua proposição, Koen (2003) utiliza a nomenclatura $sota|_{pessoa, data}$ para representar o conjunto de heurísticas e, como proposição central, associa sempre um sota a uma pessoa e um instante de tempo. Portanto, a noção usual de estado da arte como um conjunto de melhores práticas para resolver um problema, na visão de Koen (2003) significaria $sota|_{conjunto\ de\ engenheiros, data}$, ou seja, algo que é a soma dos conhecimentos de um determinado conjunto de engenheiros num determinado instante de tempo. Não existe, portanto, sota descolado de uma pessoa ou grupo de pessoas e nem de um dado momento no tempo (KOEN, 2003: 43-47).

2.3 *Um método para causar Mudança*

Para Koen (2003), a ideia de que engenheiros causam mudança é amplamente aceita sem necessidade de discussões elaboradas (KOEN, 2003: 11). Essa visão é bastante convergente com a ideia de Brockman (2009) sobre o que é engenharia. Ambos os autores defendem que engenharia começa com a existência de um problema: há que haver algo que se deseja mudar para existir a engenharia, já que as demais heurísticas (melhor, incerteza da situação e recursos) são todas relacionadas com a primeira: o que se quer fazer com a situação é mudá-la. Não entendê-la, nem representá-la

esteticamente: mudá-la⁶.

Koen (2003:12), contudo, ressalta a existência de quatro dificuldades práticas que o engenheiro enfrenta quando vai conduzir uma mudança:

- (1) O engenheiro não sabe onde está;
- (2) Não sabe para onde vai;
- (3) Não sabe como ele vai chegar até lá;
- (4) Não sabe se alguém atribuirá algum valor aos resultados da mudança.

Em Brockman (2009:44), as discussões (1), (2) e (3) de Koen (2003) são tipos básicos diferentes de problemas em engenharia, a partir dos quais os demais são originados: problemas onde só se sabe o estado inicial, onde só se sabe o estado final que se quer alcançar e onde só se sabe uma etapa que se quer ou se tem que realizar, sem saber nem o estado inicial nem o final. Essa proposição é bastante interessante, pois elucida bem quais são os tipos básicos de problemas em engenharia. Todos os problemas em engenharia são uma combinação desses três casos, pois é necessário que haja pelo menos um dos três elementos - onde se vai, onde se está, por onde se quer ir - para haver um problema definido em engenharia.

A esse respeito, Pidd (1998:68) distingue entre três conceitos: enigmas, problemas e confusões. Enigmas, para Pidd (1998), são situações onde a formulação do problema e a solução são acordadas entre o grupo. Por exemplo, um quebra-cabeças ou palavras-cruzadas. Nesse tipo de elemento, um algoritmo é aplicável. Pidd (1998:68) define também problemas como situações onde se possui acordo sobre a formulação, mas não sobre a solução. Confusões, por sua vez, são situações onde não se possui acordo nem sobre a formulação nem sobre a solução (PIDD, 1998:68).

Muito do trabalho do engenheiro ao mexer com mudanças é levar uma situação do estado de confusão ao estado de problema. Ou seja, formular o problema. Um bom engenheiro precisa possuir heurísticas para formular o problema, de uma forma tal que ele esteja “bem definido” - seja lá o que o grupo de interessados atuantes entender por isso. Mudança, portanto, pode ser também conseguida ao se formular um problema⁷.

2.4 A importância de considerar recursos disponíveis

Sobre recursos, Koen (2003) afirma numa síntese que:

“Um problema em engenharia é definido e limitado por seus recursos, mas os

⁶ O professor Domício Proença Jr. possui uma fala muito boa para ilustrar essa relação. “Quando o problema aconteceu”? História. “Onde o problema acontece”? Geografia. “Por que o problema acontece”? Filosofia. “O que as pessoas acham do problema”? Psicologia. “Resolver o problema”? Engenharia.

⁷ Formular o problema, dessa forma, pode ser resolver o problema, caso o engenheiro tenha a formulação como seu problema.

recursos verdadeiros devem ser considerados. Porque nós tendemos a pensar somente em termos dos recursos esgotáveis, porque nós confundimos recursos nominais e reais e porque nós desconsideramos a eficiência de alocação de recursos e a possibilidade de trocar um tipo pelo outro, geralmente os recursos verdadeiros são difíceis de determinar” (KOEN, 2003:15).

