



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

STEFANE LAYANA GAFFURI

**EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E AS IMPLICAÇÕES SOCIAIS DA  
TECNOCIÊNCIA NA ENGENHARIA**

Florianópolis

2021

**STEFANE LAYANA GAFFURI**

**EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E AS IMPLICAÇÕES SOCIAIS DA  
TECNOCIÊNCIA NA ENGENHARIA**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Educação Científica e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Walter Antonio Bazzo  
Coorientadora: Profa. Dra. Paula Andrea Grawieski Civiero

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Gaffuri, Stefane Layana

Educação matemática e as implicações sociais da  
tecnociência na engenharia / Stefane Layana Gaffuri ;  
orientador, Walter Antonio Bazzo, coorientador, Paula  
Andrea Grawieski Civiero , 2021.

173 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas,  
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica,  
Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Matemática. 3.  
Educação Matemática Crítica. 4. Educação em Engenharia. 5.  
CTS. I. Bazzo, Walter Antonio. II. Civiero , Paula Andrea  
Grawieski . III. Universidade Federal de Santa Catarina.  
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.  
IV. Título.

STEFANE LAYANA GAFFURI

**Educação Matemática e as implicações sociais da tecnociência na Engenharia**

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Luciano Andreatta Carvalho da Costa  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Prof<sup>a</sup>. Dra. Regina Célia Grandó  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Prof. Dr. Guilherme Henrique Gomes da Silva  
Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL

Prof. Dr. Everaldo Silveira  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de doutor em Educação Científica e Tecnológica.

---

Prof. Dr. Juliano Camillo, Dr.  
Coordenador do Programa

---

Prof. Dr. Walter Antonio Bazzo, Dr.  
Orientador

---

Prof. Dra. Paula Andrea Grawieski Civiero  
Coorientadora

Florianópolis, 2021

Dedico essa tese aos meus pais, Antonio e Izabel, por serem meus exemplos, meu porto seguro, e por não medirem esforços para prepararem seus filhos para a vida.

## AGRADECIMENTOS

Para mim, o processo de doutoramento foi como correr uma maratona. E a corrida, assim como a educação, nos desenvolve e nos traz inúmeros benefícios. É correndo que eu penso, reflito e me organizo, o mesmo acontece quando pesquiso, estudo e escrevo. Nesse momento, ao finalizar essa tese, eu faço uma analogia entre escrever uma tese e correr uma maratona. Faço essa comparação porque tive ambas as experiências no mesmo período de tempo. Corro há 7 anos, mas levei praticamente 4 anos para preparar meu corpo e minha mente (e óbvio, para tomar um pouco de coragem) para encarar essa distância desafiadora. Igualmente com o doutorado: levei 4 anos de “maturação” – da defesa do mestrado até iniciar o doutorado – para encarar novamente o desafio. Desafio esse que, para mim, sempre teve um propósito: uma qualificação para além da vida profissional.

Quando você inicia o doutorado, você está animado com as disciplinas, leituras e discussões. Sua cabeça “fervilha” ideias, problemas e hipóteses. Quando você começa a correr uma maratona, nos primeiros 10 quilômetros, terá o mesmo entusiasmo. Você está treinado, seus músculos estão fortes, essa primeira hora passa de uma maneira leve. Até o quilometro 21 você está correndo sem sofrimento. Exatamente como foram os dois primeiros anos do doutorado. Você caminha em busca de um referencial, trilha sua metodologia através dos objetivos, revê seu problema, conhece novos autores, se debruça nos artigos e trava um debate incansável com seus pensamentos.

Ao alinhar o seu projeto de pesquisa para a qualificação, ocorre o primeiro momento de tensão. Na maratona, esse momento crítico está entre os quilômetros 25 a 30. A qualificação passa, há novas compreensões, você recebe sugestões (alguns incentivos dos torcedores), e você segue, pois ainda há alguns quilômetros para percorrer: a produção dos dados. Após essa etapa desafiadora, você chega ao quilometro 35. Seu corpo já está fadigado, suas pernas não respondem mais como você gostaria. Então você se questiona sobre o que está fazendo ali. Muito parecido com o último ano do doutorado, no meu caso, no momento da análise dos dados coletados. E é nessa etapa, para ambos os casos, que você pensa que nunca irá acabar. A partir desse momento, você decide entre diminuir a velocidade e “curtir” até o final da prova, ou acelerar para terminar logo. Independentemente da sua escolha, passa um filme na sua cabeça: todo treinamento, força, tempo e dedicação despendido para estar ali. Maratona é isso: é não desistir. É brigar com seu cérebro o tempo todo, assim como escrever uma tese...

Contudo, há pessoas que fazem a maratona mais fácil. No caso de um treinamento específico para longas distâncias, há o treinador, o nutricionista e os colegas de treino. No

processo de doutoramento, tive a orientação de um técnico especial, meu orientador Walter Antonio Bazzo, que abriu meus olhos para uma educação “menos comportada” – como ele mesmo diz – e me apresentou autores especiais para o meu “azeitamento cerebral”. Da mesma forma, tive a ajuda da minha querida coorientadora Paula Andrea Grawieski Civiero, que foi como um farol sinalizador para o bom andamento desta pesquisa. Igualmente foi a companhia dos meus colegas de doutorado da turma do ano de 2016, aos quais agradeço pelas discussões e reflexões dentro e fora da sala de aula. Dentre eles, agradeço a dois em especial: André Gobbo, meu colega, muitas vezes meu revisor e confidente; e Rodrigo Diego de Souza, amizade que se iniciou em disciplinas especiais e se prolongou entre almoços, cafés e discussões ideológicas e epistemológicas. Há outros amigos que fizeram parte dessa jornada e, desde o início, sempre me encorajaram e ouviram as alegrias, os choros e desabafos. Não irei citar nomes para não esquecer ninguém, mas todos se sintam agradecidos. Agradeço, também, meu noivo e amigo, Emílio Petry Neto, que iniciou essa jornada comigo a partir do quilômetro 30, mas que esteve ao meu lado nos momentos em que mais precisei de silêncio e paciência. Assim, concluo essa maratona, ao chegar no quilômetro 42 e abraçar como forma de agradecimento meus pais e irmãos, aos quais dedico essa tese, eles que são meu porto seguro e meu bem mais precioso.

*E qual seria a tarefa primordial da educação senão levar-nos a aprender a amar, a sonhar, a fazer nossos próprios caminhos, a descobrir novas formas de ver, de ouvir, de sentir, de perceber, a ousar pensar diferente... a sermos cada vez mais nós mesmos, aceitando o desafio do novo?*

Rubem Alves

## RESUMO

Na presente tese tem-se como objetivo enfatizar a importância e buscar um caminho para as discussões sobre as implicações sociais da tecnociência nos cursos de engenharia nas disciplinas de matemática. Essa necessidade se apresenta pelas novas relações tecno-sociais, aceleradas pela quarta revolução industrial. Com isso, apresenta-se uma possibilidade para subsidiar as reflexões dos estudantes de engenharia para pensar sobre suas intervenções no mundo, ou seja, através da criação ou utilização das tecnologias sociais. Entende-se que a matemática é uma ciência construída socialmente e está presente em diversos ramos das atividades sociais, gerando subsídios para o desenvolvimento tecnológico e humano. Ela contribui para a formação subjacente dos constructos científicos e tecnológicos; e por isso, há uma urgência em repensar a relação existente entre matemática, engenharia e sociedade. Logo, defende-se que a educação matemática precisa ir além dos moldes da racionalidade técnica, uma vez que existe um profundo enraizamento à concepção de transmissão de conhecimento. Para isso, a questão norteadora das reflexões desta pesquisa é: “Qual a relação entre a educação matemática e as implicações sociais da tecnociência, na formação dos engenheiros?” A pesquisa bibliográfica se fundamentou em um novo olhar sobre a educação tecnológica em face dos desafios civilizatórios contemporâneos, baseando-se em Bazzo, ao partir do conceito de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) ao concordar com ideia de uma educação mais “desobediente” e por aceitar o convite de Skovsmose em buscar uma Educação Matemática Crítica. E, assim, repensar o modelo de desenvolvimento tecnológico discutido através da matemática por Civiero (2016) e ampliado para a Engenharia por Bordin (2018). Como recurso para identificar novas possibilidades curriculares e de atuação para a educação matemática na engenharia, investigou-se, através de um estudo de caso, de que forma os professores de matemática, dos cursos de engenharia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), compreendem a relevância do conhecimento matemático e as suas implicações frente ao envolvimento dessa disciplina com as questões tecnocientíficas. Com a intenção de reunir informações para responder ao problema de pesquisa, mediante contato direto com a situação objeto de estudo, a proposta metodológica da presente tese foi construída tendo como base a pesquisa com abordagem qualitativa e desenvolvida a partir de dois movimentos: a pesquisa bibliográfica e a pesquisa empírica. Na pesquisa empírica, a produção dos dados se deu por meio da realização de entrevistas semiestruturadas com docentes de matemática que ministram aulas nos cursos de engenharia da referida instituição. As categorizações e análises decorrentes foram feitas por meio da metodologia de Análise Textual Discursiva (ATD). As problematizações, discussões e proposições resultantes do trabalho bibliográfico e empírico se encontram circunscritas nas seguintes categorias de análise: (a) a prática docente e as compreensões científicas e tecnológicas dos professores de matemática em engenharia; (b) as relações entre as dimensões sociais e o conhecimento matemático nos cursos de engenharia; (c) as atividades docentes e suas articulações com as variáveis contemporâneas; e (d) o professor de matemática na engenharia e a necessidade de formação contínua. Apesar de importantes iniciativas, as concepções e as atividades docentes revelam um longo caminho a ser percorrido na superação de modelos formativos racionais historicamente consolidados, de modo que se aprofundem as questões epistemológicas e humanas para além da racionalidade técnica.

**Palavras-chave:** Matemática. Educação Matemática Crítica. Educação em Engenharia. CTS. Questões Tecnocientíficas.

## ABSTRACT

The present thesis aims to emphasize the importance and seek a way to discuss the social implications of technoscience in engineering courses in mathematics. This need is due to the new techno-social relations, accelerated by the fourth industrial revolution. For this, a possibility is presented to subsidize the reflections of engineering students to think about their interventions in the world, that is, through the creation or use of social technologies. It is understood that mathematics is a socially constructed science and is present in several branches of social activities, producing subsidies for technological and human development. It contributes to the underlying formation of scientific and technological constructs, so there is an urgent need to rethink the relationship between mathematics, engineering, and society. Therefore, it is argued that mathematics education needs to go beyond the prototypes of technical rationality since there is a deep-rooted conception of knowledge transmission. To this end, the guiding question of the reflections of this research is, "What is the relationship between mathematics education and the social implications of technoscience in the education of engineers?" The bibliographical research was based on a new look on technological education in the face of contemporary civilizational challenges, basing itself on Bazzo, from the concept of Science, Technology, and Society (CTS) by agreeing with the idea of a more "disobedient" education and by accepting Skovsmose's invitation to seek a Critical Mathematics Education, and in this way rethinking the technological development model discussed through mathematics by Civiero (2016) and extended to Engineering by Bordin (2018). As a resource to identify new curricular and performance possibilities for mathematics education in engineering, it was investigated, through a case study, how mathematics teachers, from engineering courses at the Federal Technological University of Paraná (UTFPR) understand the relevance of mathematical knowledge and its implications facing the involvement of this discipline with techno-scientific issues. With the intention of gathering information to answer the research problem through direct contact with the situation object of study, the methodological proposal of this thesis was built based on a qualitative research approach, developed from two movements, the bibliographic and the empirical research. In the empirical research, the production of data occurred through semi-structured interviews with mathematics teachers who teach in the engineering courses of the institution. The resulting categorizations and analyses were done by means of the Textual Discourse Analysis (TDA) methodology. The problematizations, discussions, and propositions resulting from the bibliographic and empirical work are circumscribed to the following categories of analysis, (a) the teaching practice and the scientific and technological understandings of mathematics teachers in engineering, (b) the relations between the social dimensions and mathematical knowledge in engineering courses, (c) the teaching activities and their articulations with contemporary variables, and (d) the mathematics teacher in engineering and the need for continuous updating. Despite important initiatives, the conceptions and teaching activities reveal a long way to go in overcoming historically consolidated rational formative models to deepen epistemological and human issues beyond technical rationality.

**Keywords:** Mathematics. Critical Mathematics Education. Engineering Education. CTS. Techno-scientific issues.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CICLO DA ANÁLISE TEXTUAL QUALITATIVA.....	34
FIGURA 2 – MAPA DO ESTADO DO PARANÁ COM A DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS CIDADES QUE POSSUEM CAMPUS DA UTFPR .....	42
FIGURA 3 – ILUSTRAÇÃO DO SISTEMA DE COORDENADAS UTILIZADO NA DESCRIÇÃO DA PLUMA GAUSSIANA .....	85
FIGURA 4 – ALTURA EFETIVA DA EMISSÃO DO POLUENTE.....	87
FIGURA 5 – SÍNTESE DA SUBCATEGORIA DE ANÁLISE: A PRÁTICA DOCENTE E AS CONCEPÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DOS PROFESSORES DE MATEMÁTICA EM ENGENHARIA.....	116
FIGURA 6 – SÍNTESE DA SUBCATEGORIA DE ANÁLISE: RELAÇÕES ENTRE AS DIMENSÕES SOCIAIS/PROFISSIONAIS E O CONHECIMENTO MATEMÁTICO NOS CURSOS DE ENGENHARIA .....	126
FIGURA 7 – SÍNTESE DA SUBCATEGORIA DE ANÁLISE: ARTICULAÇÕES ENTRE A PRÁTICA DOCENTE E AS VARIÁVEIS CONTEMPORÂNEAS.....	142
FIGURA 8 – O PROFESSOR DE MATEMÁTICA NA ENGENHARIA E A NECESSIDADE DE FORMAÇÃO CONTÍNUA .....	151
FIGURA 9 – SÍNTESE DAS CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS DE ANÁLISE .....	159

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – PERFIL DO EGRESSO .....	49
QUADRO 2 – COMPETÊNCIAS .....	51
QUADRO 3 – CONTEÚDOS .....	56
QUADRO 4 – ATIVIDADES DO CURSO.....	58
QUADRO 5 – CLASSES DE ESTABILIDADE DE PASQUILL-GIFFORD.....	88
QUADRO 6 – PARÂMETROS DE DISPERSÃO URBANA POR BRIGGS (PARA DISTÂNCIAS ENTRE 100 E 10.000 M) – MÉDIA DE 10 MINUTOS.....	88
QUADRO 7 – PARÂMETROS DE DISPERSÃO PARA CONDIÇÕES DE CAMPO ABERTO, POR BRIGGS (PARA DISTÂNCIAS ENTRE 100 E 10.000 M) – MÉDIA DE 10 MINUTOS .....	89
QUADRO 8 – PROCESSO DE UNITARIZAÇÃO E SUB(CATEGORIZAÇÃO): A PRÁTICA DOCENTE E AS CONCEPÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DOS PROFESSORES DE MATEMÁTICA EM ENGENHARIA .....	113
QUADRO 9 – PROCESSO DE UNITARIZAÇÃO E (SUB)CATEGORIZAÇÃO: RELAÇÕES ENTRE AS DIMENSÕES SOCIAIS/PROFISSIONAIS E O CONHECIMENTO MATEMÁTICO NOS CURSOS DE ENGENHARIA	121
QUADRO 10 – PROCESSO DE UNITARIZAÇÃO E (SUB)CATEGORIZAÇÃO: ARTICULAÇÕES ENTRE A PRÁTICA DOCENTE E AS VARIÁVEIS CONTEMPORÂNEAS.....	134
QUADRO 11 – PROCESSO DE UNITARIZAÇÃO E (SUB)CATEGORIZAÇÃO: O PROFESSOR DE MATEMÁTICA NA ENGENHARIA E A NECESSIDADE DE FORMAÇÃO CONTÍNUA.....	147

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ADAM – Annual Danish Aggregated Model

ATD – Análise Textual Discursiva

CEFET-PR – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná

CBAI – Comissão Brasileiro-Americano-Industrial

COBENGE – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

DCNs – Diretrizes Curriculares Nacionais

EIA – Estudo dos Impactos Ambientais

EMC – Educação Matemática Crítica

GT – CbME – Grupo de Trabalho Ciências Básicas e Matemática na Engenharia

IA – Inteligência Artificial

NEPET – Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Tecnológica

NDE – Núcleo Docente Estruturante

REUNI – Programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

TS – Tecnologia Social

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INQUIETAÇÕES</b> .....	<b>14</b>
1.1	SOBRE O CONTEXTO E AS MOTIVAÇÕES .....	14
1.2	SOBRE A ESTRUTURA E A ORGANIZAÇÃO DA TESE .....	22
<b>2</b>	<b>ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA</b> .....	<b>25</b>
2.1	O PROBLEMA.....	25
2.2	PERSPECTIVAS E PROCEDIMENTOS.....	28
2.3	A PESQUISA EMPÍRICA .....	29
2.4	PRODUÇÃO DE DADOS E O TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO.....	30
2.5	O CAMINHO EMPÍRICO À LUZ DA ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA (ATD).....	31
<b>3</b>	<b>CONTEXTO HISTÓRICO DOS CURSOS DE ENGENHARIA NO BRASIL E A UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ</b> .....	<b>35</b>
3.1	O CONTEXTO DO ESTUDO – A UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR).....	38
<b>4</b>	<b>A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA PARA ALÉM DA RACIONALIDADE TÉCNICA</b> .....	<b>44</b>
4.1	A ENGENHARIA E AS DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS: CONTRAPONTO PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA .....	48
4.2	IDENTIDADE DO PROFESSOR DE MATEMÁTICA NA ENGENHARIA .....	61
4.3	EDUCAÇÃO MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA.....	66
4.4	POSSIBILIDADES E DESAFIOS DA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA EM ENGENHARIA: O QUE DIZEM AS PESQUISAS.....	72
<b>5</b>	<b>A CONCEPÇÃO MODERNA DA MATEMÁTICA ATRAVÉS DO USO DE MODELOS MATEMÁTICOS NA ENGENHARIA</b> .....	<b>77</b>
5.1	MODELOS MATEMÁTICOS NA ENGENHARIA.....	79
5.2	VARIÁVEIS SOCIAIS E HUMANAS NOS MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS À ENGENHARIA – O MODELO DA DISPERSÃO DE POLUENTES NA ATMOSFERA .....	84
<b>6</b>	<b>AS IMPLICAÇÕES SOCIAIS DA TECNOCiência E AS SUAS RELAÇÕES COM A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA</b> .....	<b>92</b>
6.1	EDUCAÇÃO MATEMÁTICA EM AÇÃO.....	97
6.2	A MATEMATIZAÇÃO DA SOCIEDADE.....	102

6.3	UMA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA VOLTADA PARA O DESENVOLVIMENTO HUMANO .....	105
7	<b>O MOVIMENTO PRODUTIVO DA EMPIRIA.....</b>	<b>108</b>
7.1	A PRÁTICA DOCENTE E AS COMPREENSÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DOS PROFESSORES DE MATEMÁTICA EM ENGENHARIA .....	112
7.1.1	<b>A prevalência da matemática estritamente racional, neutra e afastada da realidade.....</b>	<b>116</b>
7.2	RELAÇÕES ENTRE AS DIMENSÕES SOCIAIS/PROFISSIONAIS E O CONHECIMENTO MATEMÁTICO NOS CURSOS DE ENGENHARIA .....	120
7.2.1	<b>A matematização da sociedade: conhecimento matemático para quê? Para quem? .....</b>	<b>126</b>
7.2.2	<b>O diálogo entre os modelos matemáticos no ensino tecnológico e as relações para além das variáveis técnicas .....</b>	<b>130</b>
7.3	ARTICULAÇÕES ENTRE A PRÁTICA DOCENTE E AS VARIÁVEIS CONTEMPORÂNEAS .....	134
7.3.1	<b>As variáveis contemporâneas que se articulam em torno da educação tecnológica.....</b>	<b>142</b>
7.4	O PROFESSOR DE MATEMÁTICA NA ENGENHARIA E A NECESSIDADE DE FORMAÇÃO CONTÍNUA.....	147
7.4.1	<b>O papel do professor de matemática nos cursos de Engenharia e a formação contínua .....</b>	<b>152</b>
7.4.2	<b>A entrevista como um espaço inicial de reflexão .....</b>	<b>154</b>
8	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>157</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>162</b>
	<b>APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE PRODUÇÃO DE DADOS .....</b>	<b>169</b>

## 1 INQUIETAÇÕES

*Educar não é ensinar a obedecer ordens.  
Educar é ensinar a pensar por si mesmo.  
Só assim, a criatividade e a autonomia  
podem florescer.*

Nuno Cobra Junior

### 1.1 SOBRE O CONTEXTO E AS MOTIVAÇÕES

Esse trabalho emerge dos meus próprios anseios em pensar sobre a possibilidade de uma educação reflexiva, questionadora, criativa e, principalmente, autônoma e responsável perante o desenvolvimento do ser humano. Com a disponibilidade instantânea de informações por meio da revolução tecnológica, é preciso repensar onde queremos chegar como humanidade.

Os questionamentos que me fizeram buscar uma investigação mais aprofundada não apareceram subitamente; eles resultaram de um caminho que está sendo construído. Fruto das minhas inquietações e interesses, tais indagações foram evoluindo, lapidando-se, reformulando-se, ganhando força com o passar do tempo. As aflições acentuaram-se, sobretudo, quando ingressei para a carreira docente, a princípio no ensino básico e atualmente no ensino superior.

Minha escalada estudantil teve início no seio de uma escola pública. Sempre me comprometi em desempenhar com responsabilidade meu processo cognitivo em todas as disciplinas, mas logo me identifiquei com a matemática. Reconheço que a aprendizagem e o gosto pela disciplina se deram, no meu caso, mediante o método expositivo, característica predominante na maioria das instituições de ensino. Porém, mesmo no meu parco entendimento, eu compreendia que era imprescindível que as escolas e seus respectivos profissionais reavaliassem os métodos de ensino de maneira que esses gerassem significados para os estudantes. Pensando nisso, escolhi o curso de Licenciatura em Matemática.

Ao ingressar no curso de Licenciatura em Matemática na Universidade Paranaense, no ano de 2007, minha expectativa era grande, pois imaginei a oportunidade de ter contato com uma matemática compatível com a realidade. Afinal, sempre que perguntava aos professores do ensino básico o porquê de precisar aprender determinado conceito matemático, as respostas variavam entre “*isso servirá para aprofundar seus estudos mais tarde*” ou “*isso servirá quando você for aprender tal conteúdo*”. Meu intuito era o de conseguir ter grande parte das respostas que não tive enquanto estudante. Eu acreditava que o ensino superior me possibilitaria tal subsídio.

Todavia, o esperado não aconteceu. Aprendi e aprofundei outros conceitos da matemática, memorizei várias demonstrações e aprendi a importância de algumas destas. No entanto, o envolvimento da matemática com os aspectos sociais, culturais e tecnológicos pouco aconteceu. O que importava era ter o domínio dos conceitos e entender que estes são úteis para as demais ciências; e, em particular, conceber a matemática como uma ciência exata, livre de erros, contradições e emoções. Inquestionável. Podendo ser aplicada a toda e qualquer área do conhecimento, garantindo sempre respostas exatas.

Consequentemente, isso refletiu na minha experiência profissional. Nos dois últimos anos de graduação, entre 2009 e 2010, iniciei minha atuação em sala de aula com os estágios exigidos pelo curso. Em paralelo, principiei como docente temporária do ensino básico no Estado do Paraná com a intenção de vivenciar o que eu estava aprendendo na graduação. Os alunos questionavam “para quê?” e “por quê?” de todo aquele conteúdo matemático, e essa experiência contribuiu para aumentar minhas preocupações com o rumo que o ensino de matemática estava tomando.