Uma vez que o autor afirma que é fundamental que se estabeleça de fato quais são os recursos de um problema em engenharia, ele fornece algumas indicações sobre como identificá-los corretamente:

“Para determinar se algo deve ser considerado como recurso, realize esse teste simples: imagine dois times de engenheiros idênticos em todos os aspectos, menos um. Se o produto final de um time é julgado como preferível ao produto do outro, então a diferença entre os dois times deve ser tomada como recurso. Como exemplo, considere dois times de engenheiros com o mesmo número de membros, mesma educação e mesma quantidade de tempo e dinheiro à sua disposição. Um time, entretanto, é mais experiente em resolver problemas similares ao proposto. Experiência prévia com problemas similares geralmente produz um projeto melhor. *Experiência prévia com problemas similares* deve, portanto, ser considerada um recurso, ainda que obviamente não seja esgotável” (KOEN, 2003: 14, ênfase no original)⁸.

2.5 *Engenheiros querem realizar a melhor mudança, dentro do possível*

Ao terceiro elemento, Melhor, Koen (2003) dedica a maior parte de sua atenção, porque dele decorrem mudanças importantes na noção de *Melhor* do ponto de vista da Filosofia Ocidental, que provêm da noção platônica da forma ideal. Como Koen (2003) está interessado em propor o método geral a partir do método da engenharia, se faz necessário para ele descrever em detalhes esse ponto, principalmente para os filósofos e não engenheiros.

A ideia que Koen (2003) detalha para os não engenheiros é a noção de *Trade off*, conflito. Sobre esse respeito, o autor afirma que:

“O engenheiro chama o processo de balancear a melhoria em um critério contra a piora em outro de *trade off*. Uma pessoa não pode obter o melhor de todos os mundos possíveis (...). O máximo que alguém pode torcer para ter é o melhor no mundo real, combinado” (KOEN, 2003: 18).

Dessa forma, fica claro que para o autor a ideia de melhor é uma heurística, já que considera não uma idealização, mas algo que depende de recursos, contexto e pontos de vista - o do projetista e de todos aqueles relacionados com o projeto - não sendo, de forma alguma, único. Koen (2003), cabal, afirma que “o melhor que nós podemos fazer não é o melhor; o melhor que nós podemos fazer é o melhor que nós podemos

⁸ No caso da engenharia de produção, como será discutido no fim desse capítulo, essa separação se torna mais difícil, porque mesmo que os dois times possuam os mesmos recursos a solução será diferente. Portanto, no contexto da engenharia de produção essa heurística de Koen não é válida.

fazer” (KOEN, 2003:23). Vincenti (1993) se aproxima dessa ideia de melhor de Koen ao afirmar que:

“Ainda que eles provavelmente se vejam como otimizadores, no final das contas, por conta das complexidades e incertezas dos problemas, eles chegam até nada mais do que aquilo que Herbert Simon chamaria de “satisfatório”, isso é, não a de fato melhor solução, mas uma que seja satisfatória” (VINCENTI, 1993: 220).

2.6 *Engenheiros atuam numa situação Incerta*

Pode-se definir que a incerteza nas situações é subdividida em três fatores:

- (1) Problemas em engenharia são mal estruturados;
- (2) Problemas em engenharia são de final aberto;
- (3) Seu contexto de definição é social.

Para Koen (2003: 24), os problemas em engenharia são mal estruturados porque não se possui todas as informações necessárias para sua solução. O engenheiro precisa, muitas vezes, garimpar as informações necessárias e nem sempre elas estão disponíveis - seja porque não existem, porque os custos para obtê-las são proibitivos ou porque algum interlocutor não quer que a informação seja obtida. Por conta disso, Dym *et al.* (2009:10) definem problemas de engenharia como mal estruturados pois:

“suas soluções não podem ser encontradas ao se aplicar fórmulas matemáticas ou algoritmos de uma maneira rotineira ou estruturada. A matemática é tanto útil quanto essencial no projeto de engenharia, mas muito menos nos estágios iniciais quando “fórmulas” são tanto indisponíveis quanto inaplicáveis. Na verdade, alguns engenheiros acham que projeto é difícil simplesmente porque eles não podem retroceder em conhecimento estruturado e formulado - mas é isso que também faz do projeto uma experiência fascinante” (DYM *et al.*, 2009:10).

Brockman (2009:5) e Dym *et al.* (2009) definem problemas de engenharia como de fim aberto, ou seja, problemas que admitem mais de uma solução. Para Dym *et al.* (2009):

“Eles tipicamente possuem várias soluções aceitáveis. A unicidade, tão importante em muitos problemas de matemática e análise, simplesmente não se aplica a soluções de projeto. Na verdade, é muito frequente que os projetistas trabalhem para reduzir ou limitar o número de soluções de projeto que eles consideram para que não sejam oprimidos pelas possibilidades” (DYM *et al.*, 2009:10).

Esse ponto dialoga bastante com a ideia de melhor e de *trade off*, já apresentada. Não se trata aqui de se ter uma melhor solução ou então duas satisfatórias. Os problemas de engenharia podem admitir soluções melhores num critério - custo, por exemplo - mas piores em outro - qualidade, por exemplo - de forma irremediável. Cabe,

portanto, ao grupo, escolher qual das duas será adotada - o que nos leva à terceira consideração.

Em engenharia, como Pidd (1998:73) coloca, problemas são “construtos sociais”. Ou seja, são elementos socialmente definidos⁹, onde não é apenas o projetista que define o que é o problema e qual é a melhor solução. Isso é especialmente verdade em problemas com “humanos dentro”, como será discutido em mais detalhes no fim desse capítulo. Em problemas usuais, engenheiros precisam dialogar com a direção das organizações, trabalhadores, beneficiários e eventuais prejudicados com os resultados do projeto para negociar com eles o que é o problema e que solução será posta. Em alguns casos, etapa por etapa, o que exige uma capacidade exímia de trato político por parte do engenheiro.

3. O que é Engenharia de Produção

Uma maneira de explicar o que seja Engenharia de Produção é compará-la às demais especialidades de Engenharia, sobre as quais o leitor possivelmente tenha maior familiaridade, ao menos com o seu estereótipo. Considerando apenas os estereótipos, é fácil identificar a maioria das especialidades de Engenharia com um produto. Um Engenheiro Civil é o que projeta e constrói prédios; o Engenheiro Naval, navios; O Mecânico, máquinas; e assim por diante, para quase todas as outras especialidades. E o Engenheiro de Produção?

Um Engenheiro de Produção projeta sistemas de produção. Mas que sistema? Qualquer sistema. Engenheiros de Produção projetam sistemas de produção de prédios, navios, máquinas, telefones, carros. Projetam não apenas qualquer sistemas de produção de bens, mas também de serviços: também projetam sistemas de produção de cortes de cabelo (cabelereiro), megaeventos de entretenimento, atendimento médico, casamentos. Quanto maior a escala de produção e mais complexas as características do produto final e de seus insumos, maior é a necessidade de se contratar um Engenheiro de Produção.

Em última análise, toda atividade humana pode ser vista como um processo de produção, e portanto Engenharia de Produção poderia se aplicar a tudo. Em essência, esta visão é correta. Na prática, a Engenharia de Produção se faz mais necessária quanto mais importante for o bom funcionamento do processo de produção: da mesma maneira que é pouco provável pensar que alguém contrataria um Engenheiro Elétrico para trocar uma lâmpada queimada em uma residência, é impensável imaginar que alguém contrataria um Engenheiro de Produção para otimizar o processo de produção de pão com manteiga e café com leite para seu café da manhã. Mas e se esse mesmo café da manhã fosse atender não apenas a uma pessoa, mas tivesse que ser produzido numa escala que permitisse a uma turma de 50 alunos

⁹ Agradeço ao professor Heitor Caulliraux por me introduzir a essa visão e ao autor Michael Pidd.

tomarem seus cafés da manhã reunidos, ao mesmo tempo, com o pão quentinho e o café com leite no ponto correto — e que ainda por cima fosse rentável como atividade econômica?

Percebe-se, portanto, uma primeira natureza de diferença entre Engenharia de Produção e as Engenharias de Produto: *a primeira trata de processos de produção, e as diversas especialidades subsumidas na segunda de (famílias de) produtos.*

O fato de que a Engenharia de Produção trata de todo e qualquer processo produtivo não faz com que o Engenheiro de Produção seja um sabe-tudo (ou, do outro lado da moeda, um charlatão). Apesar de automóveis serem bastante diferentes de prédios, e ambos diferentes de usinas hidrelétricas ou nucleares, do ponto de vista do processo produtivo as diferenças que o leigo percebe não são tão significativas quanto parecem. O mesmo pode ser dito a respeito de um caminhão e de um ar condicionado: ambos obedecem uma mesma lei geral que descreve, explica e prediz seus comportamentos: a Termodinâmica.