Por isso, ao terminar o curso de graduação, voltei minha atenção para o Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Matemática, no Centro Universitário Franciscano (UNIFRA), em Santa Maria (RS), concluído em 2012. Escolhi o programa pelo fato de estar exercendo a profissão docente – e a busca por estratégias para melhorar a minha atuação era o alvo. Assim, procurei aperfeiçoamento para compreender os processos cognitivos de aprendizagem e para aprofundar meus conhecimentos teóricos por meio da pesquisa, ao buscar uma melhoria significativa e crítica sobre o ensino-aprendizagem de matemática.

Ingressar na pós-graduação foi importante para fortalecer minha responsabilidade com o ensino de matemática. Entre diversas leituras e pesquisas, direcionei a dissertação de mestrado para uma análise da metodologia de Resolução de Problemas e o ensino de Probabilidade. A escolha do tema deu-se pelo fato de que havia poucas pesquisas na área em nível superior e das dificuldades apresentadas pelos universitários com esse conteúdo. A pesquisa foi desenvolvida com alunos da graduação do curso de Administração do Centro Universitário Franciscano – UNIFRA, na disciplina de Estatística. Apesar de constataremos melhorias, a conclusão não foi totalmente satisfatória, isso porque observei que somente a busca por novos métodos não é suficiente para a construção de conceitos que façam os estudantes refletirem e questionarem sobre a realidade em que estão inseridos.

Antes mesmo de concluir o mestrado, eu fui admitida por concurso público para a vaga de magistério superior na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – onde

atualmente atuo no campus Francisco Beltrão (PR) – que tem como foco os cursos de Engenharia. A referida universidade tem como missão: “Desenvolver a educação tecnológica de excelência por meio do ensino, pesquisa e extensão, interagindo de forma ética, sustentável, produtiva e inovadora com a comunidade para o avanço do conhecimento e da sociedade”; e, como visão: “Ser modelo educacional de desenvolvimento social e referência na área tecnológica” (UTFPR, 2017).

Ao ingressar como docente na educação superior, os questionamentos se agravaram, principalmente quando comecei a ministrar aulas de Álgebra Linear, Geometria Analítica e Cálculo Diferencial e Integral para os cursos de Engenharia – disciplinas que compõem o núcleo básico desses cursos. Ao me deparar com as ementas presentes nos Projetos Políticos Pedagógicos (PPC) dos cursos, observei que todas eram similares, apesar das suas especificações.

Com o tempo, a passividade do conhecimento matemático nos cursos de Engenharia tornou-se um incômodo. Nesse momento, constatei, em minha experiência, que essas disciplinas se resumem em: apresentação de conceitos e definições, deduções de fórmulas, construção e leitura de gráficos, e resolução de exercícios. As infindáveis listas de exercícios que reforçam a imagem do professor como um agente transmissor de conhecimento e o aluno como agente passivo da aprendizagem. Na mesma medida, se o professor não cumpre esse ritual arraigado no ambiente acadêmico, é julgado, muitas vezes pelos próprios alunos, como alguém que está “matando tempo” ou “não sabe o conteúdo”.

Mediante tais constatações, parafraseio Nóvoa (2017) que me fez refletir sobre o que é ser um professor de matemática. Para o autor, a docência vai além da dimensão pedagógica, social e cultural. Sua missão é muito mais do que ensinar matemática, é formar um cidadão por meio da matemática. Concordo com isso ao acreditar que o professor de matemática, em qualquer estágio de docência – seja na educação básica, seja no ensino superior – deve ensinar além das técnicas. Admito que essas questões são importantes, mas não é só isso. Ou melhor, vai muito além disso.

Por esse motivo, cabe considerar que a atividade de docência requer, além do domínio dos conteúdos e métodos inerentes à disciplina, uma formação epistemológica e ideológica; isto é, uma base de conhecimentos que vão além dos bancos da pós-graduação. É necessária uma leitura em diferentes áreas do conhecimento, um pensamento crítico e a imersão em contextos sociais concretos. É preciso compreender como essa sociedade está funcionando e para onde ela vai. Principalmente, ao pensar nessa sociedade cada vez mais tecnológica. As mudanças são

inevitáveis e, no contexto da “quarta revolução industrial” em que vivemos, a desatualização torna-se cada vez mais rápida e constante, sendo que o que hoje pode ser sinônimo de sucesso pode não o ser amanhã.

Segundo Klaus Schwab, autor do livro *A quarta revolução industrial*, publicado em 2016, “estamos a bordo de uma revolução tecnológica que transformará fundamentalmente a forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. Em sua escala, alcance e complexidade, a transformação será diferente de qualquer coisa que o ser humano tenha experimentado antes” (SCHWAB, 2016, p. 11). O autor afirma que essas repercussões impactarão em como somos e como nos relacionamos, e isso afetará o mundo do trabalho e o desenvolvimento social. Suas consequências impactarão a economia, a segurança, a geopolítica e até mesmo aquilo que é considerado ético.

Por tais razões, meu orientador, Prof. Dr. Walter Antonio Bazzo, em conjunto com o Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Tecnológica (NEPET)<sup>1</sup> já estudam há algum tempo essas questões contemporâneas. Inicialmente, isso era realizado a partir do campo de estudo Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), mas agora é sob a luz de um feixe conceitual de estudos em que Bazzo chama de equação civilizatória.

A Profa. Dra. Paula Andrea Grawieski Civiero, coorientadora desta pesquisa, e também componente do NEPET, faz uso desse conceito em sua tese de doutorado, em que define a equação civilizatória como:

A ideia de equação civilizatória que vem sendo moldada, se comporta quase como um algoritmo matemático que, pela dinamicidade do mundo contemporâneo, permite que distintas variáveis sejam instaladas na equação, dependente das necessidades de análise, como, por exemplo, discutir o caso de “Mariana”, contexto do qual fazem parte as variáveis que estão na equação civilizatória. Assim, as questões da realidade se apresentam como o primeiro membro da equação e precisam convergir para um segundo membro que, por sua vez, priorize o desenvolvimento tecnológico e humano em função de todas as variáveis que são identificadas na contemporaneidade. Na sociedade do século XXI, não há como dissociar o desenvolvimento humano do desenvolvimento tecnológico, mas, quiçá, condicionar o desenvolvimento tecnológico ao desenvolvimento humano. (CIVIERO, 2016, p. 249).

Ao pensar sobre essa civilização contemporânea, essa metáfora compreende uma equação com múltiplas variáveis que se relacionam entre si e se comportam conforme a sociedade modifica-se ou molda-se aos acontecimentos mundiais. Logo, não são variáveis

---

<sup>1</sup> O Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Tecnológica (NEPET), disponível em [www.nepet.ufsc.br](http://www.nepet.ufsc.br), foi fundado em 1997. Ele propicia um fórum permanente de debates e reúne compreensões acerca da Educação Tecnológica para contribuir com o avanço e a solidificação da área, no que se refere à formação dos seres humanos, especialmente a docência e seus elementos constitutivos. Fazem parte do núcleo professores de universidades do Brasil e da Argentina e alunos de Pós-Graduação, e tem como coordenador o professor Dr. Walter Antonio Bazzo.

fixas; são incógnitas indeterminadas. Poderíamos chamar de variáveis qualitativas que refletem as mudanças do mundo contemporâneo ao equiparar-se ao desenvolvimento tecnológico e humano, ao buscar uma equidade social. Como exemplo dessas variáveis, podemos citar “consumo, produção de energia, meio ambiente, recursos renováveis, crise econômica e política, mercado financeiro, saúde, mobilidade urbana, segurança pública, crise migratória, engenharia genética, robótica, inteligência artificial e educação” (CIVIERO, 2016, p. 250), mas que são, muitas vezes ignoradas por conta do chamado “progresso” – termo que discutirei mais profundamente nos próximos capítulos.

No entanto, ao discutir sobre o processo educacional, parece que essa equação e suas variáveis estão sendo “deixadas de lado”.

(...) a equação civilizatória já foi detectada há muito tempo, mas a educação ainda não se preocupa em resolvê-la nem ao menos analisá-la. E, cada vez mais acentuada na variação de seus componentes, a dinamicidade dessa equação se faz mais evidente e ainda mais aterrorizante no século XXI: a mobilidade humana, a imigração degradante em busca das benesses da civilização ao sul da Europa, a inexorabilidade da escassez de energia, o agravamento da questão hídrica, o desmatamento florestal, a produção de lixo eletrônico, o excesso de consumo são apenas algumas novas variáveis – que vêm “recheiar” a complexa equação civilizatória, que todos nós, indistintamente, temos que procurar resolvê-la (BAZZO, 2019, p. 184).

Ao presenciar todos os horrores e tragédias que têm acontecido nos últimos anos, desde catástrofes ambientais, crimes hediondos, ataques em massa, crise hídrica, econômica e política, pandemias, como a causada pelo Corona Vírus (COVID 19), até doenças silenciosas, como a depressão e o câncer que ceifam cada dia mais vidas, chega-se à conclusão de que é preciso repensar, em âmbito educacional – e mundial –, as questões que envolvem o chamado progresso, ou desenvolvimento, e o quanto custa isso para a sociedade.

No período em que estava se produzindo dados para essa pesquisa, o mundo foi surpreendido com uma pandemia. O Corona Vírus causador da pandemia global, pertence a uma família de vírus (CoV) que já circula no mundo todo. Os vírus dessa família podem causar desde resfriados comuns a doenças mais graves, como a Síndrome Aguda Respiratória Severa (SARS) e a Síndrome Respiratória do Oriente Médio (MERS). O novo Corona vírus recebeu a denominação SARS-CoV-2 pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e a doença que ele provoca tem a denominação COVID-19 (BRASIL, 2020).

A doença acabou se espalhando ao redor do mundo, matando milhões de pessoas. O Brasil, até meados de março de 2021, contabilizou 11.609.601 casos e 282.400 óbitos por Covid-19 desde o início da pandemia, segundo balanço do consórcio de veículos de imprensa. No mundo, são 121.785.170 casos, 2.691.443 óbitos contabilizados até a data de defesa dessa

tese. Após uma série de discussões políticas sobre quais ações tomar, o mundo entra em quarentena e o isolamento social é essencial. Saúde pública, vidas privadas. A conclusão é que, parece que os seres humanos têm, na melhor hipótese, uma ilusão de controlar seu destino e que, na realidade, uma racionalidade técnica governa os acontecimentos ao priorizar o mercado.

No caso de uma pandemia, também entra em cena a matemática e suas possíveis reflexões. Como qualquer modelo matemático, o modelo não é o espelho perfeito da realidade, mas existem pressupostos embutidos nele. Logo, pode ser um passo promissor para a compreensão da realidade; de como pandemias potenciais se espalham e, ainda, mais importante, como podem ser evitadas antes que decolem.

Por isso, defende-se que a Educação é um meio para provocar reflexões e compreensões sobre a realidade ao auxiliar os sujeitos a buscar condições para lutar pela tão sonhada equidade social. Porém, o mundo está ameaçado, precisamos pensar na sobrevivência antes de um colapso. É necessário propor soluções antes que catástrofes extremas tomem rumos de destruição em massa, como a pandemia citada ou uma possível guerra nuclear. São possibilidades dramáticas, mas surpreendentes, capazes de exercer um enorme impacto na vida humana. A ação humana pode ser a causa tanto de forma benéfica ou destruidora nesses eventos. Por esse motivo, a importância em discutir essa equação civilizatória e todas as variáveis envolvidas dentro de um campo que abarca um grande número de jovens em formação – a universidade.

D'Ambrosio (2018, p. 196), questiona qual a posição dos matemáticos e educadores matemáticos com relação a isso, também alerta que não podemos “ignorar uma possível situação de caos”. Ele afirma:

Matemáticos e educadores matemáticos têm que evoluir nas suas práticas, tendo como objetivo uma civilização sustentável, com paz em todas as suas dimensões (paz individual, paz social, paz ambiental e paz militar) para construir uma sociedade com justiça e dignidade para todos. Mas o ensino da Matemática, em todos os níveis, inclusive a pesquisa matemática, tende a ignorar essas questões críticas que ameaçam a sobrevivência da civilização e ainda permanecem repetindo temas que deixam de ser prioritários em face da urgência da crise que ameaça a continuidade da civilização.

Em uma sociedade que avança a partir do progresso tecnológico, a Matemática, como conhecimento específico, é um instrumento fundamental nesse processo. Com isso em mente, ressalto a necessidade de questionar a Matemática como ciência, como conhecimento específico, assim como seu ensino em relação às variáveis do processo civilizatório contemporâneo. Civiero (2016, p. 27-28), sobre as especificidades da área, diz que:

A matemática é uma ciência sobre a qual é necessário refletir antes de considerar sua exatidão, perfeição e aplicação em toda e qualquer atividade humana. Como ciência, é um conhecimento que, construído socialmente através da história, auxilia a resolver os problemas presentes nas mais variadas áreas do conhecimento; pode formatar a sociedade de acordo com seus modelos, reforçando as bases do poder daqueles que a detêm; influencia a tecnologia e por ela é influenciada, podendo ajudar na construção de artefatos e mentefatos que, em vez de trazerem benefícios, poderão causar prejuízos à vida. A educação matemática (EM), no que lhe diz respeito, trata do ensino da matemática, do conhecimento matemático específico e da educação como elementos indissociáveis e busca uma relação intrínseca entre eles, mudando a forma de interpretar o campo profissional e acadêmico da matemática. A educação em geral e, por sua vez, a EM, são elementos que fazem parte das relações sociais e estão em todos os ambientes.

Nas pesquisas que envolvem o conteúdo matemático específico, e nas questões que envolvem a Matemática nas escolas de engenharia, nota-se que está sendo dada ênfase aos temas relacionados aos conceitos, às metodologias, à didática, às práticas pedagógicas, entre outros (BIEMBENGUT, 1997; CURY, 2001; GOMES, 2009, 2015; GUNTHER, 2016; GODOY; ALMEIDA, 2017; BOFF, 2017). Esses objetos de estudo são considerados importantes; contudo, entende-se que vai além disso, pois as questões epistemológicas, ideológicas e políticas também devem ser consideradas. Em função disso, o objetivo desse trabalho é enfatizar a importância e buscar um caminho para as discussões sobre as implicações sociais da tecnociência nos cursos de engenharia nas disciplinas de matemática. Essa necessidade se apresenta pelas novas relações tecnocientíficas, aceleradas pela quarta revolução industrial. Com isso, apresenta-se uma possibilidade para subsidiar as reflexões dos estudantes de engenharia para pensar sobre suas intervenções no mundo, ou seja, através da criação ou utilização das tecnologias sociais.

Dessa maneira, esta pesquisa enseja estimular o questionamento e a reflexão ao tentar compreender os desafios e as possibilidades da educação matemática nos cursos de Engenharia, principalmente como esse conhecimento relaciona-se com as questões tecnocientíficas, e como se pode criar contextos apropriados para os engenheiros terem uma formação crítica, questionadora e reflexiva sobre o que está acontecendo a sua volta perante o desenvolvimento tecnológico e social.

Nesse sentido, convém explicitar que o cenário de inovação como determinante fundamental da dinâmica da economia e da sociedade está transformando significativamente o papel profissional do engenheiro ao fixar novas exigências de formação e experiência, em detrimento de simples certificação. Em face disso, o conceito de qualificação profissional mudou e está atrelado a novas habilidades e competências (BRASIL, 2019).

Quando analisamos o perfil do egresso preconizado pelas atuais Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de Engenharia, percebemos a preocupação com uma formação de escopo um tanto mais “alargado” que o puramente técnico, a saber:

Art. 3º O perfil do egresso do curso de graduação em Engenharia deve compreender, entre outras, as seguintes características:

**I – ter visão holística e humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica;** II – estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora; III – ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia; IV – adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática; V – considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho; VI – atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2019, p. 1-2, grifo próprio).

Logo, objetiva-se a formação de um profissional capaz de intervir no desenvolvimento da pesquisa e de novas tecnologias com “atuação crítica, reflexiva, humanística e com uma visão holística” (BRASIL, 2019, p. 1-2); ao mesmo tempo que busca “adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares na sua prática” ao considerar aspectos globais que envolvem todo o desenvolvimento social (BRASIL, 2019, p. 1-2). Ao pensar sobre esse perfil, questiona-se: a matemática, como conhecimento base na engenharia, contribui para essa formação profissional? Ou a educação matemática colabora de alguma maneira para a formação de um engenheiro com esse perfil? É necessário pensar em uma educação matemática que se preocupe quanto aos problemas tecnocientíficos na engenharia?

Para Vallim, Farines e Cury (2006), as transformações tecnológicas, divisões de trabalho e as variações bruscas na economia colocam engenheiros frente a situações sobre as quais devem solucionar problemas cada vez mais estruturados e complexos, em um ambiente em constante transformação. No entanto, nota-se que, ao se deparar com um problema real a ser solucionado, dificilmente o indivíduo consegue realizar uma conexão entre o que estudou e o problema em evidência. Para os autores, essa dificuldade está na percepção da oportunidade de justapor os conceitos teóricos ou em “[...] fazer as adaptações necessárias para que um problema real possa ser tratado por algum conhecimento teórico pertinente” (VALLIM; FARINES; CURY, 2006, p. 1).

Além disso, segundo Bazzo, Pereira e Linsingen (2016), essa “fragmentação processada nos modelos adotados para o aprendizado” predominante no ensino tecnológico, “acabam por relegar a plano secundário as questões sociais e políticas, privilegiando em essência os lados aparentemente frios e neutros das técnicas”. Assim “o ensino é entendido como neutro, independe dos valores que permeiam e dão sustentação à sua prática” (p. 20).

Seguindo esse padrão, há um valor demasiado às abordagens técnicas, “preferencialmente matematizadas, e pretensamente neutras”. Isso resulta em modelos “descontextualizados e afastados do elemento humano, passam a ser vistos não apenas como representações perfeitas, mas como a sublimação de um ideal de realidade à qual o mundo deve buscar adaptar-se” (p. 21).

Para além disso, ao pensar sobre os engenheiros em formação, sobretudo em disciplinas básicas, questiona-se como a matemática, através do aprimoramento e da utilização das técnicas, pode ampliar e enriquecer essa formação ao considerar os diversos aspectos sociais e as implicações da tecnociência. Há uma urgência em repensar esse trio: matemática, tecnologia e engenharia, em especial no que tange às imbricações da tecnociência na educação tecnológica pois é necessário “capacitar os cidadãos com competência crítica para questionar as decisões tecnocientíficas, bem como participar ativamente delas” (CIVIERO, 2016, p. 243).

Tais argumentos ganham força, posto que as variáveis contemporâneas sinalizadas por Bazzo (2019) que definem os problemas de engenharia não são – ou, ao menos, não deveriam ser – meramente técnicas. Para além das dificuldades conceituais e do uso das ferramentas matemáticas para a resolução de problemas de engenharia, é preciso questionar a pouca ênfase dada às variáveis de cunho social que podem – e devem – ser incorporadas às soluções tecnológicas em desenvolvimento.

## 1.2 SOBRE A ESTRUTURA E A ORGANIZAÇÃO DA TESE

A fim de conduzir a construção teórica e empírica acerca da temática de estudo, a tese foi organizada em oito capítulos.

Afora o presente capítulo inicial em que se apresenta os princípios fundantes do trabalho, no capítulo 2, discute-se o percurso metodológico da pesquisa. A intenção é deixar claro, logo após a apresentação da problemática que motiva a realização da presente investigação, os objetivos do trabalho e as perspectivas que conduzirão o esclarecimento destes. Nesse capítulo, também, argumenta-se quanto às razões e às definições da pesquisa empírica, à metodologia de produção e à análise dos dados e informações.

O capítulo 3 apresenta o cenário de investigação: o contexto histórico dos cursos de Engenharia no Brasil e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Nesse capítulo, ao traçar um paralelo entre o início da sistematização do ensino técnico e os moldes atuais dos cursos de engenharia, procura-se relacionar dados históricos com características

predominantes até hoje na educação tecnológica. Também, se apresenta a instituição participante, sua história e expansão.

No capítulo 4, sob o título “Educação Matemática para além da racionalidade técnica”, se inicia o debate a partir da teoria da Educação Matemática Crítica de Ole Skovsmose para refletir sobre possibilidades e desafios da educação matemática nos cursos de Engenharia. Para traçar relações entre os temas, considera-se os seguintes aspectos: o que dizem as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de Engenharia e contrapontos para o ensino; a identidade docente do professor de matemática que atua nesses cursos; o que dizem as pesquisas acadêmicas sobre educação matemática no ensino tecnológico; e, em particular, se há nesse contexto uma preocupação para além da racionalidade técnica.

No capítulo 5, discute-se a concepção moderna da matemática através dos conceitos de que a matemática é essencial para a compreensão da natureza; de que a matemática é um catalisador de inovação tecnológica; de que a matemática é uma racionalidade pura; e como esses conceitos estão presentes nos modelos matemáticos utilizados nos cursos de Engenharia. Para contrapor essa ideia, apresenta-se um estudo de um modelo matemático aplicado à engenharia como exemplo de como se pode fazer uso das variáveis sociais e humanas.

As implicações sociais da tecnociência e as suas relações com a educação matemática são exploradas no capítulo 6. A partir dos conceitos de técnica, tecnologia e ciência conceituados por Bunge (1985), Cupani (2004, 2017), Bazzo (2016, 2018, 2020) e Civiero (2016, 2020), define-se o termo tecnociência para designar o contexto social da tecnologia e da ciência. A discussão é enriquecida com Harari (2018) e Schwab (2016) para entender quem somos e descobrir para onde vamos ao mesclar os avanços científicos com o caminho da evolução humana nessa quarta revolução industrial. Bordin (2018) e Dagnino (2014) analisam a relação entre desenvolvimento tecnológico e o desenvolvimento social – chamado por eles de desenvolvimento sociotécnico – que está sendo construída ao longo do processo de formação dos engenheiros. Para isso, a interpretação da matemática em ação de Skovsmose (2009) é conexa com as discussões promovidas por Bazzo (2016, 2019, 2020) e Civiero (2016, 2020) que defendem uma educação matemática preocupada com as questões contemporâneas, vinculadas à equação civilizatória dos tempos atuais.

Por fim, no capítulo 7, estabelece-se as relações entre as questões iniciais da investigação e os resultados da análise dos dados e das informações produzidos na pesquisa empírica. As problematizações, discussões e proposições resultantes do trabalho bibliográfico e empírico encontram-se circunscritas nas seguintes categorias de análise: (a) a prática docente

e as compreensões científicas e tecnológicas dos professores de matemática em engenharia; (b) as relações entre as dimensões sociais e o conhecimento matemático nos cursos de Engenharia; (c) as atividades docentes e suas articulações com as variáveis contemporâneas; e (d) o professor de matemática na Engenharia e a necessidade de formação contínua. Essas discussões revelam um longo caminho a ser percorrido, o que encaminha o trabalho para as “Considerações Finais”.

## 2 ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

### 2.1 O PROBLEMA

O ensino técnico atualmente disseminado no Brasil tenta reproduzir uma neutralidade que não possui. Ele esquece a historicidade dos fatos e põe de lado a árdua luta que realmente existe durante a construção dos aparatos técnicos e de seus conceitos e teorias, ao desconsiderar as peculiaridades e as histórias pregressas que os alunos trazem consigo para dentro do ambiente acadêmico. Bazzo (2015, p. 10) afirma que: “[...] um ensino só poderá ser considerado de qualidade se oportunizar uma efetiva construção de conhecimento pelos indivíduos envolvidos no processo, e não apenas uma acumulação de informações repassadas em sala de aula”.

Bregman (2018, p. 20) reforça ainda que, na área acadêmica, “todos estão ocupados demais escrevendo para poder ler, ocupados demais publicando para debater”. Dessa maneira, ele nos lembra que a universidade se assemelha a uma fábrica que está preocupada em alcançar metas, sem nem questionar quais são. Segundo o autor “a qualidade sendo substituída pela quantidade” (BREGMAN, 2018, p. 20).