Percebe-se, portanto, que a Ciência possui papel muito importante para a Engenharia: de fato, o objetivo da Ciência é descrever, explicar e prever cada vez mais e melhor (Silva & Proença Jr., 2015), e avanços na Ciência podem acabar, cedo ou tarde, por beneficiar a Engenharia (embora isto não seja nem garantido nem automático). Possuir uma determinada disciplina científica que embase os assuntos de Engenharia é privilégio de boa parte do que se faz em várias das Engenharias de Produto. Destaca-se a importância da Física, Química e Biologia, sem as quais o mundo contemporâneo não seria como é.

Por outro lado, processos de produção envolvem mais do que uma realidade física palpável: envolvem também pessoas. Tomemos novamente o caso do projeto do processo de produção de nosso *Coffee Shop*, que deve atender a uma capacidade de 50 cafés da manhã simultâneos. Já fizemos uma baita simplificação didática ao supor que todos os clientes tomarão o mesmo pão com café com leite. Será necessário escolher quantas e quais máquinas de café e de leite comprar, qual marca do leite e do café, o fornecedor do pão, projetar o espaço físico, estipular o preço dos produtos. Depois de todo o projeto, será necessário selecionar e treinar os funcionários. E se, apesar dos seus esforços, eles não queiram trabalhar na velocidade possível e comecem a fazer corpo mole. Você pode os demitir. Mas e se forem funcionários públicos com estabilidade?

Todo processo de produção envolve o *projeto de fluxos* e o projeto de *interações entre fluxos*. Os principais fluxos envolvidos no projeto de um sistema de produção são:

- Fluxo de pessoas
- Fluxo de materiais
- Fluxo de equipamentos
- Fluxo de energia
- Fluxo de capitais

- Fluxo de informação

Uma segunda diferença da Engenharia de Produção para as Engenharias de Produto é que a *Engenharia de Produção projeta com pessoas como parte do escopo da solução técnica*. Para a Engenharia Automobilística, por exemplo, o motorista do carro é considerado como *usuário*: um elemento com o qual o sistema que está sendo projetado apenas interage em termos de entradas, saídas condicionantes e requisitos, mas não como parte integrante do sistema, cujas entradas e saídas tenham que ser projetadas. Assim, não é preocupação de um projetista de automóveis o estado de espírito do motorista, ou a velocidade que o mesmo dirige. Mas é preocupação de um Engenheiro de Produção se o mesmo motorista estará com um sorriso cortês ao prestar o serviço de motorista particular, e a velocidade com que dirigirá.

Uma outra maneira de pensar essa diferença é perceber que as Engenharias de Produto lidam em grande maioria com sistemas materiais (do tipo estímulo-resposta, S-R), enquanto que a Engenharia de Produção lida com sistemas sociotécnicos (do tipo estímulo-organização-resposta, S-O-R). Para um dado estímulo em um sistema material, um determinado mecanismo produz uma dada resposta. O mesmo estímulo não pode produzir duas respostas distintas: as leis da física, da química e da biologia não permitem. Em um sistema social ou sociotécnico, a presença das pessoas (mais particularmente, da volição humana) faz com que o mesmo estímulo possa produzir respostas bem diferentes: um simples “bom dia” dado a duas pessoas diferentes pode ter resultados distintos. Projetar em sistemas sócio- significa ter que lidar, portanto, com o fato que os mecanismos que conectam estímulos e respostas não são determinísticos — ainda que possam emergir padrões ou regularidades derivados do comportamento humano (ver van Aken, 2004, 2005, sobre essa discussão).