Percebe-se isso nas “mudanças no sistema educacional” que se têm notícias, essas se restringem as seguintes questões: alteração de currículos (matriz curricular), melhoria das condições físicas do ambiente escolar e inclusão de novas tecnologias para o processo de ensino-aprendizagem. A essas soma-se um interesse enfadonho de se imaginar a qualidade educacional exatamente ao que o modelo empresarial espera: apenas a formação de mão de obra. Nesse velho paradigma que a educação técnica e profissional se submete, boa parte da sociedade continua passiva frente a tudo isto, aceitando o que está posto sem sequer questionar. Muitos veem o “progresso” como sinônimo de adoção de recursos materiais e tecnológicos mais sofisticados e, iludidos por esse discurso, relegam a segundo plano a formação didático-pedagógica e epistemológica dos docentes, escamoteando a verdadeira raiz do problema: o desenvolvimento humano (BAZZO, 2015).

Ao focar essa necessidade, é preciso refletir sobre o compromisso que cada área de conhecimento carrega consigo. As diversas ciências precisam desenvolver linhas de questionamentos e discussões a respeito de sua contribuição no entendimento do desenvolvimento tecnocientífico. Nessa discussão, certamente, a educação matemática apresenta-se como elemento indispensável de reflexão assumindo seu compromisso com a formação de sujeitos críticos. Logo, é premente se questionar:

De que modo desenvolver uma educação matemática que faça parte de nossas preocupações com a democracia, numa sociedade estruturada por tecnologias que a incluem como um elemento estruturante? De que maneira desenvolver uma educação matemática que não torne opaca a introdução dos alunos ao pensamento matemático, mas que os leve a reconhecer suas próprias capacidades matemáticas e a se conscientizarem da forma pela qual a matemática opera em certas estruturas tecnológicas, militares, econômicas e políticas? (SKOVSMOSE, 2008, p. 38-39).

Nesse contexto, o conhecimento matemático é fundamental para a construção do mundo, uma vez que seu significado vai muito além de agrupar fórmulas ou executar operações. Ele permite desmascarar as armadilhas e mitos que possam estar por trás da simples apresentação de dados ou de modelos tecnocientíficos utilizados na sociedade. É mister que os estudantes percebam que se vive em um mundo estimado, analisado e estudado a partir de modelos que, em sua maioria, são matemáticos. A ciência e a tecnologia avançam muitas vezes por meio de previsões e estimativas vindas desses modelos (SKOVSMOSE, 2008).

Para exemplificar, o historiador israelense Yuval Noah Harari, em seu livro *Homo Deus* (2016), dedica um capítulo ao dataísmo, termo por ele utilizado para se referir à “religião dos dados”. Conforme o autor, durante parte considerável da história, o homem foi dominado pela autoridade divina. Acreditava-se que o poder vinha dos deuses que definiam a vida, o destino e a morte. Com o surgimento do humanismo, a autoridade migrou gradualmente das divindades para as pessoas, de modo que surgiu a crença no livre-arbítrio. Em nossos dias, uma nova mudança está em curso, promovida por “gurus da tecnologia” e, nesse novo contexto, para o dataísmo, o universo consiste em um grande fluxo de dados. Atribui-se autoridade aos algoritmos, como se fossem pequenas unidades de processamento, parte de um sistema gigantesco que ninguém de fato consegue entender. Talvez nem precise entender, pois basta manter o fluxo, recebendo e postando textos e imagens.

O referido autor enfatiza que softwares e algoritmos – apoiados em grandes bancos de dados – serão capazes de entender e prever o comportamento humano melhor que os próprios seres humanos. Tais sistemas mapeiam as preferências, desde livros, restaurantes a destinos turísticos, inclusive sugerem opções. Frente a essa realidade, supõe-se que serão capazes de indicar com precisão cônjuges e candidatos a cargos públicos e, quando isso ocorrer, práticas como eleições se tornarão tão obsoletas quanto a dança da chuva. Isso já está acontecendo, vide os algoritmos da empresa *Facebook* e *Youtube*, por exemplo. Eles, inclusive, influenciaram diretamente nos resultados de eleições de países como Estados Unidos e Brasil.

O livro *Os engenheiros do caos: Como as fake news, as teorias da conspiração e os algoritmos estão sendo utilizados para disseminar ódio, medo e influenciar eleições* (2020),

escrito pelo cientista político italiano Giuliano da Empoli, aponta os métodos sofisticados do jogo dos algoritmos nas eleições. "A internet é sinônimo de participação. É o instrumento de uma revolução democrática destinada a arrancar o poder das mãos de uma casta de profissionais da política e entregá-lo ao homem comum", escreve Empoli (2020, p. 54). Em outro trecho do livro, o autor avança no tema: "Os algoritmos desenvolvidos e instaurados pelos engenheiros do caos dão a cada indivíduo a impressão de estar no coração de um levante histórico, e de, enfim, ser ator de uma história em que ele achava estar condenado a suportar passivamente como figurante" (EMPOLI, 2020, p. 169).

Para os autores, o sistema nem precisa ser perfeito, basta se mostrar superior à média das decisões das pessoas, o que pode ser um nível relativamente simples de superar. Enfim, seguindo esse raciocínio à risca, no futuro o livre-arbítrio será anacrônico, visto que o mundo das máquinas está ultrapassando o lado humano da equação. Nesse contexto, o conhecimento matemático é fundamental; porém, não se concebe pelas pessoas no processo, pelo contrário, ainda é visto como um conhecimento neutro, sem nenhum vínculo ao desenvolvimento ou responsabilidade social.

Em vista disso, a discussão sobre a importância que a matemática tem no desenvolvimento do aparato tecnocientífico da contemporaneidade, bem como sua contribuição histórica no desenvolvimento das várias tecnologias produzidas pelo homem, torna-se indispensável. É urgente repensar as relações entre matemática, tecnologia e engenharia, principalmente, o que tange às implicações sociais da tecnociência e suas interlocuções com o conhecimento matemático na educação tecnológica. Em face do exposto, o problema central desta pesquisa é: **Qual a relação entre a educação matemática e as implicações sociais da tecnociência na formação dos engenheiros?**

Com base nesse questionamento, tem-se como objetivo principal deste estudo: **Enfatizar a importância e buscar um caminho para as discussões sobre as implicações sociais da tecnociência nos cursos de engenharia nas disciplinas de matemática.**

Essa necessidade se evidencia pelas novas relações tecnocientíficas, aceleradas pela quarta revolução industrial. Com isso, apresenta-se uma possibilidade para subsidiar as reflexões dos estudantes de engenharia para pensar sobre suas intervenções no mundo, ou seja, por meio da criação ou utilização das tecnologias sociais. Como caminho para uma possível resposta ao problema de pesquisa, estabeleceu-se os seguintes objetivos secundários:

- a) percorrer, por meio de pesquisa bibliográfica, desde a história dos cursos de Engenharia no Brasil até as pesquisas sobre educação matemática nos cursos de

Engenharia, com vistas a identificar os caminhos trilhados pela educação matemática;

- b) identificar de que forma os docentes de matemática dos cursos de Engenharia da UTFPR compreendem a relevância do conhecimento matemático e suas implicações em face do envolvimento dessa disciplina, com as questões tecnocientíficas contemporâneas;
- c) indicar possibilidades de atuação docente com pressupostos à uma Educação Matemática Crítica em Engenharia, comprometida com as questões sociais do estudo.

## 2.2 PERSPECTIVAS E PROCEDIMENTOS

Tendo como foco o problema de pesquisa e os objetivos a serem perseguidos, a investigação caminha à luz da Educação Matemática Crítica (EMC), pelo viés da discussão das repercussões do uso da matemática no desenvolvimento tecnológico, ao considerar as variáveis contemporâneas nesse processo civilizatório e na imbricada relação entre um ensino neutro, técnico e racional. Estes perpassam o processo formativo das disciplinas matemáticas ao deixar de lado as questões sociais e humanas na Educação em Engenharia.

Segundo Gil (2002, p. 17), o objetivo fundamental da pesquisa é encontrar respostas para os problemas e, para tanto, é desenvolvida mediante o concurso dos conhecimentos disponíveis e a “utilização cuidadosa de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos”.

Já que as escolhas feitas sobre o caminho metodológico levam em conta a preocupação em reunir dados mediante o contato direto e interativo do pesquisador com a situação objeto de estudo, considera-se, então, a necessidade de vinculação com as pesquisas qualitativas apresentadas por Gil (2002), Minayo et al. (2011), Lüdke e André (1986) e Moraes (2003). Nesse sentido, a pesquisa será desenvolvida a partir de dois movimentos: a **pesquisa bibliográfica** e a **pesquisa empírica**. A pesquisa bibliográfica, que fundamenta e norteia todo o trabalho, realizou-se a partir de pesquisas em livros, artigos, periódicos e em portais da internet destinados à pesquisa científica.

Portanto, a proposta metodológica aqui se apresenta como base à pesquisa aplicada com abordagem qualitativa, caracterizada como pesquisa do tipo descritiva com dimensão exploratória. Para Minayo et al. (2011, p. 21), “a pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares. Ela se preocupa com um nível de realidade que não pode ser quantificado”; ou

seja, “ela trabalha com universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos”. A dimensão exploratória é esclarecida por Gil (2002, p. 41), uma vez que, por meio dela, busca-se uma “maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito a ponto de constituir hipóteses” e explicações – explorar tem como premissa o aprimoramento de ideias, o esclarecimento de intuições e a possibilidade de explicações. Assim, a abordagem qualitativa, em síntese, caracteriza-se de forma complexa e contextualizada, não sendo possível compreender por meio de estatísticas.

### 2.3 A PESQUISA EMPÍRICA

Segundo Minayo et al. (2011, p. 53), o campo de pesquisa é um recorte que o pesquisador faz em termos de espaço, representando uma realidade empírica a ser estudada a partir das concepções teóricas que fundamentam o tema de investigação. Para os autores, além do recorte espacial, o campo é ocupado por pessoas ou grupos de pessoas. Esses grupos são parte de uma história a ser investigada – história essa que perpassa por interações sociais –, sendo necessário uma construção teórica para transformá-los em contexto de estudo. Por isso, a pesquisa empírica passa a ser um “palco” de manifestações subjetivas que acontecem entre as interações entre pesquisador e estudados, propiciando novos conhecimentos. Dessa forma, o campo de pesquisa para a produção dos dados empíricos é a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). A escolha da instituição deu-se pelo fato de a pesquisadora fazer parte do seu quadro docente e também por ser a única universidade denominada tecnológica no Brasil, além de ter uma história um pouco diferente das outras universidades.

Assim, a pesquisa considera investigar as compreensões dos docentes de matemática em face das implicações do envolvimento da disciplina com as questões tecnocientíficas contemporâneas na educação em Engenharia. Convém destacar porque os docentes caracterizam um “estudo de caso”. Gil (2002, p. 55) explica que o estudo de caso pode “proporcionar uma visão global do problema ou identificar possíveis fatores que o influenciam ou são por eles influenciados”. Por isso, como recurso para refletir sobre novas possibilidades para a educação matemática na engenharia, investigou-se, através de um estudo de caso, de que forma os professores de matemática, dos cursos de engenharia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), compreendem a relevância do conhecimento matemático e as suas implicações frente ao envolvimento dessa disciplina com as questões tecnocientíficas.

Em resumo, o que direciona o interesse do pesquisador pelo caso em questão é olhar para uma situação complexa e buscar sua compreensão através de um recorte. Essa técnica, para os autores citados, pode ser utilizada para compreender a situação com mais profundidade, bem como a distinguir devido a sua singularidade ou similaridade com outros contextos.

## 2.4 PRODUÇÃO DE DADOS E O TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO

Para investigar as compreensões e percepções dos docentes da instituição em questão, a proposta inicial era de criar um “espaço reflexivo”. A ideia era a junção de um roteiro de entrevista semiestruturado com um grupo focal. Esse espaço seria um grupo de discussão com o propósito de obter informações de caráter qualitativo em profundidade. No entanto, houve uma mudança de planos devido a um problema de ordem maior – uma pandemia que interrompeu as atividades presenciais da graduação e pós-graduação.<sup>2</sup>

Então optou-se pela realização de entrevistas semiestruturadas com os docentes de matemática que ministram aulas nos cursos de Engenharia da UTFPR de maneira remota. Foram convidados todos os professores de matemática atuantes na instituição. Em um primeiro levantamento, foi feito um convite individual, através do endereço eletrônico institucional cadastrado no sistema da universidade, para todos os professores de matemática de todos os treze *campi* da instituição.

Como não houve a possibilidade da realização do grupo focal, a escolha pela entrevista deu-se como um meio eficaz de produção de dados por meio da interação, pois, segundo Lüdke e André (1986, p. 33): “na entrevista a relação que se cria é de interação, havendo uma atmosfera de influências recíprocas entre quem pergunta e quem responde”.

Ademais, as informações construídas por meio da entrevista podem confirmar elementos diretamente no diálogo com o entrevistado, além dos subsídios acerca da reflexão desse sujeito sobre a realidade por ele vivenciada, como, neste caso, as concepções e percepções oriundas da experiência como docente do conhecimento matemático nos cursos de Engenharia. Segundo Massoni e Moreira (2016, p. 76): “[...] a entrevista tem a vantagem de propiciar o contato direto, focado, personalizado entre o pesquisador e o entrevistado; é uma fonte potencial

---

<sup>2</sup> No período em que estava se produzindo dados para essa tese, o mundo foi surpreendido com uma pandemia. O Corona vírus causador da pandemia global, pertence a uma família de vírus (CoV) que já circula no mundo todo. Os vírus dessa família podem causar desde resfriados comuns a doenças mais graves, como a Síndrome Aguda Respiratória Severa (SARS) e a Síndrome Respiratória do Oriente Médio (MERS). O novo Corona vírus recebeu a denominação SARS-CoV-2 pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e a doença que ele provoca tem a denominação COVID-19 (Fonte: <https://dasa.com.br/coronavirus>).

de informações e dados, contextualizada e intensiva; permite a indagação em profundidade através de roteiros flexíveis”. O roteiro das entrevistas é uma construção própria e está disposto no Apêndice A.

Após a produção de dados, na etapa de análise, todas as informações, desde as transcrições até as observações, são fundamentais. Durante a organização e a categorização das informações produzidas, é que se estabelecem regularidades, convergências, divergências, tendências, regularidades, casualidades e possibilidades de generalização. A tarefa de análise implica, num primeiro momento, “a organização de todo o material, dividindo-o em partes, relacionando essas partes e procurando identificar tendências e padrões relevantes”; e, num segundo momento, essas “tendências e padrões são reavaliados, buscando-se relações e interferências num nível de abstração mais elevado” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 45).

Nesse contexto, a metodologia de análise escolhida foi a Análise Textual Discursiva (ATD). Por conseguinte, os caminhos percorridos começam pela desconstrução dos textos e pela definição das categorias de análise. Ao discorrer sobre as categorias, destaca-se que elas são resultantes de um processo que se iniciou com a definição do problema de pesquisa e dos objetivos que nortearam a busca pelas respostas. Além disso, essas categorias são reflexos da construção teórica acerca do objeto de pesquisa e das intencionalidades materializadas no instrumento de produção de dados e de informações.

## 2.5 O CAMINHO EMPÍRICO À LUZ DA ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA (ATD)

Essa pesquisa, de caráter qualitativo, utiliza como caminho empírico à luz da Análise Textual Discursiva (ATD). Essa metodologia constitui-se como um caminho para o pensamento investigativo, um processo de colocar-se em um movimento de desconstrução dos dados empíricos, através da leitura e desmontagem dos textos, para efetivar uma categorização e assim a construção da tese central. Como salientam Moraes e Galiuzzi (2006, p. 122), “o processo de análise textual discursiva é um constante ir e vir, agrupar e desagrupar, construir e desconstruir”.

Para isso, baseando-se em Moraes (2003) e em Moraes e Galiuzzi (2006), utilizou-se o seguinte ciclo de análise:

1. Desmontagem dos textos: também denominado processo de unitarização.
2. Estabelecimento de relações: processo denominado categorização, com a finalidade de construir relações entre as unidades de base e assim formar conjuntos chamados de categorias.

3. Metatexto: processo de explicitar a compreensão que se apresenta como uma combinação dos elementos anteriores.
4. Processo de auto-organização: processo de intuição e auto-organização dos textos do qual emergem novas compreensões.

Ao iniciar o processo, a desconstrução dos textos do *corpus*<sup>3</sup>, primeiro passo sugerido por Moraes (2003), é a leitura aprofundada do material de análise, buscando construir compreensões com base nesses textos, de modo a partir dos sentidos e significados que possibilitam ler. Nas palavras da autora:

a análise textual parte de um conjunto de pressupostos em relação à leitura dos textos que examinamos. Os materiais analisados constituem um conjunto de significantes. O pesquisador atribui a eles significados sobre seus conhecimentos e teorias. A emergência e comunicação desses novos sentidos e significados é o objetivo da análise (MORAES, 2003, p. 193).

Nesse ciclo, compara-se o processo de análise textual com o de mergulhar em um “rio da linguagem”, isto é, uma leitura intensa do material de análise. Na unitarização, a partir da interpretação do pesquisador ao “ouvir as vozes de outros sujeitos”, os textos submetidos à análise são recortados e desconstruídos. Por isso, “unitarizar é dar início ao processo reconstrutivo das compreensões do pesquisador, sempre a partir do mergulho em significados coletivos expressos pelos sujeitos da pesquisa” (MORAES; GALIAZZI, 2006, p. 124).

No caso desta pesquisa, o corpus são as entrevistas realizadas com os docentes e transcritas individualmente, logo cada uma tornou-se um documento de análise. A cada entrevista foi atribuída um número, como um código para cada documento. Nesse processo de análise, procura-se não desarticular o texto da pessoa que fala. Os anseios, o modo de ser, as opiniões, etc., foram sempre considerados durante esse processo de desconstrução. A partir de cada texto, foram sendo construídas as unidades de análise. Estas foram definidas em função dos objetivos propostos na pesquisa, as quais se nomeou de categorias *a priori*. Essas categorias são assim denominadas pois provêm das teorias que fundamentam o trabalho. Assim, a desmontagem dos documentos e a unitarização destes são a primeira etapa do ciclo analítico.

A partir da unitarização, emergem novos entendimentos e compreensões, produzidas pela capacidade do pesquisador de estabelecer e identificar relações entre as partes e o todo,

---

<sup>3</sup> O *corpus* da análise textual é constituído essencialmente de produções textuais, podem incluir imagens e outras expressões linguísticas.

tendo como base a “intensa impregnação” no material de análise. Esse processo é chamado de categorização – segundo momento do ciclo de análises.

A categorização é um processo de comparação constante entre as unidades definidas no processo inicial de análise, levando a agrupamento de elementos semelhantes. Os conjuntos de elementos de significação próximos constituem as categorias (MORAES, 2003, p. 197).

A partir das categorias *a priori* e das informações do *corpus*, elaborou-se as categorias *emergentes*. Estas categorias “estão de algum modo implicadas nas informações analisadas e no próprio conhecimento do pesquisador, e o papel do pesquisador é explicitá-las” (MORAES, 2003, p. 200). A partir disso, foram produzidos argumentos em torno das categorias, ou seja, o processo de explicitação de relações entre elas no sentido da construção da tese. Isso implica em ficar atento às perspectivas dos participantes sem lhes impor direcionamentos. Logo, se no primeiro momento há uma fragmentação de unidades de significado por meio da categorização, no segundo momento da análise, o trabalho se dá em estabelecer relações, reunir semelhantes, construir categorias para a construção de um novo texto – o metatexto.

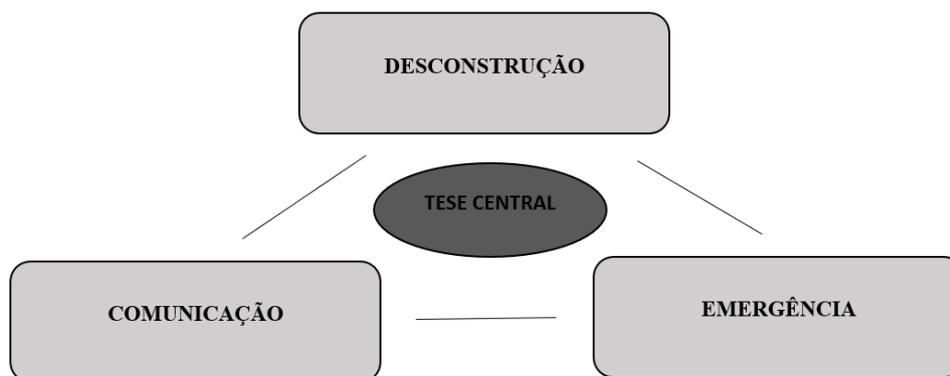
No processo de análise na produção do metatexto, a autora sugere que a partir das relações estabelecidas nas categorias, o pesquisador se desafie e construa “argumentos centralizadores” ou “teses parciais” para validar cada categoria, ao mesmo tempo que constrói a tese central. Para a referida autora, “a tese geral servirá de elemento estruturador e organizador de um texto coerente e consistente”; assim, o pesquisador se assume como autor e ajuda o leitor na compreensão do seu texto (MORAES, 2003, p. 203).

A validade e a confiabilidade dos resultados são construídas ao longo do processo. Uma das formas de validação dos argumentos é “uma descrição densa, recheada de citações dos textos analisados, sempre selecionadas com critérios e perspicácia” (MORAES, 2003, p. 204), com a intenção de dar ao leitor uma visão fiel dos fenômenos que apresenta. Essa validação se apresenta por meio de uma estreita relação entre teoria e prática, a partir de questionamentos e críticas claras e objetivas que impulsionam o pesquisador a construir sua tese.

As formas de teorização descritas pela autora compreendem construir novas teorias a partir do exame do material do *corpus* – a partir da categorização – ou a ampliação de teorias já existentes – a partir das categorias *a priori*, derivadas de alguma teoria. Para Moraes (2003, p. 206), “teorizar é o movimento produtivo do pesquisador”.

Por fim, a auto-organização – o processo de aprendizagem viva –, o movimento em que se utiliza o exercício de desconstrução para emergir novas possibilidades de aprendizagem. Este processo de aprendizagem, por meio do ciclo de análise, está representado na Figura 1.

Figura 1 – Ciclo da análise textual qualitativa



Fonte: figura adaptada de Moraes (2003).

Assim, conforme se representa na Figura 1, nessa tese tem-se a desconstrução, que pode ser entendida como o processo de fragmentar as informações e, desse modo, desestruturar a ordem do conjunto de textos submetidos à análise. Processo que se deu desde a construção e desconstrução dos conceitos que englobam a Educação Matemática em Engenharia por meio da pesquisa bibliográfica e leituras contemporâneas. Isso também se deu no momento da pesquisa empírica, ao ouvir os docentes que atuam na área através das entrevistas, que foram fragmentadas e submetidas a análise à luz da teoria já concebida na pesquisa bibliográfica.

Em seguida, tem-se o processo de emergência para o novo, ou seja, o movimento da desorganização das matérias de análise – tanto da pesquisa bibliográfica quanto da pesquisa empírica – em direção a novas compreensões, aprendizagens que se constituem por auto-organização. Esse processo aconteceu na categorização ao propor os objetivos da pesquisa e assim conceber as categorias *a priori*. Seguido das subcategorias provenientes do conjunto de entrevistas, estas chamadas de categorias *emergentes*.

E, por fim, a comunicação ou explicitação das compreensões das teorias emergentes atingida por meio das etapas anteriores e concretizada no metatexto. O metatexto é a construção da tese que detecta e/ou propõe possibilidades curriculares e de atuação do professor com vistas a uma Educação Matemática Crítica em Engenharia, comprometida as questões sociais. O ciclo gira em torno da tese central, que possibilita o encadeamento das partes no todo.