Soma-se a essa diferença uma terceira, relativa ao próprio nível de maturidade das ciências que embasam o projeto de sistemas materiais (afetos a todas as especialidades de Engenharia, sejam as de Produto e a de Produção) e as que suportam o projeto de sistemas sociais (que embasam mais fortemente a Engenharia de Produção). A Física, Química e Biologia possuem mais capacidade de descrever, explicar e prever fenômenos do que a Psicologia, Sociologia e as recentes Ciências Cognitivas — não apenas porque são mais antigas, mas também pela própria evolução da instrumentalidade e dos princípios epistemológicos necessários ao desenvolvimento dessas ciências (além, claro, da genialidade de cientistas individuais). Dessa maneira, muito da atividade de projeto do componente humano e social dos sistemas de produção é feita sem que se tenha o suporte de princípios e leis que permitam descrição, explicação, previsão e, como consequência, generalização de fenômenos. Praticar Engenharia “no escuro”, isto é, sem Ciência de base, não torna a Engenharia de Produção menos Engenharia. Pelo contrário, a menor capacidade de generalização e transferência de soluções técnicas de um projeto para outro e de um engenheiro para outro (ver Silva & Proença Jr., 2015), aumenta a necessidade de qualificação dos engenheiros, já que menos se poderá aproveitar do corpo de

conhecimento compartilhado na profissão.

Uma quarta diferença entre Engenharias de Produto e a Engenharia de Produção é a centralidade do desenho de engenharia como instrumento de projeto. O desenho de engenharia é, historicamente, elemento central da capacidade de projeto e de comunicação nas Engenharias de Produto (Booker, 1979; Baynes & Pugh, 1981). Um desenho a respeito do funcionamento de um sistema social é, por sua própria natureza, menos informativo do que um desenho a respeito do funcionamento de um sistema técnico, já que o primeiro varia com o tempo e o segundo, quando varia, varia ciclicamente e sempre dentro de padrões determinados (como no caso de elementos rotativos). A centralidade do desenho (tanto como essência quanto como manifestação nas suas técnicas modernas, tais como CAD/CAM ou CAE) verificada nas Engenharias de Produto não se reproduz na Engenharia de Produção. É uma fronteira da Engenharia de Produção a evolução de instrumentalidade capaz de aumentar a capacidade de projeto e de comunicação entre membros da equipe de projeto que seja adequada às demandas de um sistema sociotécnico, problema para o qual o uso de filmes se mostra historicamente apropriado (ver, por exemplo, o uso das filmagens do trabalho por Frank Gilbreth, um dos precursores da Administração Científica, no início do Século XX) e contemporaneamente desafiador para os casos onde não há regularidade ou homogeneidade nos padrões emergentes.

Uma quinta e última diferença diz respeito à capacidade de experimentação em laboratório nas Engenharias de Produto e na Engenharia de Produção. Devido ao componente humano, o projeto do sistema social não consegue ser reproduzido em escala reduzida de maneira a se preservar relações que espelhem os componentes do protótipo e do sistema real. Em outras palavras, mesmo que se faça uma experimentação da implantação de uma solução técnica (uma nova política de contratação e demissão, por exemplo), a ausência de uma única pessoa no “experimento em laboratório” pode fazer com que a implantação no mundo real difira do que aconteceu em laboratório (já que os mecanismos que conectam estímulos e respostas não são determinísticos).

4. Carreiras que pode seguir um Engenheiro de Produção

Considerando a amplitude de formação de um Engenheiro de Produção (que cursa a modalidade plena, presente na maioria dos cursos), o egresso pode seguir em diferentes carreiras.

De fato, as características intrínsecas do profissional de EP conferem ao engenheiro com essa especialidade a possibilidade de trabalhar em organizações muito diferentes – arrisca-se dizer, em qualquer organização. Isso não é coincidência: muitos cursos de engenharia de produção foram pensados para isso. A razão de ser dessa “amplitude” de campos de trabalho para engenheiros de produção é que o objeto de interesse do EP, como já discutido, é o projeto e a implantação de soluções técnicas em sistemas sociotécnicos, e que esses sistemas estão por toda parte. Todo e qualquer sistema

composto por pessoas, máquinas, materiais, informações, valores e energia são potenciais sistemas de interesse da Engenharia de Produção.

A solução técnica do engenheiro de produção não é para um componente específico – só a máquina, só o fornecimento de energia, só os materiais, só a pessoa – mas sim para o processo de trabalho associado a todos os componentes reunidos – para a interação. O projeto do engenheiro de produção é um projeto de *fluxos e interações* entre todos os componentes de um sistema de trabalho. Esses fluxos e interações, obviamente, são sempre elementos emergentes do sistema como um todo¹⁰ – e não de um componente isolado e nem mesmo da soma de seus componentes. Como já foi ressaltado, a solução técnica da engenharia de produção, em outras palavras, o elemento “*fluxos e interações*”, é uma ideia, e não um artefato, quer seja ele gráfico ou físico¹¹.¹¹ Elemento que deve ser discutido com a “Organização” e que, por ser ideia e não objeto, se modifica nessa interação. A Engenharia de Produção propõe soluções sócio-técnicas em qualquer etapa de ciclo de vida em que esteja esse sistema: seja na fase de projeto, de produção, consumo, reciclagem, remanufatura ou desuso/descarte.