### 3 CONTEXTO HISTÓRICO DOS CURSOS DE ENGENHARIA NO BRASIL E A UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Entender o histórico e o surgimento dos cursos de Engenharia na civilização ocidental moderna contribui para a compreensão dos fatos atuais quanto à forma de construção e à condução dos cursos de Engenharia. Ao traçar um paralelo entre o início da sistematização do ensino técnico e os moldes atuais dos cursos de Engenharia, procura-se apresentar dados históricos e reflexões com algumas características do ensino que se realiza hoje.

Para o entendimento desse histórico, é necessário, primeiramente, caracterizar o que é Engenharia. Uma das definições mais antigas é a do inglês Thomas Tredgold (1788-1829): “Engenharia é a arte de dirigir as grandes fontes de energia da natureza para o uso da conveniência do homem” (OLIVEIRA, 2019, p. 9). Essa definição foi citada pelo autor na elaboração dos estatutos do *Intitution of Civil Engineers* (ICE), em Londres, no ano de 1828.

Mas, antes disso, em meados do século XVII, ainda no período imperial, nasceram, na França, as escolas para a formação de engenheiros, com a criação das Grandes Escolas (*École Nationale des Ponts e Chaussées, École du Génie, École de Mines*) que visavam uma formação de engenheiros construtores, muitas vezes, com fins militares, tendo em vista o contexto francês. Mais tarde, em 1794, a *École Polytechnique* foi fundada. Nela se ensinavam as disciplinas básicas de engenharia, sendo os alunos depois encaminhados às escolas especializadas, como a *École des Ponts et Chaussées* ou *École de Mines*.

Cabe salientar que essas escolas representavam uma nova forma de organização intelectual, sendo as únicas instituições escolares abertas às pesquisas científicas e às inovações técnicas. Elas estavam preocupadas com questões teóricas e problemas concretos, o que contrastava com as escolas tradicionais, que se preocupavam com o ensino clássico (BAZZO; PEREIRA; LINSINGEN, 2016).

Em seu livro, *História da Engenharia no Brasil*, Telles (1994, não p.), registra que:

A engenharia quando considerada como arte de construir é evidentemente tão antiga quanto o homem, mas, quando considerada um conjunto organizado de conhecimentos com base científica aplicado a construção geral, é relativamente recente, podendo-se dizer que data do século XVIII.

Nessa época, devido à necessidade de construção de fortificações, estradas e pontes na França, é que o conhecimento técnico e científico passou a ser transmitido do mestre para o aprendiz nas escolas de engenharia, baseando-se no modelo de transmissão de conhecimento

de pai para filho, utilizado anteriormente na aprendizagem dos ofícios no interior das famílias (RESENDE, 2016). O modelo francês utilizado na *École Polytechnique*, até o século XIX, fundamentou o início do ensino de engenharia, ao preparar os egressos com disciplinas profissionalizantes e elevada formação em Ciências Básicas, como Matemática, Física, Química, Expressão Gráfica etc. Esse modelo de separação entre o básico e o profissionalizante influenciou o currículo das escolas que se expandiram no mundo todo. No Brasil, inclusive, ele ainda perdura em várias instituições (OLIVEIRA, 2019).

No contexto brasileiro, a Real Academia de Artilharias, Fortificação e Desenho (RAAFD) é considerada a primeira escola de Engenharia. Ela foi instalada no Rio de Janeiro em 1792 e seguia os moldes da escola criada em Lisboa, no ano de 1790. A Academia Real Militar, em 1810, foi sua precursora. Para ingressar no curso da Real Academia, os candidatos precisavam mostrar conhecimentos de francês e das quatro operações de aritmética, destacando-se aqui, historicamente, a inserção e a influência da matemática nesses cursos.

Esse início é marcado pela organização militar, pois a preocupação era a defesa do país, logo os engenheiros formados eram necessariamente militares. Em 1858, a RAAFD passa a ser chamada de Escola Central e, a partir de 1874, a escola teve total desvinculação com a origem militar e foi transformada em Escola Politécnica (a atual Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro). Logo após surgem a Minas de Ouro Preto (1876), a Politécnica de São Paulo (1893) e a Engenharia do Mackenzie College (1896).

Essas primeiras escolas de engenharia, de grande tendência pragmática, tinham forte embasamento em modelos europeus e norte-americanos. Essa tendência vai ao encontro do momento histórico brasileiro, em que a base de produção era agroexportadora e não comportava engenheiros industriais.

Assim, as escolas superiores, nesse momento histórico, tinham atuação positivista, com valorização das Ciências Matemáticas e das disciplinas de natureza teórica. Cabe salientar que, desde 1810, já nos primeiros anos constatava-se a presença forte e significativa das disciplinas matemáticas como Álgebra, Trigonometria, Geometria Analítica; Cálculo Diferencial e Integral e Desenho, nas matrizes curriculares dos cursos (OLIVEIRA, 2019, p. 14).

Nota-se que essa estrutura teórica e racional acompanha o ensino de engenharia, como comenta Cunha (2008, p. 2):

É sabido que o referencial curricular da maioria dos cursos de Engenharia é, ainda, hoje, o legado pelo pensamento positivista do Século XIX, tão bem caracterizado pela abordagem de ensino posta em prática pela Escola Politécnica de Paris daquele

período. Esta abordagem, disseminada no bojo da forte imposição da filosofia subjacente, veio a constituir modelo adotado em todo o mundo, a começar pelo ocidental.

A partir de 1929, com a queda da bolsa de Nova York, o sistema agroexportador entra em crise, e uma nova configuração do ensino de engenharia ocorre no Brasil. As mudanças econômicas, ideológicas e políticas abrem caminho para a industrialização de bens de consumo, isso resulta em novas oportunidades de trabalho para o engenheiro devido ao uso da máquina industrial. O ensino, ao acompanhar essa tendência, entra numa fase pragmática.

Sobre isso Bazzo, Pereira e Linsingen (2016, p. 29) explicam:

As escolas de engenharia surgem e se firmam então num contexto de racionalização de procedimentos científicos e sociais, de novas leituras das técnicas, de alterações no sistema produtivo, de reorganizações das cidades e das trocas comerciais, sendo elas, causa e efeito de novos tempos para o sistema educativo.

Na década de 1970, a expansão industrial e o crescimento da produção refletem na ampliação das escolas de engenharia. Essa expansão visava atender os interesses do mercado norte-americano que industrializava o país. Nesse contexto, o papel do engenheiro, alinhado ao projeto do mercado capitalista, era administrar e manter as tecnologias instaladas. Segundo Cunha (1999), não há registros, nessa época, de disciplinas que, com o estudante, trabalhassem o desenvolvimento de uma visão humanista e crítica, no que diz respeito à própria formação.

Entretanto, a partir da década de 1980, a instabilidade econômica gera problemas nas empresas por conta da aplicação de um modelo centrado em ganho de produtividade, e o mercado busca profissionais qualificados tecnicamente. Inicia-se, então, o questionamento sobre o uso das tecnologias oriundas dos países desenvolvidos, é nessa mesma década que se inicia a formação humana e social do engenheiro. Busca-se a capacidade de se tomar decisões baseadas numa visão global das possíveis consequências oriundas das ações e do desenvolvimento científico e tecnológico, considerando-se que “uma visão global requer uma visão filosófica de mundo, de valores, de princípios e do próprio homem” (CUNHA, 1999, p. 18).

Revisitar a origem, história e a expansão dos cursos de Engenharia revela que sempre existiu uma interrelação entre o desenvolvimento social e o econômico do país com a demanda de formação necessária dos engenheiros. O ensino de engenharia retrata com precisão a hierarquização do conhecimento no desenvolvimento social, principalmente, no que se trata de ciclos básicos, profissionais e se estabelecem disciplinas e pré-requisitos rígidos e lineares desde a origem do curso. Atrelado a isso, nota-se que a escola contemporânea ainda se encontra

comprometida com a racionalização, que passa a ser um dos critérios de diferenciação entre o “bom” e o “mau” aluno, conforme a capacidade de compreender e de reproduzir conhecimentos técnicos em prazos pré-estabelecidos.

Das diretrizes francesas – racionais e técnicas –, “herdamos a neutralidade que hoje cultua-se como premissa para os indivíduos de formação técnica”. Merece destaque, ainda, no tocante aos currículos de engenharia, a percepção dos alunos de que as disciplinas humanísticas são “perfumaria”, segundo Bazzo, Pereira e Linsingen (2016, p. 33). Essa percepção, uma herança do período positivista, cria maior valorização das disciplinas ligadas ao saber técnico e prático da profissão, em detrimento daquelas que buscam transmitir aos alunos a visão crítica da relação do engenheiro com a sociedade e seu lugar no mundo capitalista e do trabalho (CUNHA, 1999).

Nessa incursão histórica, apresentam-se alguns pormenores sobre a trajetória da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Essa instituição, que foi ambiente da pesquisa empírica, o estudo de caso, herdou uma longa e expressiva trajetória da Educação Profissional. Atualmente, com grande representatividade no estado do Paraná, busca ser modelo educacional de desenvolvimento social e referência na área tecnológica. As relações entre o histórico da formação em Engenharia, a interiorização do ensino superior no Brasil e a expansão dos cursos de Engenharia fazem parte desse contexto e serão analisados no próximo item.

### 3.1 O CONTEXTO DO ESTUDO – A UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR)

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) é a primeira assim denominada no Brasil e, em vista disso, tem uma história um pouco diferente das outras universidades. A instituição não foi criada, mas transformada a partir do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-PR). Como a origem deste centro é a Escola de Aprendizes Artífices, fundada em 1909, a UTFPR herdou uma longa e expressiva trajetória na Educação Profissional. Essa escola não estava ligada ao ensino regular da época, mas visava ministrar ensino de ofícios a menores pobres e marginalizados.

Em 1937, ocorreu a primeira alteração na denominação da instituição, que passou a chamar-se Liceu Industrial de Curitiba; pretendia-se, então, preparar jovens para trabalharem na indústria. Como os alunos não tinham condições de frequentar o ensino regular, incluiu-se, a partir de então, parte do ensino básico. Esse tipo de instituição foi um marco no sistema de Ensino Profissional no Brasil.

Em 1942, a Lei Orgânica de Ensino Industrial unificou e organizou o ensino industrial em dois ciclos. No primeiro, incluía-se o industrial básico, o de mestria, o artesanal e a aprendizagem básica do primeiro nível de ensino; no segundo, já em nível de 2º Grau, o técnico e o pedagógico. Isso abriu a possibilidade de ingresso dos formandos dos cursos técnicos em escolas superiores e em cursos diretamente relacionados à sua formação profissional (DALLABONA, 2007, p. 2).

A partir dessa reforma, o Liceu Industrial de Curitiba passa a chamar-se Escola Técnica de Curitiba. Em 1946, após o Brasil firmar um acordo com os Estados Unidos, criou-se a Comissão Brasileiro-Americano-Industrial (CBAI). O objetivo desse acordo era a orientação educacional para o ensino industrial e treinamento dos professores. A Escola Técnica de Curitiba tornou-se um centro de formação de professores, recebendo e preparando docentes das escolas técnicas de todo o país. Nota-se, aqui, o início da expansão do ensino técnico em conjunto com a expansão industrial sob a influência norte-americana, aliado ao crescimento da produção, o que refletiu na ampliação das escolas de engenharia.

Em 1959, a Lei nº 3.552/59 reformou o ensino industrial no país ao permitir maior autonomia e descentralização da organização dos cursos técnicos. Por força da Lei nº 3.552/59, a Escola Técnica de Curitiba alterou o seu nome, à semelhança das Escolas Técnicas de outras capitais, para Escola Técnica Federal do Paraná. No ano de 1974, os primeiros cursos de Engenharia de curta duração foram implantados com a denominação de Engenharia de Operação (áreas de Construção Civil e Elétrica).

Em 1978, foi transformada em Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-PR), em conjunto com as escolas técnicas do Rio de Janeiro e Minas Gerais,

[...] concebidos como instituições pioneiras de uma nova concepção de educação tecnológica, envolvendo uma integração entre os vários graus de ensino, verticalização desse ensino, desenvolvimento de pesquisa aplicada e um entrosamento bem acentuado com o complexo empresarial (DALLABONA, 2007, p. 3).

A partir disso, os cursos de graduação passaram a ser de duração plena. Na década de 1990, iniciam as atividades das primeiras unidades de ensino nas cidades do interior do estado. Em poucos anos, foram instaladas as unidades descentralizadas de Curitiba, nos municípios de Medianeira, Cornélio Procópio, Ponta Grossa, Pato Branco e, em 1995, Campo Mourão.

Em 1996, com a Lei nº 9.394/96, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, os cursos técnicos integrados são extintos e implanta-se um novo modelo de Educação Profissional, que oferece cursos nos níveis básico, técnico e tecnológico, nos quais os Centros Federais de

Educação Tecnológica deveriam atuar prioritariamente. A partir de 1999, com a descontinuidade dos cursos técnicos de segundo grau, a instituição, que possuía um corpo docente com titulação, opta por ofertar Cursos Superiores de Tecnologia com o objetivo de formar profissionais focados na inovação tecnológica.

Essa decisão foi fundamental para a transformação de CEFET-PR em Universidade Tecnológica Federal do Paraná em outubro de 2005, regida pela Lei 11.184/2005, conforme artigo 3º, com as finalidades de:

- desenvolver a educação tecnológica, entendida como uma dimensão essencial que ultrapassa as aplicações técnicas, interpretando a tecnologia como processo educativo e investigativo para gerá-la e adaptá-la às peculiaridades regionais;
- aplicar a tecnologia compreendida como ciência do trabalho produtivo e o trabalho como categoria de saber e produção; e
- pesquisar soluções tecnológicas e desenvolver mecanismos de gestão da tecnologia, visando a identificar alternativas inovadoras para resoluções de problemas sociais nos âmbitos local e regional (BRASIL, 2005).

Com essa transformação, um movimento de ampliação de novos cursos foi acontecendo, ao mesmo tempo que houve um esforço em aprimorar a titulação dos docentes e a melhoria da infraestrutura, o que também resultou no crescimento significativo da pós-graduação, inicialmente com cursos de Especialização e, depois, com novos programas *Stricto Sensu*. O crescimento da pós-graduação esteve alicerçado na efetivação de grupos e laboratórios de pesquisa, o que ocorreu em todos os *campi* da instituição.

Com início em 2007, com o Programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI (BRASIL, 2007), implantado no governo Lula (2003-2011), sob a coordenação do então ministro da Educação Fernando Haddad, houve a expansão e a interiorização da universidade. Por essa razão, surgiram as demandas para oferta de cursos de Engenharia nas cidades do interior do Paraná, ampliando o número dos cursos ofertados em toda a UTFPR. Com essa necessidade, em 2012, são criadas as Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação da UTFPR, sendo essas diretrizes internas atualizadas em 2017, as quais estabelecem, já no artigo 1º, que:

Os cursos de graduação da UTFPR deverão dar ênfase à formação de recursos humanos para os diversos setores da economia envolvidos em práticas tecnológicas e educacionais, bem como na vivência com os problemas reais da sociedade, voltados, notadamente, para o desenvolvimento socioeconômico local e regional, desenvolvendo e aplicando a tecnologia e buscando alternativas inovadoras para a resolução de problemas técnicos e sociais (BRASIL, 2012, p. 2).

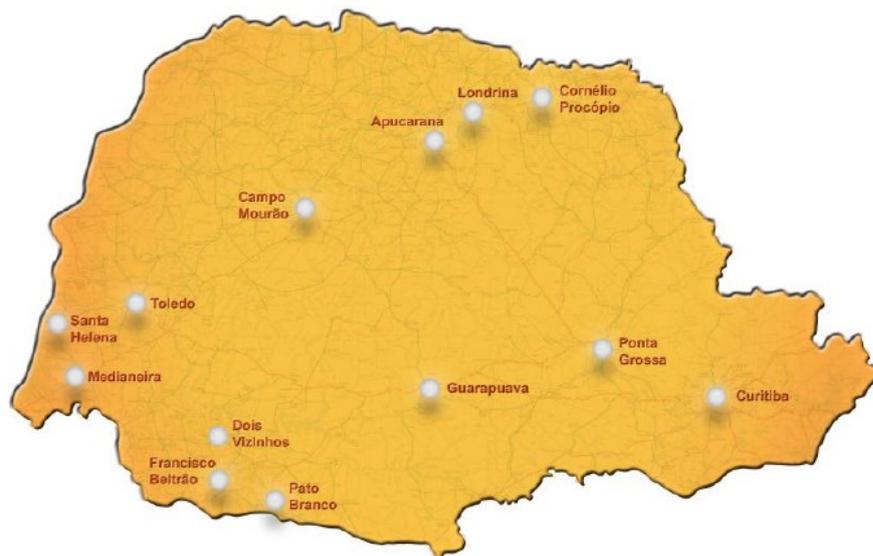
Esse artigo das diretrizes está de acordo com o propósito do REUNI, que foi propiciar o aumento de vagas e a expansão da rede universitária, sobretudo na perspectiva de atender o interior do país. Como a maioria das universidades se encontrava nas capitais e cidades de maior porte, isso promoveu uma democratização do acesso à Educação Superior.

E, de fato, o processo de interiorização dos *campi* das universidades federais brasileiras ampliou o número de municípios atendidos pelas universidades de 114, em 2003, para 237, até o final de 2011, resultando em um aumento de aproximadamente 70% das matrículas presenciais na rede federal. Aos Institutos Federais, com os quais a UTFPR tem uma identidade histórica, foi atribuída a missão de “orientar a oferta de Educação Profissional e Tecnológica como processo educativo e investigativo e fortalecer os arranjos produtivos locais” (BRASIL, 2012).

O REUNI também estimulou as universidades a modificar sua estrutura, criando novos *campi*. Nos casos em que a instituição já era *multicampi* ou tinha projeto de expansão, foi determinante na viabilização de diversos processos desencadeados pelas universidades por iniciativa própria, mas que em muitos casos foram limitados por dificuldades orçamentárias e de pessoal. A adesão das universidades ao REUNI viabilizou a criação desses *campi* e a expansão da UTFPR.

Devido a isso, atualmente a UTFPR conta com treze *campi* com sedes nas cidades de: Apucarana, Campo Mourão, Cornélio Procopio, Curitiba, Dois Vizinhos, Francisco Beltrão, Guarapuava, Londrina, Medianeira, Pato Branco, Ponta Grossa, Santa Helena e Toledo – distribuídos geograficamente no território paranaense conforme a Figura 2, a seguir, apresenta:

Figura 2 – Mapa do Estado do Paraná com a distribuição geográfica das cidades que possuem *campi* da UTFPR



Fonte: UTFPR, 2018.

A expansão contribuiu para o desenvolvimento de regiões interioranas do país e para qualificar profissionais a fim de atender as demandas industriais locais, conforme menciona Minhoto e Bello (2019, p. 5):

Desde os anos 1990, o governo federal tem fomentado políticas de expansão da educação superior com o propósito de responder à qualificação de quadros profissionais necessários à nova fase do desenvolvimento socioeconômico contemporâneo, marcado pela globalização das relações de produção e de consumo [...] A lógica da racionalização econômica marca a expansão das universidades federais, uma vez que a intenção central e explícita do governo foi a de aproveitar ao máximo os recursos já disponíveis no sistema.

Às Universidades Federais foi reservada a tarefa de interagir com as culturas regionais, ao compartilhar o conhecimento e a tecnologia com a sociedade. A interiorização foi uma das principais diretrizes norteadoras do mapa da expansão, com foco voltado para as necessidades econômicas de cada região.

No caso da UTFPR, o REUNI foi de grande importância na consolidação da instituição como universidade. Com a implantação do programa, novas possibilidades foram oportunizadas, dentre elas destaca-se: a ampliação de vagas para o ensino superior, a abertura de novos cursos, a abertura de programas de pós-graduação, a implementação de bolsas de assistência de ensino, a criação de núcleos de apoio aos estudantes, a ampliação de vagas de estágio e ações inclusivas (CATANI; OLIVEIRA; PEZARICO, 2014).

É fato inegável que os novos *campi* das universidades federais promoveram uma verdadeira revolução no país ao ampliar o acesso à Educação Superior. Dessa forma, mudaram o perfil do estudante universitário, aumentando a produção de conhecimento em regiões antes ignoradas pela academia, oxigenando a cultura universitária e aproximando a universidade da sociedade.

Arelada a isso, a UTFPR tem como missão desenvolver a Educação Tecnológica de excelência por meio do Ensino, Pesquisa e Extensão, interagindo de forma ética, sustentável, produtiva e inovadora com a comunidade para o avanço do conhecimento e da sociedade, tendo como visão ser modelo educacional de desenvolvimento social e de referência na área tecnológica. Para isso, vale lembrar que a UTFPR ao mesmo tempo que se expande, visa à sua consolidação como universidade.

Ainda inserida nesse contexto, a complexidade tomada pela gestão diante da expansão e da consolidação exige que se revisem os regulamentos e as orientações para que a universidade possa de fato se consolidar. Além disso, faz-se necessário um planejamento estratégico e prospectivo para a universidade, de modo que amplie seus horizontes. Um planejamento que abranja ensino, pesquisa e extensão e que leve em consideração o curto, o médio e o longo prazo.

Estudar um pouco da história dos cursos de Engenharia e o contexto de estudo na Universidade Tecnológica Federal do Paraná abre caminho para entender-se um pouco do ensino técnico disseminado no Brasil e como a Educação Matemática está inserida nesse cenário. No próximo capítulo, inicia-se o debate a partir da teoria da Educação Matemática Crítica de Ole Skovsmose ao refletir sobre as possibilidades e os desafios da educação matemática nos cursos de Engenharia. Para entender melhor esse contexto, são analisados os seguintes aspectos: o que dizem as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de Engenharia e contrapontos para o ensino; a identidade docente do professor de matemática que atua nesses cursos; e o que está se desenvolvendo nas pesquisas acadêmicas sobre educação matemática no ensino tecnológico; e, em particular, se há nesse contexto uma preocupação para além da racionalidade técnica.

## 4 A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA PARA ALÉM DA RACIONALIDADE TÉCNICA

A matemática, por muito tempo, foi apresentada como uma ciência neutra. No entanto, o conjunto das obras de Skovsmose (2008) questiona o modo como a matemática funciona em sua estrutura hegemônica. Conforme o autor:

Ações baseadas em matemática devem ser analisadas criticamente, levando-se em conta a sua diversidade. Esse olhar crítico sobre a matemática mostra que nos desligamos da “crença da ciência” e da “crença na racionalidade matemática” que fizeram parte do pensamento moderno, iniciado pela revolução científica (SKOVSMOSE, 2008, p. 12).

Nessa concepção, a educação matemática é compreendida como um elemento de construção social, isto é, as ferramentas matemáticas podem ser utilizadas na interpretação da realidade. Para Civiero (2016, p. 111), “[...] a consciência dessas mudanças é uma das mais complexas rupturas com paradigmas educacionais solidificados tradicionalmente”. A referida autora também se baseia nos estudos de Skovsmose e reforça que:

[...] a importância de constituir os subsídios mencionados reside no fato de contribuir para um aspecto do conhecimento pouco levado em consideração nas graduações e nos debates sobre a ciência matemática. Se a matemática é uma ciência que ajuda a constituir a realidade, buscando respostas a seus problemas, também interfere diretamente nas formulações dessa realidade (CIVIERO, 2016, p. 109).

Para Civiero (2016), a maioria dos educadores ainda concebe a matemática apenas como um conteúdo da prática escolar, mas também pondera que ela deve ser entendida em uma concepção filosófica e sociológica, pois representa um importante aspecto do desenvolvimento humano, por meio de uma variedade de modelos integrados às rotinas da vida diária, às ciências, às tecnologias, à economia, ao comércio, à indústria e às conquistas militares em todo o mundo. Para ela:

[...] a questão central é como esse tipo de racionalidade se embrenha no processo educacional e, com seus princípios de controle e certeza, preconiza um modelo educacional voltado à reprodução passiva do conhecimento. Sob esse domínio, a sala de aula se estabelece em um cenário conformado, em que o professor tem o poder do conhecimento a ser transmitido, e aos alunos cabe a cópia fiel e a memorização de fórmulas e técnicas preestabelecidas (CIVIERO, 2016, p. 77).

Contudo, entende-se que a educação atual tem dado demasiada atenção à razão, por consequência, separando o homem que faz ciência das características humanas, como os valores

éticos, o que culmina em tendências bastante duvidosas como “o politicamente correto”, o pós-modernismo e outras tendências mundiais.

Skovsmose (2008) considera importante compreender as dinâmicas dos usos do conhecimento matemático dentro da sociedade ao argumentar que não se deve acentuar as potencialidades abertas pelo seu uso. Entende ele que não se pode delegar ao conhecimento a autoridade de decisão final sobre as soluções que devem ser dadas aos diferentes problemas. Nesse sentido, se o conhecimento matemático pode ser pensado como capaz de dar forma às experiências cotidianas e ao convívio dentro da sociedade, ao mesmo tempo pode-se levantar alguns questionamentos, como:

[...] a matemática oferece uma maneira conveniente de ver o mundo, na medida em que estruturas materiais tornam-se espelhadas por estruturas matemáticas? Ou estamos lidando com um sofisticado exemplo de projeção de estruturas matemáticas sobre o mundo, de tal modo que ele aparenta ser formado por estruturas matemáticas? Estamos confundindo propriedades matemáticas projetadas com propriedades do mundo material? (SKOVSMOSE, 2008, p. 92).

Ao pensar nesses questionamentos e nas relações entre as dimensões sociais e o conhecimento matemático nos cursos de Engenharia, nota-se que muitas vezes, elas ficam camufladas em um ensino tradicional, enraizado no positivismo lógico. Para reforçar esse posicionamento, destaca-se a epistemologia de Paul Feyerabend (2011b, p. 14) que faz um questionamento similar ao de Skovsmose, a saber:

Como a ciência pode ser removida da posição dominante que tem atualmente? Que métodos, que procedimentos farão efeito, onde está a teoria que irá orientar esses procedimentos, onde está a teoria que irá solucionar os problemas que certamente surgirão nessa nossa nova “Sociedade Livre”?

Com base no que foi destacado, compreende-se que em uma sociedade livre, as teorias que são utilizadas por especialistas para resolver problemas são apenas tradições. Para o epistemólogo, nestas sociedades surgirão ideologias unificadas, flexíveis e adaptadas a problemas específicos. Ainda, segundo o autor:

[...] é assim que os esforços de grupos especiais, que combinam flexibilidade e respeito por todas as tradições, irão gradativamente erodir o “racionalismo” estreito e egoísta daqueles que hoje usam nossos impostos para destruir as tradições dos contribuintes, para arruinar sua mente, violentar seu meio ambiente e, de um modo geral, transformar os seres humanos viventes em escravos bem treinados de sua própria e árida visão de vida (FEYERABEND, 2011b, p. 15).

A visão feyerabendiana do mundo, incluindo-se aí a razão e a ciência, é pluralista. Ela busca olhar a diversidade e a abundância de possibilidades. Para ele não há uma única racionalidade, nem uma única maneira de se produzir o conhecimento científico.

Com esse entendimento, nota-se que o ensino de matemática anda na contramão desse desafio, sendo tomado quase que totalmente por práticas tradicionais e conservadoras, uma realidade que se baseia em um modelo estático de ensino-aprendizagem que não considera as demandas sociais.

Para exemplificar, os modelos matemáticos, constantemente utilizados no ensino de engenharia e de áreas afins. É possível descrever um modelo verbalmente, geometricamente, numericamente ou algebricamente. A engenharia faz uso desses modelos e, como consequência, o engenheiro precisa modelar e interpretar os resultados, pois se entende que é a partir da leitura de resultados que ele é capaz de tomar decisões. Entretanto, no atual ensino tecnológico disseminado, é comum o modelo matemático ser apresentado pronto. Não há questionamentos relacionados aos fenômenos ou se realmente esse modelo é a melhor descrição. Alimenta-se a crença de que a matemática é uma ciência infalível, e por isso os modelos são inquestionáveis e representam perfeitamente a realidade (SKOVSMOSE, 2008).

Isso não acontece apenas no ensino superior. Estima-se que, somente no ensino básico (do fundamental ao médio), os alunos sejam expostos a aproximadamente 10 mil exercícios, na sua maioria fundamentados em comandos. Estes, dificilmente atendem aos objetivos registrados nos programas curriculares de matemática nos quais se encontram referências ao desenvolvimento da criatividade, do raciocínio lógico e da capacidade de resolver problemas. Esse modelo de ensino é caracterizado por Skovsmose (2007) como *Paradigma do Exercício*, ou seja, práticas que direcionam o aluno para o comodismo e a alienação, gerando uma crescente apatia em relação ao próprio contexto em que está inserido. Essa prática se estende ao ensino superior.

Um exemplo prático do que Skovsmose (2007) chama de Paradigma do Exercício é a metodologia do Kumon – método de treinamento da aprendizagem, criado por Toru Kumon, professor do Ensino Médio. O método baseia-se na resolução de exercícios de repetição de matemática e cálculo básico. Segundo o programa, “por meio de um processo de aprendizagem planejado e individualizado, o aluno se torna confiante e capaz de enfrentar sozinho o desafio da conquista do conhecimento.” (KUMON, 2020, não p.).

Esse modelo de ensino da matemática, pautado somente na técnico e na racionalidade, de uma forma neutra, em que o mundo das teorias se afasta mundo real, acaba por gerar e manter

uma concepção matemática distante do “fazer humano” e é essa concepção que se veicula na escola, na universidade e, de maneira geral, na sociedade. Borba e Skovsmose (2013) reforçam esta ideia ao afirmarem que o conhecimento matemático dado como pronto e incontestável predomina no ensino atual, conceito que eles chamam de “ideologia da certeza” matemática. Essa visão confere à matemática um “poder de argumentação” perante os debates existentes na sociedade.

Para Borba e Skovsmose (2013, p. 130-131), a ideologia da certeza reforça a “superioridade” da matemática, pois entendem que:

- 1) a matemática é perfeita, pura e geral, no sentido de que a verdade de uma declaração matemática não se fia em nenhuma investigação empírica. A verdade matemática não pode ser influenciada por nenhum interesse social, político ou ideológico;
- 2) a matemática é relevante e confiável, porque pode ser aplicada a todos os tipos de problemas reais. A aplicação da matemática não tem limite, já que é sempre possível matematizar um problema.

Uma das questões que mantém a “ideologia da certeza” é quando se reproduz a ideia de que a aplicação do conhecimento matemático em um problema ou na construção de um modelo é neutra e não ajuda a formatar o problema e a solução. Ainda, Borba e Skovsmose (2013) afirmam que essa certeza é transferida para o aluno por intermédio de problemas e aplicações nos quais se admite uma única solução, resolvida, na maioria das vezes, por um único método. O poder de buscar outras formas de solução ou, então, de questionar se aquela resposta está adequada para aquele tipo de problema, na maioria das vezes, não é desenvolvido nos estudantes (BORBA; SKOVSMOSE, 2013).

Outro exemplo comum de modelagem matemática é o estudo de fenômenos físicos. Inicia-se quantificando o fenômeno de modo que resulta em uma fórmula matemática. Após a construção do modelo, não se questiona se esse é o mais apropriado ou se há outros possíveis. Muitas vezes os professores reforçam essa concepção ao proporem práticas pedagógicas em que o conhecimento matemático é tido como algo inquestionável.

Para Borba e Skovsmose (2013), os professores são parte de uma cadeia que contribui para a difusão da “ideologia da certeza”, pois muitos são formados por matemáticos que não estão, em geral, interessados em questões educacionais pedagógicas ou filosóficas sobre a incerteza em matemática. É mais cômodo ensinar a matemática de uma maneira exata e irrefutável.

Para Feyerabend (2011a, p. 40), esse apelo racionalista tem uma razão, a saber:

Assim como um bem treinado animal de estimação obedecerá a seu dono, por maior que seja o estado de confusão em que se encontre e por maior que seja a necessidade de adotar novos padrões de comportamento, da mesma maneira um racionalista bem treinado irá obedecer à imagem mental de seu mestre, manter-se-á fiel aos padrões de argumentação que aprendeu, apegar-se-á a esses padrões, por maior que seja o estado de confusão em que se encontre, e será inteiramente incapaz de compreender que aquilo que considera ser a “voz da razão” não passa de um efeito casual subsequente do treinamento que recebeu.

Diante do exposto, entende-se que o treinamento e a confiança nos números podem moldar a realidade por meio de uma construção matemática que também propicia “isentar” de responsabilidade a pessoa que toma decisões baseadas nesse modelo. Isso é visível na crescente ligação da matemática com a realidade ocasionado pelo desenvolvimento tecnológico e, inclusive, essa visão pode estar enraizada nas escolas de Engenharia, pois a utilizam como base para a estruturação de conhecimentos específicos.

#### 4.1 A ENGENHARIA E AS DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS: CONTRAPONTO PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA

Em face das mudanças na sociedade com a quarta revolução industrial e as exigências do mundo quanto ao uso de tecnologias e a busca incessante pelo desenvolvimento, não restam dúvidas do papel fundamental da educação nesse processo. Recursos humanos qualificados, flexíveis e inovadores são cada vez mais indispensáveis na corrida pelo chamado progresso. Diante disso, compete aos futuros engenheiros um papel especial, pois, além de um perfil profissional – atrelado às capacidades de coordenar informações, de dominar os recursos tecnológicos, de interagir individualmente e em grupos –, cabe a eles desenvolverem soluções para problemas ao visar um planeta sustentável e uma sociedade igualmente desenvolvida.

Esse cenário de inovação, como determinante da dinâmica da economia e da sociedade, transformou o mundo do trabalho, ao fixar novas exigências de formação e de experiência. Ao iniciar essa tese, no ano de 2016, os cursos de graduação em Engenharia ainda eram regidos pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) estabelecidas pela Resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002. No entanto, após um amplo debate sobre a formação dos engenheiros e quase 18 anos após a edição das diretrizes de 2001/2002, aprovou-se uma nova versão em 2019. A atual Resolução (CNE/CES nº 2/2019), baseada no Parecer CNE/CES nº 1/2019, aborda os parâmetros formativos na linguagem e no âmbito conceitual próprios de diretrizes curriculares ao tratar da formação e do desenvolvimento desses profissionais.

Assim, verifica-se um crescente movimento em torno da Educação em Engenharia que procura modernizar os cursos de graduação, para torná-los mais adequados às necessidades atuais de formação profissional em atendimento às demandas da sociedade. Segundo Oliveira (2019, p. 30):

Quanto à estruturação atual do curso de Engenharia, verifica-se que ainda predomina o mesmo modelo das antigas escolas. Os projetos pedagógicos dos cursos têm seus currículos organizados, na maioria dos casos, considerando-se a divisão entre básico e profissionalizante, e com disciplinas organizadas a partir de conteúdos isolados, como ocorria na França do final do século XVIII. Esse formato dificulta a integração e contextualização do conhecimento inerente à formação em Engenharia. O estudante tem dificuldades para ver a relação prática que existe as disciplinas no desenvolvimento de um projeto ou execução de determinado empreendimento.

Para o autor, as novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) reconhecem a formação do engenheiro para inovar, empreender e exercer atividades formativas nas áreas de tecnologia e engenharia. Com o uso da flexibilização de projetos pedagógicos, e com a mudança da concepção de *currículo por conteúdos* para *currículo por competências* e mais a adoção de metodologias ativas de aprendizagem, as novas diretrizes pretendem colocar o estudante como agente ativo no processo de aprendizagem. Com isso, pretendem introduzir um movimento de modernização dos currículos de Engenharia, de modo a formar engenheiros “agentes da transformação” (OLIVEIRA, 2019).

Diante do exposto, nesse capítulo, será realizada a análise de alguns pontos da nova resolução (CNE/CES nº 2/2019) ao fazer um contraponto com a resolução anterior (CNE/CES nº 11/2002) e ao considerar que a maioria dos cursos ainda são amparados por ela; também por saber que os cursos em andamento têm até três anos para fazerem os ajustes necessários. Embora as DCNs anteriores compartilhem princípios que norteiam o documento atual, alguns pontos precisam ser realçados. Os pontos de interesse dessa pesquisa pertinentes as DCNs são: perfil do egresso, competências, conteúdos, atividades do curso e docentes.

Inicialmente, quanto ao perfil do egresso, verifica-se que na atual resolução foram acrescentados alguns aspectos. Entre eles, destaca-se o que o parecer chama de visão holística e humanística, conforme os grifos no Quadro 1.

Quadro 1 – Perfil do egresso

Resolução CNE/CES nº 2/2019	Resolução CNE/CES nº 11/2002
Art. 3º O perfil do egresso do curso de graduação em Engenharia deve compreender, entre outras, as seguintes características:	Art. 3º O Curso de Graduação em Engenharia tem como perfil do formando egresso/profissional o engenheiro, com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e

Resolução CNE/CES nº 2/2019	Resolução CNE/CES nº 11/2002
<p><b>I – ter visão holística e humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica;</b></p> <p>II – estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora;</p> <p>III – ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, <b>formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia;</b></p> <p>IV – adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática;</p> <p><b>V – considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho;</b></p> <p><b>VI – atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável.</b></p>	<p>criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade.</p>

Fonte: Brasil (2002, 2019, grifo próprio).

Ao analisar o perfil do egresso preconizado pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia (DCNs), percebe-se uma preocupação com uma formação de escopo um tanto mais “alargado”. Estimula-se a formação de um profissional que, além da “forte formação técnica”, seja também humano, crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético, conforme o inciso I do artigo 3º. Logo, exige-se uma formação que se comprometa com valores fundamentais. Sobre isso, Santos e Mortimer (2009, p. 192-193) afirmam que:

[...] uma educação científica e tecnológica humanística buscaria incorporar ao currículo discussões de valores e reflexões críticas que possibilitassem desvelar a condição humana. Não se trata de fazer uma educação contra ou a favor do uso da tecnologia, mas de uma educação em que os alunos possam refletir sobre a sua condição no mundo frente aos desafios postos pela ciência e tecnologia.

Ainda, ao fazer relação com a citação, o perfil do egresso preconizado pelas novas DCNs é a aptidão para “ [...] pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora” (BRASIL, 2019, p. 1) decorrente da necessidade atual do mundo tecnológico, vai além da resolução de problemas. Na atualidade, o paradigma é projetar soluções “multidisciplinares e transdisciplinares”, visto que os problemas estão cada vez mais complexos.

Cabe salientar também a natureza desses problemas, posto que os incisos IV e V do artigo 3º salientam que os futuros engenheiros devem “[...] considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho e atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2019, p. 1-2).

Ao se considerar isso, constata-se a importância de discutir – para além das técnicas – as questões sociocientíficas, em especial, as variáveis sociais e humanas, com o objetivo de conduzir o estudante de engenharia a uma visão mais ampla na identificação e na resolução dos problemas técnicos. Entretanto, a questão é: o que está implícito à educação e ao desenvolvimento tecnológico nas prioridades humanas?

Segundo Bazzo (2019), ainda existem equívocos quanto às prioridades estabelecidas para educação, e isso se deve ao fato de o crivo ser o meramente econômico. Para o autor,

A principal iniciativa dos setores dominantes na educação é uma colisão de grupos econômicos que, organizados pelo setor financeiro, pelo agronegócio, exploração mineral e/ou meios de comunicação defendem um projeto de educação de classe, obviamente interpretando os anseios desses setores para o conjunto da sociedade (BAZZO, 2019, p. 196).

O atual sistema educacional ainda segue inerte quanto ao que está implícito na obrigação de suprir o sistema de mão de obra qualificada ao “[...] atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2019, p. 2). Aparentemente, estão preocupados com isso, e de fato, estão absorvidos por essas questões, mas para atender seus propósitos.

Isso se reflete no “Capítulo III – Da organização do curso de graduação em Engenharia nas novas DCNs”, em que o texto explicitou a necessidade de uma maior aproximação dos cursos de Engenharia com o mundo empresarial, ao estabelecer:

Art 6º [...]

§ 2º Deve-se estimular as atividades que articulem simultaneamente a teoria, a prática e o contexto de aplicação, necessárias para o desenvolvimento das competências, estabelecidas no perfil do egresso, incluindo as ações de extensão e a integração empresa-escola (BRASIL, 2019, p. 3).

Nesse contexto, o que apresenta maior diferença entre as duas resoluções está no fato da mudança da concepção de currículo por conteúdos para currículo por competências. As novas DCN’s dão ênfase às competências (Quadro 2) que os estudantes de Engenharia devem desenvolver, considerando a sua atuação na sociedade, em especial, com as empresas.

Quadro 2 – Competências

Resolução CNE/CES nº 2/2019	Resolução CNE/CES nº 11/2002
Art. 4º O curso de graduação em Engenharia deve proporcionar aos seus egressos, ao longo da formação, as seguintes competências gerais:	Art. 4º A formação do engenheiro tem por objetivo dotar o profissional dos conhecimentos requeridos para o exercício das seguintes competências e habilidades gerais:

Resolução CNE/CES nº 2/2019	Resolução CNE/CES nº 11/2002
<p>I - formular e conceber soluções desejáveis de engenharia, analisando e compreendendo os usuários dessas soluções e seu contexto:</p> <p>a) <b>ser capaz de utilizar técnicas</b> adequadas de observação, compreensão, registro e análise das necessidades dos usuários e de seus contextos sociais, culturais, legais, ambientais e econômicos;</p> <p>b) formular, de maneira ampla e sistêmica, questões de engenharia, considerando o usuário e seu contexto, concebendo soluções criativas, <b>bem como o uso de técnicas adequadas;</b></p> <p>II - analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação:</p> <p>a) <b>ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras.</b></p> <p>b) <b>prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos;</b></p> <p>c) <b>conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento dos fenômenos e sistemas em estudo.</b></p> <p>d) <b>verificar e validar os modelos por meio de técnicas adequadas;</b></p> <p>III - <b>conceber, projetar e analisar sistemas</b>, produtos (bens e serviços), componentes ou processos:</p> <p>a) ser capaz de conceber e projetar soluções criativas, desejáveis e viáveis, técnica e economicamente, nos contextos em que serão aplicadas;</p> <p>b) <b>projetar e determinar os parâmetros construtivos e operacionais para as soluções de Engenharia;</b></p> <p>c) aplicar conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de Engenharia;</p> <p>IV - implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia:</p> <p>a) ser capaz de aplicar os conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar a implantação das soluções de Engenharia.</p> <p>b) estar apto a gerir, tanto a força de trabalho quanto os recursos físicos, no que diz respeito aos materiais e à informação;</p> <p>c) desenvolver sensibilidade global nas organizações;</p> <p>d) projetar e desenvolver novas estruturas empreendedoras e soluções inovadoras para os problemas;</p> <p>e) realizar a avaliação crítico-reflexiva dos impactos das soluções de Engenharia nos contextos social, legal, econômico e ambiental;</p> <p>V - comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica:</p> <p>a) ser capaz de expressar-se adequadamente, seja na língua pátria ou em idioma diferente do Português, inclusive por meio do uso consistente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs),</p>	<p>I - aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;</p> <p>II - projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;</p> <p>III - conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;</p> <p>IV - planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;</p> <p>V - identificar, formular e resolver problemas de engenharia;</p> <p>VI - desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;</p> <p>VI - supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;</p> <p>VII - avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;</p> <p>VIII - comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;</p> <p>IX - atuar em equipes multidisciplinares;</p> <p>X - compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;</p> <p>XI - avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;</p> <p>XII - avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;</p> <p>XIII - assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.</p>

Resolução CNE/CES nº 2/2019	Resolução CNE/CES nº 11/2002
<p>mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis;</p> <p>VI - trabalhar e liderar equipes multidisciplinares:</p> <p>a) ser capaz de interagir com as diferentes culturas, mediante o trabalho em equipes presenciais ou a distância, de modo que facilite a construção coletiva;</p> <p>b) atuar, de forma colaborativa, ética e profissional em equipes multidisciplinares, tanto localmente quanto em rede;</p> <p>c) gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos;</p> <p>d) reconhecer e conviver com as diferenças socioculturais nos mais diversos níveis em todos os contextos em que atua (globais/locais);</p> <p>e) preparar-se para liderar empreendimentos em todos os seus aspectos de produção, de finanças, de pessoal e de mercado;</p> <p><b>VII - conhecer e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão:</b></p> <p>a) ser capaz de compreender a legislação, a ética e a responsabilidade profissional e avaliar os impactos das atividades de Engenharia na sociedade e no meio ambiente.</p> <p>b) atuar sempre respeitando a legislação, e com ética em todas as atividades, zelando para que isto ocorra também no contexto em que estiver atuando; e</p> <p><b>VIII - aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação:</b></p> <p>a) ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias.</p> <p>b) aprender a aprender.</p> <p>Parágrafo único. Além das competências gerais, devem ser agregadas as competências específicas de acordo com a habilitação ou com a ênfase do curso.</p>	

Fonte: BRASIL (2002, 2019, grifo próprio).

No Quadro 2, ao comparar os artigos, veja que, anteriormente as competências e habilidades seriam desenvolvidas a partir dos conteúdos. Isso determina uma mudança na formação do engenheiro ao indicar que os cursos devem ser formulados, não mais em função dos conteúdos, mas com o foco no desenvolvimento de competências para o mundo do trabalho (OLIVEIRA, 2019).

Ao relacionar as competências com as disciplinas do ciclo básico, destaca-se que as disciplinas matemáticas, mesmo com as constantes mudanças sociais, nessa nova resolução, mantêm o foco na formação totalmente técnica. Nos primeiros itens já se destacam a expressões

“ser capaz de utilizar técnicas adequadas” e “bem como uso de técnicas adequadas” (BRASIL, 2019, p. 2). Soma-se a isso, o item II do mesmo artigo que se refere aos modelos matemáticos. Este item fala que as competências, que se referem ao uso desses modelos, devem:

Art. 4º [...]

a) ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras; b) prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos; c) conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento dos fenômenos e sistemas em estudo; d) verificar e validar os modelos por meio de **técnicas adequadas**; (BRASIL, 2019, p. 2, grifo próprio).

O modo como as novas DCNs estimulam a formação de competências de um profissional capaz de liderar o desenvolvimento da pesquisa tecnológica, com uma atuação fortemente técnica ao fazerem uso de modelos matemáticos, está na contramão do que se acredita e defende nessa tese. Uma formação condicionada às competências meramente técnicas incentiva uma visão simplista de uma disciplina pura, técnica e infalível. Novamente, reforça-se que não se exclui o esforço em aprimorar a utilização das técnicas, mas que é necessário ampliar a abordagem e a compreensão das disciplinas para considerar diversos aspectos.

Skovsmose considera a visão da matemática puramente técnica como problemática. Ele questiona “como é possível trazer competências matemáticas para uma disciplina técnica sem que se crie essa impressão de que técnicas matemáticas fomentam uma crença na neutralidade e objetividade?” (SKOVSMOSE, 2014, p. 114). E ainda afirma que a racionalidade matemática deve ser questionada ao refletir sobre o papel dos modelos matemáticos.