Algumas das carreiras que podem ser seguidas por um engenheiro de produção, seja no mundo público ou no privado, são:

- Consultoria. Alguns engenheiros de produção encontram trabalho em empresas de consultoria, desde as maiores multinacionais (McKinsey, PwC, BCG, Accenture, Deloitte, Bain, KPMG) quanto em empresas menores.
- Empreendedorismo. No curso de Engenharia de Produção, devido à formação sociotécnica o egresso está apto a começar seu próprio negócio.
- Mercado financeiro. Muitos egressos encontram vagas para engenheiros de Produção no mercado financeiro, para trabalhar gerenciando carteiras de investimento, investindo em bolsas, avaliando crédito, fornecendo avaliações de risco etc.
- Empresas (analista ou gerente). Muitos egressos encontram vagas no mercado de trabalho como analistas ou gerentes de diversas áreas funcionais: compras, vendas, marketing, recursos humanos, financeiro.
- Chão de fábrica. Os engenheiros de produção trabalham no chão de fábrica com, por exemplo, o planejamento e controle da produção, controle de qualidade, melhoria de processos, logística. Esse é o ambiente clássico no qual a Engenharia de Produção moderna foi criada.

¹⁰ Há aqui uma clara explicação para a grande quantidade de simpatizantes das ideias de pensamento sistêmico dentro da engenharia de produção.

¹¹ Merece destaque o fato de que o desenho de engenharia é tão pouco explorado na Engenharia de Produção se comparado com as engenharias de produto, cujas histórias de utilização de desenhos está descrita em Booker (1979) e Baynes & Pugh (1981).

5. Referências

ABET (2015). Definition of Engineering. Disponível em: www.abet.org (consultado em 09/03/15).

Baynes, Kenneth, Pugh, Francis (1981). *The Art Of The Engineer*. Woodstock, N.Y: The Overlook Press.

Booker, P. J. (1979). *A History of Engineering Drawing*. Chatto & Windus.

Brockman, Jay (2009). *Introduction to engineering: Modeling and problem solving*. Wiley.

Bush, Vannevar. (1945). *Science, the endless frontier: A report to the president on a program for postwar scientific research*. National Science Foundation.

Dym, Clive L., Little, Patrick, Orwin, Elisabeth J., & Spjut, R. Erik (2009). *Engineering design : A project-based introduction*. 3. Ed. Hoboken, N.J.: Wiley ; Chichester : John Wiley distributor.

Friques, Manoel, Silva, Édison, Nepomuceno, Vicente. (2015). Notas sobre a Fronteira(?) entre Engenharia e Arte: um ensaio. Apresentado no 3E/UNIRIO - Encontro de Engenharia no Entretenimento.

Koen, Billy V. (2003). *Discussion of the Method: Conducting the Engineer's Approach to Problem Solving*. Oxford University Press, USA.

Pidd, Michael. (1998). *Modelagem Empresarial: Ferramentas para Tomada de Decisão*. Porto Alegre: Bookman.

Silva, Édison (2011). Filosofia da Engenharia: O que é e por que você deveria se interessar. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ.

Silva, Édison (2014). Duality in a Volcanic Temple: A critical assessment of Management's Never-Ending Crisis. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: Coppe-UFRJ.

Silva, Édison, Proença Jr., Domício (2015) Não Ser Não é Não Ter: Engenharia não é Ciência (Nem mesmo Ciência Aplicada). In: Proença, Adriano (org.) *Gestão da Inovação e Competitividade no Brasil*. Porto Alegre: Bookman.

Van Aken, J. E. (2004). Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The Quest for Field-Tested and Grounded Technological Rules. *Journal of Management Studies*, 41(2), 219-246.

Van Aken, J. E. (2005). Management Research as a Design Science: Articulating the Research Products of Mode 2 Knowledge Production in Management. *British Journal*

of Management, 16(1), 19–36.

Vincenti, Walter G. (1993). *What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History*. The John Hopkins University Press.