Inclusive, Skovsmose (2009) questiona o papel racional do uso desses modelos ao definir a “Matemática em Ação”<sup>4</sup>. Esse conceito está relacionado ao fato desses modelos serem parte integrante do planejamento tecnológico. É por isso que está presente em praticamente todos os cursos de Engenharia, por isto, tem um papel fundamental que não pode ser ignorado. Segundo Skovsmose (2009, p. 35):

A Matemática faz parte da “certeza” que transforma a sociedade industrial numa sociedade de risco. Desta maneira, entendo que a Matemática em Ação faz parte dos processos sociotecnológicos que, ao produzirem efeitos e efeitos colaterais, transformam a sociedade e caracterizam a modernização reflexiva. Em outras

---

<sup>4</sup> Skovsmose se inspirou no título do livro de Latour, *Science in Action*, para criar a expressão “Matemática em ação”. Segundo ele, nesse livro o autor observa cientistas e engenheiros através da sociedade, enquanto ele observa a Matemática na sociedade. Em outros contextos, Skovsmose desenvolve essa ideia em termos de *poder formatador* (*formatting power*) da Matemática.

palavras, acho que a modernização reflexiva somente pode ser apreendida se nos tornarmos conscientes das formas que a Matemática em Ação pode assumir.

Essa modernização reflexiva que o autor sugere refere-se a uma mudança não planejada da sociedade industrial que se harmoniza com as ordens econômicas e políticas vigentes, já mencionado por Bazzo (2019). Não há como negar o envolvimento da engenharia na evolução constante da tecnologia, pois “a tecnologia recorre a conhecimentos, técnicas, artefatos, estruturas organizacionais, recursos econômicos e prioridades – todos interligados em sistemas de fabricação e *design*” (SKOVSMOSE, 2009, p. 33). O referido autor, em seus livros, faz uso de exemplos de como a matemática é um elemento atuante no planejamento tecnológico e como pode afetar processos de decisão, por consequência, como ela se torna parte da própria tecnologia.

Um modelo da Matemática em Ação, citado por Skovsmose (2009), se chama *Annual Danish Aggregated Model (ADAM)*. Este modelo mostra como a matemática está envolvida no gerenciamento econômico em larga escala. Utilizado pelo governo dinamarquês e também por instituições, ele tem como objetivo promover “o raciocínio experimental” na economia política, isto é, provê uma base para tomada de decisões políticas. A aplicação mais importante do ADAM é sua capacidade de simular diferentes cenários e, dessa maneira, torna-se possível observar as implicações de uma ação política sem ter que realizá-la. A qualidade desses cenários depende da precisão das estimativas das variáveis dos modelos, os quais são totalmente dependentes de equações matemáticas. Logo, o referido modelo fornece um bom exemplo de plano de ação com base na matemática. O mais intrigante é que o ADAM não está apenas fornecendo um recorte da realidade socioeconômica, mas também impõem certos supostos teóricos sobre essa realidade.

Por ser um recurso indutor de ações, o modelo torna-se parte da realidade econômica e chega a dominar esta realidade numa extensão tal que as conexões por ele assumidas estabelecem conexões na vida real. [...] Os seres humanos tornam-se parte de uma realidade estruturada por princípios econômicos formulados em termos matemáticos (SKOVSMOSE, 2009, p. 41).

Note que a matemática está em funcionamento, embora as pessoas não se deem conta ou não operem visivelmente com ela; porém, inconscientemente estão sendo afetadas, estando conscientes ou não. Caso queira-se interpretar os fatos, tal como o exemplo citado, é preciso entender como a matemática opera nos bastidores. Dessa forma, mostrar como a matemática pode ter um direcionamento diferente, ou no mínimo entenderem as outras visões disponíveis

dela ou por meio dela, em especial nos cursos de Engenharia, em que o foco é o desenvolvimento tecnológico e o uso de modelos matemáticos se fazem constantes.

A respeito dos conteúdos que a disciplina de Matemática aborda na Engenharia, as novas DCNs, no artigo 9º, listam os conteúdos básicos recomendados (Quadro 3) ao sugerir uma flexibilização para a Instituição de Ensino Superior (IES) quando propõe a elaboração do Projeto Pedagógico do seu curso de Engenharia (PPC). Anteriormente, a resolução dividia estes conteúdos em três núcleos: um núcleo de conteúdos básicos, um núcleo de conteúdos profissionalizantes e um núcleo de conteúdos específicos, listando as disciplinas matemáticas entre os básicos.

Quadro 3 – Conteúdos

Resolução CNE/CES nº 2/2019	Resolução CNE/CES nº 11/2002
<p>Art. 9º Todo curso de graduação em Engenharia deve conter, em seu Projeto Pedagógico de Curso, <b>os conteúdos básicos, profissionais e específicos, que estejam diretamente relacionados com as competências que se propõe a desenvolver</b>. A forma de se trabalhar esses conteúdos deve ser proposta e justificada no próprio Projeto Pedagógico do Curso.</p> <p>§ 1º <b>Todas as habilitações do curso de Engenharia devem contemplar os seguintes conteúdos básicos</b>, dentre outros: Administração e Economia; Algoritmos e Programação; Ciência dos Materiais; Ciências do Ambiente; Eletricidade; Estatística. Expressão Gráfica; Fenômenos de Transporte; Física; Informática; <b>Matemática</b>; Mecânica dos Sólidos; Metodologia Científica e Tecnológica; e Química.</p> <p>§ 2º Além desses <b>conteúdos básicos</b>, cada curso deve explicitar no Projeto Pedagógico do Curso <b>os conteúdos específicos e profissionais, assim como os objetos de conhecimento e as atividades necessárias para o desenvolvimento das competências estabelecidas</b>.</p> <p>§ 3º Devem ser previstas as atividades práticas e de laboratório, tanto para os conteúdos básicos como para os específicos e profissionais, com enfoque e intensidade compatíveis com a habilitação da engenharia, sendo indispensáveis essas atividades nos casos de Física, Química e Informática.</p> <p>Art. 10. As atividades complementares, sejam elas realizadas dentro ou fora do ambiente escolar, devem contribuir efetivamente para o <b>desenvolvimento das competências previstas para o egresso</b>.</p>	<p>Art. 6º Todo o curso de Engenharia, independente de sua modalidade, deve possuir em seu currículo um núcleo de conteúdos básicos, um núcleo de conteúdos profissionalizantes e um núcleo de conteúdos específicos que caracterizem a modalidade.</p> <p>§ 1º O núcleo de conteúdos básicos, cerca de 30% da carga horária mínima, versará sobre os tópicos que seguem:</p> <p>I - Metodologia Científica e Tecnológica; II - Comunicação e Expressão; III - Informática; IV - Expressão Gráfica; V - Matemática; VI - Física; VII - Fenômenos de Transporte; VIII - Mecânica dos Sólidos; IX - Eletricidade Aplicada; X - Química; XI - Ciência e Tecnologia dos Materiais; XII - Administração; XIII - Economia; XIV - Ciências do Ambiente; XV - Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania.</p> <p>§ 2º Nos conteúdos de Física, Química e Informática, é obrigatória a existência de atividades de laboratório. Nos demais conteúdos básicos, deverão ser previstas atividades práticas e de laboratórios, com enfoques e intensividade compatíveis com a modalidade pleiteada.</p> <p>§ 3º O núcleo de conteúdos profissionalizantes, cerca de 15% de carga horária mínima, versará sobre um subconjunto coerente dos tópicos abaixo discriminados, a ser definido pela IES:</p> <p>I - Algoritmos e Estruturas de Dados; II - Bioquímica; III - Ciência dos Materiais; IV - Circuitos Elétricos; V - Circuitos Lógicos; VI - Compiladores; VII - Construção Civil; VIII - Controle de Sistemas Dinâmicos; IX - Conversão de Energia; X - Eletromagnetismo; XI - Eletrônica Analógica e Digital; XII - Engenharia do Produto; XIII - Ergonomia e Segurança do Trabalho; XIV - Estratégia e Organização; XV - Físico-química; XVI - Geoprocessamento; XVII - Geotecnia; XVIII -</p>

Resolução CNE/CES nº 2/2019	Resolução CNE/CES nº 11/2002
	<p>Gerência de Produção; XIX - Gestão Ambiental; XX - Gestão Econômica; XXI - Gestão de Tecnologia; XXII - Hidráulica, Hidrologia Aplicada e Saneamento Básico; XXIII - Instrumentação; XXIV - Máquinas de fluxo; XXV - Matemática discreta; XXVI - Materiais de Construção Civil; XXVII - Materiais de Construção Mecânica; XXVIII - Materiais Elétricos; XXIX - Mecânica Aplicada; XXX - Métodos Numéricos; XXXI - Microbiologia; XXXII - Mineralogia e Tratamento de Minérios; XXXIII - Modelagem, Análise e Simulação de Sistemas; XXXIV - Operações Unitárias; XXXV - Organização de computadores; XXXVI - Paradigmas de Programação; XXXVII - Pesquisa Operacional; XXXVIII - Processos de Fabricação; XXXIX - Processos Químicos e Bioquímicos; XL - Qualidade; XLI - Química Analítica; XLII - Química Orgânica; XLIII - Reatores Químicos e Bioquímicos; XLIV - Sistemas Estruturais e Teoria das Estruturas; XLV - Sistemas de Informação; XLVI - Sistemas Mecânicos; XLVII - Sistemas operacionais; XLVIII - Sistemas Térmicos; XLIX - Tecnologia Mecânica; L - Telecomunicações; LI - Termodinâmica Aplicada; LII - Topografia e Geodésia; LIII - Transporte e Logística.</p> <p>§ 4º O núcleo de conteúdos específicos se constitui em extensões e aprofundamentos dos conteúdos do núcleo de conteúdos profissionalizantes, bem como de outros conteúdos destinados a caracterizar modalidades. Estes conteúdos, consubstanciando o restante da carga horária total, serão propostos exclusivamente pela IES. Constituem-se em conhecimentos científicos, tecnológicos e instrumentais necessários para a definição das modalidades de engenharia e devem garantir o desenvolvimento das competências e habilidades estabelecidas nestas diretrizes.</p>

Fonte: Brasil (2002, 2019, grifo próprio).

Todos os cursos de Engenharia continuam contemplando em seu conteúdo básico as disciplinas de Matemática. Contudo, conforme o artigo 9º, os conteúdos devem estar diretamente relacionados com as competências que se propõe a desenvolver. Questiona-se: são somente nas competências básicas e técnicas que a matemática se insere? Não se pode pautar o conhecimento matemático apenas pelo seu desenvolvimento técnico, encarando este como estático e adaptável a qualquer modelo, conforme já salientado por Skovsmose (2009), pois a matemática tem um poder formatador da realidade que vai além disso. Defende-se uma matemática que procure instigar uma formação, no mínimo, mais reflexiva, questionadora e crítica, como preconizava a Resolução de 2002 e como objetiva a atual; tendo em vista que a maneira como o processo educacional é organizado reflete a formação dos egressos, bem como sua atuação profissional.

Para Bazzo, Pereira e Linsingen (2016, p. 39), os cursos de Engenharia assim apresentados, com os conteúdos básicos e os específicos ou profissionalizantes, abre um abismo entre as “[...] disciplinas que compõem o todo e torna o processo cognitivo complexo e desestruturado”. Além disso, os conteúdos são colocados para os estudantes como se tivessem “fim em si mesmo”, o que privilegia a visão informativa e não formativa. Os autores afirmam que a falta de integração entre as disciplinas e a falta de lógica ao tratar as questões educacionais retiram a continuidade do processo de formação e, para eles, isso acentua ainda mais a desvinculação de qualquer análise social e propaga o mito da neutralidade científica que corrobora a imagem de um indivíduo técnico e racional.

Já em 2001, Cury, em suas pesquisas, enfatizava a necessidade de uma revisão do currículo de engenharia para que sejam desenvolvidas as competências e as habilidades de uma maneira crítica e associadas a um contexto interdisciplinar.

Ao abordar esses conteúdos, no entanto, não basta discorrer sobre eles, apresentando-os dissociados do contexto. É importante questionar (e estimular o questionamento por parte dos alunos) as relações do assunto com a realidade, a sua aplicabilidade, as consequências dessas aplicações e das simplificações que são feitas para “recortar” o real e submetê-lo aos modelos da disciplina em questão (CURY, 2001, p. 3).

Ressalta ainda a autora que se os engenheiros devem saber aplicar os conhecimentos matemáticos à engenharia, conforme recomendado na resolução atual, todas os conteúdos – sejam básicos, profissionais ou específicos – devem estar “[...] diretamente relacionados com as competências que se propõe a desenvolver” (BRASIL, 2019, p. 5). Desse modo, considera-se que os conteúdos matemáticos devem ser integrados por meio de modelos multidisciplinares aos específicos e não compartimentados, como em “caixinhas”. Ademais, o desenvolvimento de competências através de conteúdos matemáticos deve ser proposto para além da racionalidade técnica. Os estudantes precisam entender como esses modelos são estrategicamente usados na sociedade.

Cabe salientar, dentro desse processo comparativo das DCNs, as atividades do curso (Quadro 4) e como elas estão relacionadas com o papel do professor. Pela primeira vez, o corpo docente é considerado nas diretrizes.

Quadro 4 – Atividades do curso

Resolução CNE/CES nº 2/2019	Resolução CNE/CES nº 11/2002
Art. 6º O curso de graduação em Engenharia deve possuir Projeto Pedagógico do Curso (PPC) que contemple o conjunto das atividades de aprendizagem	Art. 5º Cada curso de Engenharia deve possuir um projeto pedagógico que demonstre claramente como o conjunto das atividades previstas garantirá o perfil desejado de seu egresso e o desenvolvimento das

Resolução CNE/CES nº 2/2019	Resolução CNE/CES nº 11/2002
<p>e assegure o desenvolvimento das competências, estabelecidas no perfil do egresso. [...]</p> <p>§ 1º É obrigatória a existência das atividades de laboratório, tanto as necessárias para o desenvolvimento das competências gerais quanto das específicas, com o enfoque e a intensidade compatíveis com a habilitação ou com a ênfase do curso.</p> <p>§ 2º <b>Deve-se estimular as atividades que articulem simultaneamente a teoria, a prática e o contexto de aplicação, necessárias para o desenvolvimento das competências,</b> estabelecidas no perfil do egresso, incluindo as ações de extensão e a integração empresa-escola.</p> <p>§ 3º <b>Devem ser incentivados os trabalhos dos discentes, tanto individuais quanto em grupo, sob a efetiva orientação docente.</b></p> <p>§ 4º <b>Devem ser implementadas, desde o início do curso, as atividades que promovam a integração e a interdisciplinaridade, de modo coerente com o eixo de desenvolvimento curricular, para integrar as dimensões técnicas, científicas, econômicas, sociais, ambientais e éticas.</b></p> <p>§ 5º Os planos de atividades dos diversos componentes curriculares do curso, especialmente em seus objetivos, devem contribuir para a adequada formação do graduando em face do perfil estabelecido do egresso, relacionando-os às competências definidas.</p> <p>§ 6º <b>Deve ser estimulado o uso de metodologias para aprendizagem ativa, como forma de promover uma educação mais centrada no aluno.</b></p> <p>§ 7º Devem ser implementadas as atividades acadêmicas de síntese dos conteúdos, de integração dos conhecimentos e de articulação de competências.</p> <p>§ 8º Devem ser estimuladas as atividades acadêmicas, tais como trabalhos de iniciação científica, competições acadêmicas, projetos interdisciplinares e transdisciplinares, projetos de extensão, atividades de voluntariado, visitas técnicas, trabalhos em equipe, desenvolvimento de protótipos, monitorias, participação em empresas juniores, incubadoras e outras atividades empreendedoras.</p> <p>§ 9º É recomendável que as atividades sejam organizadas de modo que aproxime os estudantes do ambiente profissional, criando formas de interação entre a instituição e o campo de atuação dos egressos.</p> <p>§ 10 Recomenda-se a promoção frequente de fóruns com a participação de profissionais, empresas e outras organizações públicas e privadas, a fim de que contribuam nos debates sobre as demandas sociais, humanas e tecnológicas para acompanhar a evolução constante da Engenharia, para melhor definição e atualização do perfil do egresso.</p> <p>§ 11 Devem ser definidas as ações de acompanhamento dos egressos, visando à retroalimentação do curso.</p>	<p>competências e habilidades esperadas. Ênfase deve ser dada necessidade de se reduzir o tempo em sala de aula, favorecendo o trabalho individual e em grupo dos estudantes.</p> <p>§ 1º Deverão existir os trabalhos de síntese e integração dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, sendo que, pelo menos, um deles deverá se constituir em atividade obrigatória como requisito para a graduação.</p> <p>§ 2º Deverão também ser estimuladas atividades complementares, tais como trabalhos de iniciação científica, projetos multidisciplinares, visitas teóricas, trabalhos em equipe, desenvolvimento de protótipos, monitorias, participação em empresas juniores e outras atividades empreendedoras.</p>

Resolução CNE/CES nº 2/2019	Resolução CNE/CES nº 11/2002
§ 12 Devem ser definidas as ações de ensino, pesquisa e extensão, e como contribuem para a formação do perfil do egresso.	

Fonte: Brasil (2002, 2019, grifo próprio).

No artigo 6º, as novas DCNs fazem referência às atividades que devem permear o curso, ampliando as que estavam previstas na resolução anterior. Destaca-se dentre essas, desde o início do curso, a implementação de atividades de integração e de interdisciplinaridade (BRASIL, 2019). Coloca-se em foco aqui o poder interdisciplinar da matemática que é pouco utilizado nos cursos de Engenharia, por simplesmente o usarem como ferramenta ou linguagem, também pelo uso de metodologias tradicionais e aulas totalmente expositivas, sem a exploração de todo seu potencial.

Aliado a isso, destaca-se o estímulo às “[...] as atividades que articulem simultaneamente a teoria, a prática e o contexto de aplicação” e ainda, o “[...] uso de metodologias ativas para aprendizagem, como forma de promover uma educação mais centrada no aluno” (BRASIL, 2019, p. 5). O contexto atual é altamente tecnológico com uma gama de serviços na palma da mão, por meio do aparelho celular. Logo, as inovações tecnológicas e as demandas econômicas mudaram e requerem uma reformulação da formação profissional e, por conseguinte, dos sistemas educacionais. Algumas inquietações permeiam a universidade, dentre elas é compreender como combinar conhecimentos e habilidades a serem desenvolvidos pelos estudantes com as tecnologias disponíveis e como apresentar os saberes determinantes para a formação destes sendo que há conhecimento disponível em todo lugar.

Essas inquietações constituem questionamentos pertinentes e novos ambientes de aprendizagem surgem nesse cenário. Esses novos ambientes, chamados de ambientes ativos, se caracterizam por um estudante autônomo, tendo o professor como orientador. Ao aprofundar esse quesito, não se pode ignorar o papel do professor e a necessidade de uma formação continuada de qualidade, algo também previsto nas diretrizes atuais.

O artigo 14º da resolução atual estabelece que:

Art. 14. O corpo docente do curso de graduação em Engenharia deve estar alinhado com o previsto no Projeto Pedagógico do Curso, respeitada a legislação em vigor.  
 § 1º O curso de graduação em Engenharia deve **manter permanente Programa de Formação e Desenvolvimento do seu corpo docente**, com vistas à valorização da atividade de ensino, ao maior envolvimento dos professores com o Projeto Pedagógico do Curso e ao seu aprimoramento em relação à proposta formativa, contida no Projeto Pedagógico, **por meio do domínio conceitual e pedagógico, que englobe estratégias de ensino ativas, pautadas em práticas interdisciplinares, de**

**modo que assumam maior compromisso com o desenvolvimento das competências desejadas nos egressos.** § 2º A instituição deve definir indicadores de avaliação e valorização do trabalho docente nas atividades desenvolvidas no curso. (BRASIL, 2019, p. 6, grifo próprio).

Nesse cenário, é preciso considerar o atual contexto, sobre como os estudantes estão “entrando” na universidade, sobre os fundamentos de aprendizagem e principalmente sobre a autonomia destes estudantes em relação aos métodos e técnicas que são difundidos.

Há também que se repensar a postura por parte dos docentes que atuam nesses cursos. Para isso, as diretrizes atuais propõem “[...] manter permanente Programa de Formação e Desenvolvimento do seu corpo docente, com vistas à valorização da atividade de ensino” (BRASIL, 2019, p. 6). Para entender melhor esse contexto, a seguir analisa-se dois aspectos relevantes: a identidade docente do professor de matemática na Engenharia e o que está sendo desenvolvido nas pesquisas sobre educação matemática nesses cursos e, principalmente, se há nesse contexto uma preocupação para além da racionalidade técnica.

#### 4.2 IDENTIDADE DO PROFESSOR DE MATEMÁTICA NA ENGENHARIA

A complexidade e a diversificação de solicitações que hoje se colocam na sociedade têm avivado os questionamentos quanto a importância que a universidade tem no desenvolvimento humano, bem como sua adequação ao sistema e aos desafios contemporâneos. Ao pensar na formação dos engenheiros, isso é ainda mais desafiador, visto que esses profissionais têm sua carreira pautada em um mercado de trabalho que está em constante transformação, o que lhes cobra atualização contínua, altas exigências de formação técnica e um intercâmbio de experiências.

Nesse contexto, cabe aos professores um papel especial, posto que “[...] continuam a ser vistos como agentes efetivos de mudança, deles dependendo, em grande parte, tanto as transformações que urge imprimir na escola e no ensino, quanto ao sucesso educativo dos estudantes e a sua realização como pessoa” (MORGADO, 2011, p. 795). Entretanto, o profissional docente atravessa uma fase difícil. Com a evolução da tecnologia e a desvalorização profissional, estão sendo cada vez mais substituídos pela máquina. Para Monteiro (2009, p. 4), “a profissão docente está em declínio, tanto por se ter tornado uma profissão mais complexa e exigente, como por ser exercida em condições que não ajudam”.

Excesso de trabalho, jornada tripla, salário baixo, pressão do sistema educacional, formação inicial deficiente, formação continuada ineficiente, indisciplina em sala de aula,

demanda de pais de alunos, bombardeio de informações, desgaste físico e, em particular, a falta de reconhecimento de sua atividade, essas seriam algumas causas do estresse, da ansiedade e da depressão que vêm acometendo os professores e, em muitos casos, causando o abandono da profissão.

Por isso, cabe entender as relações entre competência profissional, identidade profissional e profissionalidade docente dentro de um processo que exige valorização e formação contínua. A construção de sua identidade profissional é um processo que ocorre ao longo da vida profissional, isto é, é um processo de especialização e socialização, “já que não envolve apenas a aprendizagem de conceitos e capacidades, mas também de apropriação de valores e atitudes, através da qual o candidato ao exercício da profissão aprende uma postura profissional” (MORGADO, 2011, p. 797).

No que diz respeito às competências profissionais, o autor as chama de “saber profissional” que se consolida no ato de ensinar. Assim, compreende-se que esse saber vai além do “mero domínio de um conjunto de conhecimentos científicos e metodológicos da ciência” que ministra, mas de “compreender as relações entre o processo educativo, a escola e a cultura” (MORGADO, 2011, p. 799). Assim, saber e identidade profissional situam-se no conceito do que é ser professor, especificamente no conceito de profissionalidade docente. Entendido como uma união de três aspectos: desenvolvimento de competências e da identidade profissional, formação continuada ao longo da carreira docente e autonomia do professor. Por conseguinte, os professores ocupam um papel singular na formação dos engenheiros – e de todas as outras profissões.

No caso específico desta pesquisa, o professor de matemática no curso de engenharia faz parte de um desafio ainda maior. Nesses cursos, o conhecimento matemático é compreendido como ferramenta indispensável para o desenvolvimento tecnológico, por isto, é muito valorizada. Sendo o professor “embaixador da matemática”, termo utilizado por Skovsmose (2014) ao abordar a racionalidade da matemática, muito presente nas escolas de engenharia.

Portanto, faz-se necessário analisar alguns aspectos da profissão, especificamente desse docente diante dos desafios atuais. Destacam-se: políticas educacionais e curriculares, a formação inicial dos professores, a formação continuada e o currículo que se desenvolve nas escolas de engenharia.

Na concepção epistemológica, segundo Ledoux e Gonçalves (2015), a formação do professor é entendida como um exercício diário em que a prática docente e os conhecimentos

apreendidos na formação associam-se aos conhecimentos que se estabelecem das/nas relações com o exercício da profissão – e isto pode trazer um novo sentido e um novo significado à própria formação.

Esses novos sentidos e significados são elementos subjetivos e pessoais que estão situados na construção da identidade de “ser” professor. E, esses elementos fazem parte da construção da identidade do professor e não se distanciam de outros elementos que também são necessários para que essa construção seja singular em cada indivíduo concreto. Esses outros elementos são os saberes (LEDOUX; GONÇALVES, 2015).

Para além do saber pedagógico do conteúdo, outros saberes estão inseridos no ato de ensinar. Tardif (2014) considera o saber docente como “plural”, proveniente da formação profissional (o conjunto de saberes transmitidos pelas instituições de formação de professores), de saberes disciplinares (saberes que correspondem ao diverso campo do conhecimento e emergem da tradição cultural), curriculares (programas escolares) e experienciais (do trabalho cotidiano). O saber além de ser plural, é também temporal. Ele é adquirido no contexto de uma história de vida e de uma carreira profissional que remete à história de sua formação e de sua aquisição. Sobre isso, convém destacar que

A relação dos docentes com os saberes não se reduz a uma função de transmissão dos conhecimentos já constituídos. Sua prática integra diferentes saberes, com os quais o corpo docente mantém diferentes relações. Pode-se definir o saber docente como um saber plural, formado, pelo amálgama, mais ou menos coerente, de saberes oriundos da formação profissional e de saberes disciplinares, curriculares e experimentais. (TARDIF, 2014, p. 36).

A partir da perspectiva da construção de saberes oriundos da formação, expõe-se o questionamento feito por Ponte (1998), sobre quais saberes então precisa o professor de Matemática para exercer sua atividade profissional. O autor sinaliza que, para o professor de matemática desenvolver sua profissão, deve levar em consideração os seguintes aspectos:

- conhecer bem e relacionar-se com as matemáticas (Matemática da academia e das práticas sociais) a serem ensinadas e aprendidas pelo estudante;
- conhecer e adaptar o currículo ao contexto do estudante;
- combinar os diversos métodos e técnicas, tendo em vista os objetivos e o conteúdo;
- conhecer os alunos e o modo como aprendem;
- saber investigar sua própria prática;
- conhecer o contexto de trabalho e a complexidade das aulas de Matemática, ou seja, analisar como ocorrem as práticas e o conhecimento em sala de aula;

- conhecer a si mesmo.

Ao pensar sobre esses aspectos, enfatiza-se que a formação do professor, além de todos os aspectos já postos, faz-se de um processo identitário do próprio docente. Dessa maneira, sobre quais identidades? O professor que ensina matemática tem uma identidade diferente dos demais nos cursos de Engenharia?

Para o professor que ensina Matemática, há um processo para além de suas interações internas, externas e sua prática. Há um movimento entre os elementos constitutivos da relação entre o conhecimento matemático técnico, a matemática como ferramenta e sua aplicabilidade, bem como o poder da matemática em ação.

Além disso, Paiva e Nacarato (2013), em seus estudos, indicam que a identidade dos professores que ensinam matemática pode sofrer interferências dos interesses políticos, das modificações estruturais dos cursos (ou da própria escola/universidade) e do papel desempenhado pelo professor. Esses aspectos são vinculados aos saberes oriundos da formação, de modo que o conhecimento matemático passa a ser ensinado e incorporado às práticas de ensino. É bem sabido que ensinar Matemática requer, afora o domínio de conteúdos disciplinares específicos, a elaboração e a utilização de singularidades didático-pedagógicas.

No caso das políticas educacionais para a área de Engenharia, as diretrizes curriculares foram estabelecidas pela Resolução CNE/CES nº 11/2002, editada em decorrência da prolação do Parecer CNE/CES nº 1.362/2001. Essas diretrizes tornaram-se referências para a organização dos projetos de formação de engenheiros no âmbito do ensino superior. Entretanto, novos fatores surgiram com a revolução tecnológica e com as transformações econômicas e sociais do país. Após 18 anos da primeira versão das diretrizes, aprovou-se uma nova versão em 2019, que reconhece a formação do engenheiro para inovar, empreender e exercer atividades formativas nas áreas de tecnologia e engenharia, bem como se tornarem “agentes da transformação”.

De acordo com estudos de Pimenta (2009) e Morgado (2011), a identidade profissional do professor não pode ser considerada um dado imutável, mas é um processo de construção do sujeito historicamente situado. A profissão de professor, como as demais, emerge num dado momento e contexto histórico como resposta às necessidades que foram postas pelas sociedades. Assim, o segundo aspecto diz respeito à formação continuada dos professores que pode ser uma contribuição para os docentes questionarem suas práticas de ensino; identificarem problemas e necessidades dos docentes e dos estudantes; e desenvolverem novas formas de

relacionamento e novos modos de trabalho ao trocarem experiências. Bem como refletir e questionar sobre o que está acontecendo dentro e fora da sala de aula.

Sobre isso, as novas DCNS contemplam um artigo sobre a formação de professores de engenharia para além da sala de aula. O atual parecer destaca que a maioria do corpo docente na Engenharia não recebe formação para trabalhar o ensino, a pesquisa e a extensão de modo articulado. Nessa perspectiva, as DCNs afirmam que

É importante considerar ainda que, embora seja uma atividade inerente ao exercício do magistério, as atividades na graduação não agregam tanto valor para a progressão funcional quanto as atividades de pesquisa, isto sem mencionar o acesso a recursos de fomento. Isto posto, há aspectos que devem ser ressaltados, conforme abaixo discriminado:

- A capacitação didática pedagógica e para a gestão acadêmica do corpo docente;
- O equilíbrio entre os incentivos funcionais, os acadêmicos e os recursos oferecidos para as atividades de pesquisa, de extensão e para as atividades de ensino.
- O envolvimento de profissionais vinculados a empresas de Engenharia em atividades acadêmicas contextualizadas, por meio de Projetos de Formação, ou mesmo de contratações especiais.

Em outras palavras, é necessário priorizar a capacitação para o exercício da docência, visto que a implementação de projetos eficazes de desenvolvimento de competências exige conhecimentos específicos sobre meios, métodos e estratégias de ensino/aprendizagem (BRASIL, 2019, p. 31).

Apesar de concordar que o professor precisa de atualização constante, o foco não deve somente ser no desenvolvimento de competências ou o envolvimento dos estudantes com o ramo empresarial. Para Bazzo, Pereira e Linsingen (2016, p. 194-195),

Ele também deve ter consciência de seu entorno social, de seus compromissos e responsabilidades perante os coletivos que participa. Para formar tal cidadão-profissional consciente, assim acreditamos, precisamos de outros profissionais que extrapolem a visão puramente técnica das coisas à nossa volta. Assim, julgamos que, para formar formadores de profissionais técnicos, precisamos instigá-los e perturbá-los com a própria técnica e construir junto com eles reflexões que permitam a ambos os participantes desse processo discernir com certa clareza as estruturas epistemológicas, social e histórica que permeiam essa técnica. Devemos também instigá-los e perturbá-los dentro da lógica que permita internalizações de novos saberes.

O que é necessário é uma constante reflexão do porquê e para quem esse conhecimento está sendo desenvolvido. É importante, sim, que o professor esteja preparado para os novos desafios da sociedade, mas também considerar para onde essa civilização está caminhando.

É necessária uma estratégia que esteja em consonância com as mudanças no processo educativo e que privilegie a aprendizagem. Para isso, a formação docente deve ter consciência da sua responsabilidade, como salientaram os autores. Isso inclui vários aspectos: estratégias

de ensino/aprendizagem, desenvolvimento humano, avaliação adequada, postura didática, relações profissionais, conscientização docente e uma postura epistemológica.

### 4.3 EDUCAÇÃO MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA

Nessa era exponencial e tecnológica, observa-se que as mudanças são inevitáveis, e por isso a educação também vem sendo alvo de questionamentos e transformações. Nesse contexto, a desatualização torna-se constante: o que hoje pode ser sinônimo de sucesso, amanhã pode não o ser. Contudo, percebe-se que o mais importante para a carreira profissional não é mais estar centrado unicamente em processos puramente analíticos, mas se exige que os profissionais desenvolvam as dimensões inovadoras, criativas e sociais (KELLY, 2017).

O que autor chama atenção é que as transformações atuais estão em um ritmo tão rápido que a capacidade de o homem criar coisas tornou-se maior do que o poder que tem em “civilizá-las”. Tal esclarecimento nos permite entender que, quando uma nova tecnologia surge, leva-se cerca de uma década para se chegar a um consenso social a respeito de suas implicações, estabelecendo-se quais as normas de comportamento são necessárias para dominá-la. Em contrapartida, a consequência inicial da tecnologia desaparece rapidamente conforme a “civilizamos” e então se vê que ela nunca foi essencial nem inevitável.

Nesse contexto da exponencialidade, é importante que reflexões sobre os resultados e aplicações das tecnologias sejam pauta das preocupações nos ambientes de formação, visto que, como já se asseverou, a mudança é rápida e constante. Reflexões e ajustes no processo de educação tecnológica podem contribuir para melhorias dos problemas sociais.

O próprio conceito de tecnologia envolve uma compreensão mais abrangente, pois são necessários “[...] novos entendimentos sobre a tecnologia e sobre seu papel, aceitando-a como produção social, da qual ela não pode ser separada” (BAZZO; PEREIRA; LINSINGEN, 2016, p. 16). Além disso, a eficácia dos métodos e dos conteúdos, da educação tecnológica e das suas imbricações sociais são questionados nos meios acadêmicos. Inclusive a formação de mão de obra qualificada, mesmo tendo contribuído para evoluções tecnológicas, está precisando de adequações.

Ao pensar na educação tecnológica, deve-se considerar a forte correlação entre a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão (especificamente nas instituições superiores de ensino), com a fragmentação processada nos modelos adotados para o aprendizado.

Por força da vertente filosófica predominante na área técnica, a estrutura e a lógica do ensino de engenharia, por exemplo, acabam por relegar a plano secundário as questões sociais e políticas, além das características pessoais dos envolvidos, privilegiando em essência os lados aparentemente “frios” e “neutros” das técnicas. E por similaridade com a técnica, também o ensino é entendido como neutro, independente dos valores que permeiam e dão sustentação – implícita ou tacitamente – à sua prática. Uma das mais aparentes consequências dessa postura tem sido uma fragmentação forçada e artificial das unidades de ensino (BAZZO; PEREIRA; LINSINGEN, 2016, p. 20).

Além disso, os referidos autores criticam o:

[...] demasiado valor que se confere às coisas técnicas, às abordagens preferencialmente matematizadas, e pretensamente neutras, com foco direcionado para objetos bem definidos e bem-comportados. [...] os modelos, do real, tacitamente descontextualizados e afastados tanto quanto possível do elemento humano, passam a ser vistos não apenas como representações perfeitas, mas como sublimação de um ideal de realidade à qual o mundo deve buscar adaptar-se (BAZZO; PEREIRA; LINSINGEN, 2016, p. 21).

Diante do exposto, supõem-se que, no ensino tecnológico, o processo de resolução de exercícios ocupa uma posição central. E que os estudantes acabam por se subordinarem aos enunciados e as definições, sem muitas vezes questioná-los. Tudo isso, segundo Skovsmose (2014, p. 17), compara-se ao processo de industrialização e ao controle da mão de obra:

Um dos dispositivos fundamentais da revolução industrial foi reunir e confinar os trabalhadores nas fábricas, fornecendo a eles todas as ferramentas necessárias para realizar as tarefas, de modo que eles não precisassem mais se deslocar durante o período de trabalho. Uma lógica similar também está presente no ensino de matemática tradicional. Toda a informação está à disposição, e os alunos podem permanecer quietos em suas carteiras resolvendo exercícios. Um exercício define um micromundo em que todas as medidas são exatas, e os dados fornecidos são necessários e suficientes para a obtenção da única e absoluta resposta certa.

Tal concepção talvez seja o mote para repensar o ensino de matemática na engenharia nessa era digital por meio de uma concepção crítica da educação matemática. A concepção moderna da matemática é marcada por uma confiança absoluta em sua racionalidade e, por sua vez, o desenvolvimento científico e tecnológico faz parte dessa visão. No entanto, não se pode esquecer que, na história, grandes descobertas também desencadearam processos de colonização. A ideia de conquistar a natureza é questionada, atualmente, com a tecnologia como fator de agressão a ela. Um bom exemplo é a energia atômica. Assim, Skovsmose (2014) destaca uma sociedade de riscos, na qual a relação entre desenvolvimento científico e progresso parece duvidosa.

A racionalidade matemática, conforme Skovsmose (2014, p. 78), também pode ser uma racionalidade duvidosa, uma vez que “Ela traz inovações importantes por um lado, mas, por outro, pode causar catástrofes. É uma racionalidade sem essência. É uma racionalidade indefinida”. O complexo ciência-tecnologia é um exemplo da interação entre conhecimento e poder – e a matemática é um caso particularmente especial para estudar isso. Mas como? A matemática sendo apresentada como uma ferramenta ou instrumento na linguagem tecnológica.

Um exemplo do já exposto, é o uso dos algoritmos, sobre o que Harari (2018) alerta de que a tecnologia pode ser muito útil, porém exerce um enorme poder sobre as vidas, sendo que muitas vezes o indivíduo se torna refém dela. Ele diz: “[...] à medida que a tecnologia adquire uma melhor compreensão dos humanos, você poderia se ver servindo a ela cada vez mais, em vez de servir a você” (HARARI, 2018, p. 328). Contudo, deve-se estar cômico de que a tecnologia tem o poder de manipular e controlar as emoções, nesse sentido, ele afirma:

À medida que a biotecnologia e o aprendizado de máquinas se aprimoram, ficará mais fácil manipular as mais profundas emoções e desejos, e será mais perigoso que nunca seguir seu coração. Quando a Coca-Cola, a Amazon, a Baidu ou o governo sabem como manipular seu coração e controlar seu cérebro, você ainda pode dizer qual é a diferença entre seu próprio eu e os especialistas em marketing que trabalham pra eles? (HARARI, 2018, p. 329).

Segundo o autor, vive-se na “era do *hackeamento* humano”, posto que especialistas estão *hackeando* nosso smartphone, computador, conta bancária, rotina e sistema operacional orgânico através dos algoritmos que observam onde se vai, o que se compra, com quem se está, o que se produz. E tão logo – se já não estão enquanto escrevo essa tese – irão monitorar todos os nossos passos. E qual o perigo dessa situação? A isso o autor alerta:

[...] assim que esses algoritmos o conhecerem melhor do que você se conhece, serão capazes de controlar e manipular você, e não haverá muito o que fazer. Afinal, é uma simples questão empírica: se os algoritmos realmente compreenderem melhor que você o que está acontecendo dentro de você, a autoridade passará para eles (HARARI, 2018, p. 330).

E qual a relação da matemática com esse controle tecnológico? Um algoritmo é uma sequência de instruções para executar uma tarefa – instruções estas que não deixam dúvidas ou interpretações – que sempre levam aos mesmos resultados. Pode-se comparar a regras que se utilizam para as operações aritméticas na escola.

Entretanto, é pertinente explicitar o que são algoritmos e quais são suas funções em relação às outras tecnologias usadas em computadores. Informalmente, algoritmo é uma

sequência lógica de passos para executar uma determinada tarefa. Contudo, Cormen et al. (2002, p. 4) definem que “Um algoritmo pode ser especificado em linguagem comum, como um programa de computador, ou mesmo como um projeto de hardware. O único requisito é que a especificação deve fornecer uma descrição precisa do procedimento computacional a ser seguido”.

As aplicações práticas de algoritmos incluem, por exemplo, o Projeto Genoma Humano que identifica os genes do DNA humano. Ele determina as sequências dos três bilhões de pares de bases químicas que o constituem; depois armazena essas informações em bancos de dados, fornecendo ferramentas para sua análise (CORMEN et al., 2002). Cada uma dessas etapas exige sofisticados algoritmos, o que nos permite questionar: Quem pode fornecer a base para esse armazenamento e desenvolver as ferramentas de análise dos dados? A matemática pode ser essa ferramenta.

A internet e o comércio eletrônico são outros exemplos do uso de algoritmos. No caso da internet, a incontável quantidade de informações acessadas diariamente com rapidez é o efeito da manipulação de dados por meio de algoritmos inteligentes. Da mesma forma ocorre no comércio eletrônico, em que a manutenção privativa de informações se faz necessária, como senhas, extratos bancários etc., tudo é feito por algoritmos. Novamente a matemática entra em ação com a criptografia e a teoria dos números, baseada em algoritmos numéricos para ampliar e melhorar esse serviço (CORMEN et al., 2002).

Nesse contexto, nota-se que os algoritmos formam o núcleo da maioria das tecnologias usadas em computadores. Essas máquinas estão sendo utilizadas para resolver problemas cada vez mais complexos, o que exige algoritmos mais eficientes – na linguagem computacional, algoritmos criados para resolver o mesmo problema muitas vezes diferem em sua eficiência. Outro exemplo: um serviço da *web* que determina como viajar de um local para o outro exige algoritmos eficientes para localizar a melhor rota. Isso inclui interpretação de mapas e interpolação de endereços. Por conseguinte, o desempenho de uma tecnologia depende da escolha de algoritmos eficientes.

As operações sobre matrizes – teoria importante da matemática – estão no núcleo da computação científica. Os algoritmos eficientes para o trabalho com matrizes são considerados de interesse prático, mas os autores alertam para a estabilidade numérica ao afirmarem que:

Uma questão importante que surge na prática é a estabilidade numérica. Devido à precisão limitada de representações de ponto flutuante em computadores reais, **erros de arredondamento** em computações numéricas podem se ampliar durante o curso

de uma computação, **levando a resultados incorretos; tais computações são numericamente instáveis** (CORMEN et al., 2002, p. 571, grifo próprio).

Assim, como Harari e Cormen et al., Skovsmose (2014, p. 80) também alerta para essas incertezas ao enfatizar que:

[...] um dos pilares da matemática pura é ser vista como uma linguagem formal que atua sem referência a nada. Ela aparece como uma ferramenta neutra. Ver a matemática como uma linguagem pode, contudo, nos levar a um caminho completamente diferente quando nos atemos ao aspecto performático da linguagem. Esse aspecto pode ser encontrado, de fato, em todas as formas variantes da matemática: na engenharia, na economia, no dia a dia, nos diferentes contextos culturais, na pesquisa etc.

Contudo, a programação linear, por exemplo, é considerada atualmente uma ferramenta padrão e ensinada nas escolas, dessa maneira, utiliza-se da matemática como um pilar. A referida programação é assim definida por Cormen et al. (2002, p. 571, grifo próprio):

Muitos problemas podem ser formulados como a ação de maximizar ou minimizar um objetivo, sendo dados recursos limitados e restrições concorrentes. Se pudermos especificar o objetivo como uma **função linear de certas variáveis** e se pudermos especificar as restrições sobre recursos como igualdades e desigualdades sobre essas variáveis, então teremos um problema de programação linear.

Em um problema geral de programação linear, deseja-se otimizar uma função linear de acordo com um conjunto de desigualdades lineares. No entanto, tais considerações nos fazem questionar: será que os estudantes conseguem perceber a matemática por trás dessas desigualdades? Compreendem as diversas variáveis que podem emergir? Conseguem “decifrar” as soluções dadas por esses algoritmos? E refletem sobre as decisões que podem ser tomadas fundamentadas neles? A formação em nível superior – aqui se remete, sobretudo, aos cursos de Engenharia, – os está qualificando para decifrar e compreenderem essas variáveis? Como?

Diante de tantos dilemas, esse talvez seja o momento para refletir como têm sido planejados e desenvolvidos os currículos em Engenharia – e talvez os demais cursos superiores – desmembrado em ciclo básico e ciclo profissionalizante, o que “[...] impõem um completo distanciamento entre as disciplinas que compõe o todo, tornando o processo cognitivo complexo e desestruturado” (BAZZO; PEREIRA; LINSINGEN, 2016, p. 37). Porém, na prática, o ciclo básico, que deveria equipar os estudantes com os conhecimentos necessários ao próximo ciclo, acaba por “findar-se em si mesmo”. O ciclo básico é composto principalmente por disciplinas matemáticas, físicas e humanas.

Nessa realidade, há ainda que se destacar que “[...] a falta de integração entre as diversas disciplinas componentes de um curso de engenharia e a falta de lógica mais consistente no tratamento de grandes questões educacionais tiram a garantia de continuidade do processo de formação” (BAZZO; PEREIRA; LINSINGEN, 2016, p. 40). No caso das disciplinas matemáticas dos cursos de Engenharia, a cada semestre conclui-se uma disciplina em que os alunos não “veem” a relação com as seguintes – muitas vezes até mesmo desconectadas entre as próprias disciplinas matemáticas. Além disso, são disciplinas que apresentam um alto índice de reprovação. Para Skovsmose (2014, p. 16), essa prática não auxilia os estudantes a desenvolverem a criticidade matemática, sobre o que ele próprio questiona:

Será que o papel da educação matemática é preservar visões equivocadas de ordem social e política, que estão profundamente arraigadas na sociedade? Será que nos perdemos enquanto educadores? Ou será que a educação Matemática desde sempre está pautada por interesses do mercado de trabalho e nós, educadores matemáticos, temos dificuldades de reconhecer isso?

A isso Bazzo, Pereira e Linsingen (2016, p. 40) asseveram que “[...] o despreparo dos professores contribui para essa visão compartimentada que permeia o ensino de engenharia, onde cada disciplina é encarada como um curso à parte, com começo, meio e fim próprios, substituindo independentemente das demais”. Conforme os resultados de seus estudos, os referidos autores afirmam que os cursos de Engenharia no Brasil seguem uma tendência empirista e justificam a neutralidade da ciência ao “[...] argumentar que a experiência concreta é a grande responsável pelo conhecimento” (BAZZO; PEREIRA; LINSINGEN, 2016, p. 41). A isso complementam que os professores precisam ter consciência de que

[...] o estudante deveria ter oportunidade de contextualizar experiências de que participar. Deveria também poder selecionar os “bons fatos” sabendo do que se trata e de onde surgiram, sendo inclusive incitado a construí-los formalmente, procurando perceber como formular novas relações fecundas e, ao mesmo tempo, definir novas funções e novos esquemas teóricos (BAZZO; PEREIRA; LINSINGEN, 2016, p. 41).

Somado a isso, constata-se que todos os cursos de Engenharia possuem currículos semelhantes. Tal situação é agravada no caso do ciclo básico em que as disciplinas de Cálculo e Álgebra têm as mesmas ementas para todos os cursos, independentemente do ciclo profissionalizante. E as especificidades de funções dos cursos? O exposto até então converge para o fato de que a superação desta pedagogia que supervaloriza o adestramento é uma tarefa importante para a melhoria do ensino de matemática na educação em Engenharia.

#### 4.4 POSSIBILIDADES E DESAFIOS DA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA EM ENGENHARIA: O QUE DIZEM AS PESQUISAS

Ao pensar sobre as possibilidades e os desafios da educação matemática nos cursos de Engenharia, busca-se nas pesquisas o que se tem feito para suprir as dificuldades já relatadas, bem como conhecer as possibilidades da educação matemática nesses cursos. Dessa maneira, busca-se identificar práticas didático-pedagógicas que privilegiem o ensino da matemática para além dos limites da racionalidade técnica.

É notório que as dificuldades enfrentadas pelos ingressantes nos cursos de Engenharia estão geralmente vinculadas às disciplinas das áreas básicas, entre elas a matemática. Não se pode negar que há uma preocupação sobre o ensino de matemática nos cursos de Engenharia, sendo que um dos motivos para tanto está no elevado índice de evasão dos estudantes registrados nesses cursos. Pesquisas mostram que a reprovação nas disciplinas básicas pode estar atrelada a não conclusão do curso (BIEMBENGUT, 1997; CURY, 2001; GOMES, 2009, 2015; GUNTHER, 2016; GODOY; ALMEIDA, 2017; BOFF, 2017).

Por sua vez, Godoy e Almeida (2017) investigaram a importância das disciplinas da área de matemática no fracasso escolar dos estudantes do curso de Engenharia. Para isso, selecionaram 83 trabalhos que foram apresentados no Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), no período compreendido entre os anos de 2000 a 2014, por meio dos quais perceberam que as disciplinas da área de matemática e das ciências naturais, atreladas à fraca formação nessas mesmas áreas durante a Educação Básica, contribuem, consideravelmente, para a evasão escolar. A partir dessa constatação, os trabalhos pesquisados apresentam propostas para combater, direta ou indiretamente, esses altos índices.

Por meio de tais estudos, percebe-se que há um avanço nas discussões relacionadas ao ensino de matemática nos cursos de Engenharia e há um consenso de que, além do conhecimento matemático, é necessário incorporar teorias associadas à educação; apresentar contextos significativos aos alunos; usar, sobremaneira, as ferramentas computacionais para construir o conhecimento matemático; e, por fim, acolher os alunos, tratando de proporcionar ambientes em que eles possam preencher as lacunas conceituais advindas de uma formação educacional básica deficiente. Porém, nota-se que as pesquisas focam em “inovar” o ensino de matemática por meio de metodologias ativas ou do uso de recursos tecnológicos. Será esse o caminho? Ou esse caminho apenas reforçará a racionalidade técnica? O que se coloca no lugar?

Constata-se também que raramente, na formação do profissional de engenharia, são discutidas com profundidade questões sociais, econômicas e políticas. Isso ocorre também em aspectos ligados à história, à filosofia e à epistemologia da ciência e da tecnologia. Tal fato é ratificado com o que consideram Bazzo, Pereira e Linsingen (2016, p. 191), os quais salientam que as:

[...] questões contemporâneas que afligem estudantes e profissionais da área quase nunca são refletidas ou discutidas como parte integrante da formação de cidadãos engajados num determinado contexto social e histórico. Isso provoca uma lacuna que entrava ou, antes, suprime as capacidades reflexiva e analítica tão requisitadas numa sociedade globalizada.

Diante dessa negligência, insiste-se em tecer novos caminhos para a educação tecnológica – em especial para o ensino de engenharia –, como criar situações e subsidiar contextos apropriados para os alunos terem um outro modelo de formação. A base para esse ideal é a compreensão e a leitura das questões contemporâneas, que levem a reflexões críticas sobre os problemas postos na sociedade, pois se acredita que “educar não é treinar, mas sim construir” (BAZZO; PEREIRA; BAZZO, 2014).

Tais apontamentos nos levam a refletir sobre a situação atual do ensino de matemática nas engenharias. Será que existe alguma preocupação quanto ao ensino da matemática nas engenharias para além da racionalidade técnica? Os estudos acima referenciados nos levam a entender que as dificuldades enfrentadas pelos ingressantes nos cursos de Engenharia estão geralmente vinculadas às disciplinas da área de matemática. Isso é comprovado desde 1990, na tese de Biembengut (1997), em que a autora aponta que, na maioria dos cursos de Engenharia, as disciplinas matemáticas, como Cálculo e Álgebra, são ministradas com ênfase nas técnicas, isto é, uma prioridade no treinamento e não nos conceitos. Para ela, a prática de ensino utilizada nos cursos de Engenharia manifesta-se de forma “desajustada e inadequada”.

Por sua vez, Gunther (2016) teve como objeto de estudo a disciplina de matemática no ensino superior com foco nos cursos de Engenharia Mecânica de duas universidades paranaenses (ambas privadas). A autora buscava o sentido das disciplinas matemáticas no futuro escolar e profissional e, dessa forma, teve por objetivo principal avaliar, identificar e analisar as dificuldades enfrentadas por professores e alunos para lidar com os conceitos matemáticos nos referidos cursos. Para isso, realizou uma pesquisa de campo por meio da aplicação de um questionário não identificado para os alunos. A análise dos resultados permitiu verificar a forma como os professores de matemática do referido curso relacionam o conteúdo ministrado aos assuntos específicos das disciplinas profissionalizantes. Conforme ela relata, a

prática dos professores em sala de aula mudou em relação à rigidez da disciplina; isto é, atualmente o diálogo é uma prática mais comum entre os professores e os alunos, há também a utilização de outros recursos auxiliares, como os laboratórios, os computadores e o uso de trabalhos colaborativos. Segundo apontado pela pesquisa, as aulas de matemática ainda são tradicionais, com explanação de conteúdo e resolução exaustiva de exercícios.

Diante de tais constatações, a autora propõe a utilização de recursos metodológicos, como: trabalho em grupo, valorização da comunicação por meio da explanação dos recursos e métodos utilizados para resolução de problemas, análise de erros, autoavaliação e incentivo à reflexão.

Hernandes Gomes (2009) também já pesquisou a matemática utilizada pelos alunos de graduação em Engenharia ao elaborarem seus Trabalhos de Conclusão do Curso (TCC), uma vez que os TCCs devem ser uma atividade de síntese e da integração de conhecimentos. Segundo ela, a Modelagem Matemática e a estimativa são práticas comuns no ensino de matemática na engenharia, por isso aparecem nos trabalhos pesquisados. Porém, a crença de que a matemática aprendida na escola não tem relação com o mundo real ficou evidente nas falas dos estudantes entrevistados, reforçando que há um distanciamento entre a matemática da sala de aula e a aplicada nos problemas reais de engenharia. Para a autora, é possível estabelecer uma associação entre o pensamento matemático e o conteúdo apreendido ao se recorrer às metodologias de ensino como a Modelagem Matemática, Resolução de Problemas aplicados e o uso de softwares. Ressalta ainda que, apesar do impasse em sala de aula – o de ater-se à visão de que a matemática deve ser ministrada de modo rigoroso, ou se deve ceder à aplicabilidade almejada pelos engenheiros –, os docentes podem criar pontes que permitam introduzir aos alunos de engenharia o rigor matemático, mas contrabalançá-lo com a aplicabilidade esperada em situações que exigem o trabalho da ciência aplicada. Para isso, diz ser necessária uma maior multidisciplinariedade que pode acontecer por meio de projetos entre disciplinas do núcleo básico e do núcleo profissionalizante.

Por sua vez, Valente e Moraes (2016) pesquisaram as dificuldades encontradas pelos ingressantes nos cursos de Engenharia da Universidade Federal do Pará, por meio da qual apontam a relação entre essas dificuldades e as lacunas “trazidas” do Ensino Médio. Essas dificuldades se ressaltam nas primeiras avaliações e, conseqüentemente, a reprovação causa desânimo e evasão.

Do seu modo, Gomes (2015), em sua pesquisa, fez uso da aprendizagem cooperativa para compreender os estilos de pensamento dos alunos de Engenharia nos anos iniciais do curso.

Dentre os vários métodos de aprendizagem cooperativa, a autora destacou o método *jigsaw*, desenvolvido por Elliot Aronson, que propicia a discussão em grupo, no entanto, o trabalho individual é fundamental para a resolução de certa tarefa. Ao utilizar esse método, analisou a presença dos estilos de pensamento matemático para verificar se tal metodologia propicia a mobilização dos diferentes estilos de pensamento matemático por estudantes. Os resultados apontam que a utilização do método influenciou na mudança de estilos de pensamento de alguns alunos. Observou-se que apenas estudantes que foram inicialmente classificados como pertencentes ao integrado ou visual tiveram seus estilos alterados, passando para o analítico. Percebe-se que a predominância é do estilo de pensamento matemático analítico, o que, em parte, pode ser consequência da influência exercida pelo professor sobre os alunos, uma vez que tal estilo é valorizado no modelo tradicional de ensino.

A aludida autora também realizou um levantamento nos trabalhos apresentados no Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE), entre o período de 2007 a 2011. Ela constatou que, nas pesquisas relacionadas ao ensino de matemática, há uma tendência, por parte dos docentes, de justificar as lacunas dos conhecimentos apresentados por esses estudantes como sendo, principalmente, um legado técnico do Ensino Médio. Nesse cenário, os grandes responsáveis pela reprovação são as disciplinas da área de matemática, como o Cálculo Diferencial e Integral I, a Geometria Analítica e a Álgebra Linear, cursadas nos anos iniciais do curso. Por esse motivo, a procura por soluções e estratégias para minimizar esse problema é constante.

Uma primeira tentativa de solucionar essa defasagem de conteúdo são as aulas de “reforço”. Algumas instituições criaram a disciplina chamada Pré-Cálculo ou Fundamentos da Matemática, que são ministradas no primeiro semestre do curso de Engenharia. Nessa disciplina são revisados os tópicos de Ensino Médio, muitas vezes com a mesma abordagem tradicional, ou seja, aulas expositivas e repetição de inúmeros exercícios. Outras instituições oferecem cursos de Matemática Básica concomitantemente com as aulas de Cálculo. Esses cursos, na maioria das vezes, são ministrados por alunos veteranos com o auxílio dos professores, geralmente, nos mesmos moldes das aulas tradicionais. A experiência nos mostra que os alunos que frequentam esses cursos desistem antes mesmo de completar metade das aulas. Há, também, as universidades que focam nas ferramentas tecnológicas para motivar os jovens iniciantes. Nesse caso, cita-se o uso de softwares como o Geogebra, Winplot, Cabri 3D, Minitab, calculadora gráfica, entre outros recursos.

Ao recorrer às pesquisas sobre o ensino de matemática nos cursos de Engenharia, nota-se que o processo educativo perpetua essa ideia ao reproduzir técnicas matemáticas, físicas e químicas, independentemente do contexto social ou tecnológico, cada um na sua própria disciplina. Buscam mensurar o aprendizado por meio de exercícios de memorização e repetição ao invés de construir um diálogo sobre todo o processo e as imbricações da ciência e da tecnologia na sociedade. Portanto, é premente repensar o trio matemática, tecnologia e engenharia, em especial nas imbricações da tecnociência no ensino de matemática e na formação dos futuros engenheiros.

O exposto até aqui evidencia que a maioria dos trabalhos que envolvem a matemática nos cursos de Engenharia são experiências com aplicação de alguma metodologia com determinado conteúdo, geralmente realizadas em pequenos grupos. Isso está de acordo com concepção moderna da matemática que será analisada no próximo capítulo.

## 5 A CONCEPÇÃO MODERNA DA MATEMÁTICA ATRAVÉS DO USO DE MODELOS MATEMÁTICOS NA ENGENHARIA

Skovsmose (2014) conceitua a concepção moderna da matemática ao se basear em três diferentes formas de pensar a matemática: de que a matemática é essencial para a compreensão da natureza; de que a matemática é um catalisador de inovação tecnológica; e de que a matemática é uma racionalidade pura. Esses conceitos se formaram durante o período da Revolução Científica até as primeiras formulações da Pós-Modernidade.

Na Revolução Científica, a ciência era considerada como caminho precursor do progresso. No caso da Matemática, foram as teses de Kepler que contribuíram para colocar a matemática numa posição de destaque: “A matemática era a linguagem que permitia expressar os projetos de Deus para a criação do mundo”, nessa época não se questionava a existência de Deus (SKOVSMOSE, 2014, p. 66). Nesse sentido, Galileu Galilei referia-se à matemática através de dados sensórios primários e secundários, ao mesmo tempo ela auxiliava na explicitação desses dados, ou, em outras palavras, “a matemática revela a essência da natureza (SKOVSMOSE, 2014, p. 67). Essas considerações nos aproximam de “uma formulação mecânica do universo”, sugerida por René Descartes. Para ele, as leis da natureza tinham uma forma matemática. Isaac Newton formulou as leis que governavam todo o movimento, de modo que deu à Revolução Científica o acabamento que faltava.

Após a Revolução Científica, a matemática tornou-se parte integrante da física e de outras ciências naturais. Nenhuma teoria física poderia ser formulada sem recorrer à matemática, o que a colocou como linguagem das ciências naturais. Desse modo, a matemática é uma forma sublime de compreender a natureza.

A Revolução Científica trouxe a concepção de progresso, isto é, que é possível melhorar a vida na Terra; e, assim, a ideia de que o progresso científico favorece o progresso social. Paralelo a isso, Francis Bacon formulou a ideia de empreendimento tecnológico, isto é, o conhecimento como fonte de poder quando a técnica e a compreensão sobre a natureza se aliam. Assim, estabeleceu-se a invenção tecnológica baseada na matemática. Esse processo consolidou-se com a criação da *École Polytechnique* de Paris, em 1794, ao adotar a matemática em seu programa.

Sendo indispensável para as finalidades técnicas, a matemática passou a significar a própria racionalidade do progresso. Com respeito às ciências naturais, a matemática havia se tornado uma ferramenta descritiva necessária. Mas, para as finalidades técnicas, a matemática tornou-se uma ferramenta construtiva indispensável. É

impossível conceber qualquer indústria de base tecnológica sem a aplicação da matemática. A revolução industrial deu início ao domínio da fabricação baseada na Matemática (SKOVSMOSE, 2014, p. 69-70).

Esse processo é marcado pela expansão industrial e o crescimento da produção, o que refletiu na ampliação das escolas de engenharia, como já se destacou anteriormente no capítulo 2. Portanto, a matemática é um recurso indispensável para o desenvolvimento tecnológico.

Com base nas suas próprias características e no ápice das pesquisas em matemática entre os séculos XIX e XX, “estabeleceu-se a concepção de matemática absolutamente pura, ao passo que a matemática se tornava indispensável tanto para a ciência quanto para a tecnologia” (SKOVSMOSE, 2014, p. 70). A matemática como disciplina pura se baseia em três elementos característicos: uma base axiomática; interpretação de conceitos matemáticos independentes de um objeto metafísico; interpretação da verdade matemática como uma propriedade formal. Assim, a matemática pura foi construída com axiomas e demonstrações feitas a partir de regras de deduções.

Verdades matemáticas podem ser descritas como teoremas formalizados; isto é, “a verdade de uma sentença matemática (uma fórmula) é identificada como sua capacidade de ser provada por certa teoria formalizada. A implicação maior disso é que qualquer concepção superior de verdade matemática se torna dispensável” (SKOVSMOSE, 2014, p. 73). Assim, a Matemática, como uma disciplina pura, é uma racionalidade ou formalismo incontestável.

Esses modos de olhar a matemática operam juntos na formação de uma concepção moderna de educação matemática. Para Skovsmose (2014), a educação matemática moderna surgiu no final de 1950 ao atentar-se para a importância da matemática no desenvolvimento das ciências e da tecnologia. Com a ampliação das escolas de engenharia, a matemática foi reconhecida como base tecnológica e, assim, a educação matemática também acaba por ser parte integrante da tecnologia e, conseqüentemente, do progresso. Além disso, o autor destaca que

A educação matemática moderna também valorizou a arquitetura lógica da matemática com vistas a seus próprios interesses. Sustentou-se que o currículo de matemática deveria seguir as estruturas lógicas dela. As características mais puras da matéria deveriam ser ensinadas como tópicos principais na escola. (SKOVSMOSE, 2014, p. 74).

Ademais, apresenta a matemática como ferramenta, segundo ele “a educação matemática moderna apresenta a matemática como ferramenta indispensável para a compreensão da natureza e para a realização de todos os projetos tecnológicos, além de valorizá-la em sua forma pura” (SKOVSMOSE, 2014, p. 75).

Assim, a concepção moderna da matemática a coloca como soberana das ciências, exalta sua racionalidade e confiança absoluta nos números. Dessa forma, um dos pilares da matemática pura é ser vista como uma linguagem formal que atua sem referência, por isso é chamada de pura – e aparece como uma ferramenta neutra. Essa característica da matemática pode ser encontrada em vários ramos: na engenharia, na economia, na estatística, na pesquisa e no dia a dia.

Porém, a linguagem científica, ao ser usada na descrição da realidade, pode refletir o momento ou não. Isto é, para Skovsmose (2014, p. 79), ela “pode refletir categorias arraigadas na linguagem de descrição, que assim se transforma em um instrumento contundente de prescrição e formatação. O poder pode ser exercido em forma de linguagem”. O que o autor quer dizer é que a linguagem contribui para a formatação da realidade, pois essa pode projetar crenças, valores, premissas, concepções, entre outros. Ele também fala que a linguagem contém “elementos de ação”, ou seja, quer dizer que ela pode conter atos.

Portanto, a matemática como linguagem pode nos atentar a como ela atua – é a matemática em ação. As dimensões da matemática em ação, segundo o autor, são: imaginação tecnológica, raciocínio hipotético, legitimação ou justificação, realização e dissolução de responsabilidade. Os modelos matemáticos utilizados na engenharia são bons exemplos de como a matemática pode atuar. Esse será o tema do próximo item.

## 5.1 MODELOS MATEMÁTICOS NA ENGENHARIA

Ao pensar na concepção moderna da matemática é basilar ter a compreensão de que o desenvolvimento tecnocientífico tem atestado distintas transformações na sociedade ao utilizar a modelagem matemática para prever ou simular situações reais. Assim, ao eleger um modelo matemático a ser desenvolvido, torna-se imprescindível provocar a construção crítica de conceitos que possam romper com limites do conhecimento matemático específico e estritamente técnico, favorecendo reflexões sobre as variáveis sociais e humanas imbricadas ao modelo matemático. Skovsmose (2001) discute a importância do questionamento do modelo matemático, ao considerar que a matemática intervém na realidade, a formata e, por sua vez, muitos desses modelos são utilizados para alterações de comportamentos. Conforme ele afirma:

A matemática intervém na realidade ao criar uma “segunda natureza” ao nosso redor, oferecendo não apenas descrições de fenômenos, mas também modelos para a alteração de comportamentos. Não apenas, “vemos” de acordo com a matemática, nós “agimos” de acordo com ela. As estruturas matemáticas vêm a ter um papel na vida

social tão fundamental quanto o das estruturas ideológicas na organização da realidade (SKOVSMOSE, 2001, p. 83).

Nesse contexto, ao compreender a relação de imanência entre a tecnociência e a matemática, faz-se necessário debater sobre as implicações sociais dos modelos matemáticos nesta sociedade tecnológica (CIVIERO, 2016). Entretanto, para que a matemática na educação em Engenharia possa contribuir como um instrumento para a interpretação da realidade, é preciso ultrapassar a linha tênue – porém, tradicional – do “como fazer” e passar a indagar “Para quê?”, “Para quem?” e “Por quê?” desse modelo.

Segundo Civiero (2016, p. 29), a educação matemática

[...] pode contribuir para a formação de sujeitos críticos que participam das discussões e que são capazes de compreender a real situação e tomar decisões voltadas para a melhoria da qualidade de vida. Pessoas que se indaguem quanto ao porquê, para que e para quem estão a tomar suas decisões, a destinar suas invenções e a protagonizar sua existência.

Dessa maneira, para a autora, o conhecimento matemático imbricado com o conhecimento tecnocientífico passa a ser artifício potencializador da educação comprometida com os processos sociais. Uma educação que instiga o questionamento crítico dos modos de pensar, agir e viver tecnicistas que, cada vez mais, impõem-se como únicos e verdadeiros (CIVIERO, 2016).

É consenso que a matemática é indispensável para a educação do engenheiro e que o ensino dessa disciplina nos cursos de Engenharia, como já se ressaltou, deve ir além da resolução de exercícios e aplicação de fórmulas. Para Pinheiro e Moretti (2003, p. 7), o principal papel da matemática nesses cursos é fornecer ao estudante “[...]subsídios que os permita interpretar os dados, analisar os modelos propostos, de forma que possam melhor representar a realidade, adquirindo ferramentas que lhes possibilite a resolução de problemas”.

Corroborando as ideias dos autores supracitados, entende-se que não é suficiente que os futuros engenheiros conheçam o cálculo necessário como ferramenta para sua atuação profissional. É preciso que eles próprios possam construir novos modelos para entenderem a realidade, discutindo as suas influências e posicionando-se face aos tópicos abordados “[...] tomando decisões fundamentadas nas suas reflexões em favor do contexto social” (PINHEIRO; MORETTI, 2003, p. 10).

A competência para análise e reflexão, citada por Pinheiro e Moretti (2003), tem-se mostrado extremamente exigida dos profissionais, posto que muitas decisões são tomadas com

base em dados estatísticos e modelos matemáticos. Em vista disso, almeja-se formar profissionais capazes de formular e resolver problemas, modelar situações e analisar de forma crítica os resultados obtidos.

Para isso, Skovsmose (2007), ao definir a concepção crítica da matemática, propõe considerar o conceito da Matemática em Ação, visto que a Matemática está em todo lugar e se “movimenta em muitas direções”. Para autor, a Matemática em ação é um espaço paradigmático para discutir estruturas de conhecimento e poder juntos na sociedade atual, pois, “Matemática pode se referir à matemática pura, à aplicada, à engenharia, às técnicas matemáticas imersas na cultura, à matemática das ruas, aos cálculos de todo tipo” (2007, p. 113). Essa concepção poderia ser o primeiro entendimento para uma representação da matemática em ação, mas o autor amplia esse conceito através de cinco aspectos ao apresentar a conexão entre matemática e poder:

- a) Imaginação tecnológica: que se refere à possibilidade de explorar possibilidades tecnológicas.
- b) Raciocínio hipotético: que aborda as consequências de iniciativas e construções tecnológicas ainda não realizadas.
- c) Legitimação ou justificação: que se refere à possibilidade de validar ações tecnológicas.
- d) Realização: que acontece quando a matemática passa a fazer parte da realidade, por exemplo, por intermédio dos processos de projeto e construção.
- e) Dissolução da responsabilidade: que se manifesta quando questões éticas relacionadas às ações feitas desaparecem.

Ainda conforme referido pelo autor, a imaginação tecnológica se aplica em forma de projeto ou tomada de decisão. Em todas as áreas, encontra-se imaginação tecnológica com base na matemática e simulações e tomadas de decisões fundamentadas em modelos matemáticos. O raciocínio hipotético é algo que não se realiza, mas isso não quer dizer que não aconteça. Ele é da forma “*se p então q, embora o p não aconteça*”. (SKOVSMOSE, 2014, p. 83) Esse tipo de raciocínio está presente desde as decisões diárias até em projetos tecnológicos sofisticados, por meio de modelos matemáticos, os quais servem para:

[...] representar uma suposição, *p*, que pode se referir a qualquer forma de projeto, construção ou tomada de decisão de natureza tecnológica. A representação

matemática da situação hipotética  $p$  será chama  $Mp$ . Por meio da análise de  $Mp$ , tenta-se combater as implicações de  $p$ . Contudo, as implicações que são identificadas ao se investigar  $Mp$  não são implicações da vida real; são apenas *calculadas*. E as diferenças entre as implicações calculadas e as implicações reais não são óbvias (SKOVSMOSE, 2014, p. 83-84).

Essa característica está presente em toda obra de engenharia. Os modelos baseiam-se em cálculos a fim de estabelecer estimativas dos efeitos das ações ainda não realizadas, por exemplo, a estabilidade de um avião é modelada e prevista muito antes de o protótipo levantar voo. Na maioria dos casos, a “[...] matemática é o único caminho para investigar detalhes de projetos ainda no papel” (SKOVSMOSE, 2014, p. 82). Ainda segundo o mesmo autor:

[...] quando identificamos as implicações de certa ação por meio de modelos matemáticos, sempre há um risco de que algum aspecto tenha sido negligenciado. Na verdade, alguns aspectos menores são mesmo ignorados, uma vez que a matemática não serve para representar todas as facetas da realidade (SKOVSMOSE, 2014, p. 84).

Assim, o raciocínio hipotético com base na matemática pode criar uma *região cega*, visto que nem todas as consequências são consideradas e a ascensão da sociedade de risco está relacionada a essa região. “Boa parte das tomadas de decisões no setor financeiro baseia-se em cuidadosas estimativas de risco, que evoluíram e se transformaram em uma especialidade matemática avançada” (SKOVSMOSE, 2014, p. 84). Essas regiões cegas evoluem e criam um solo fértil para crises econômicas.

Muitas vezes, para validar, justificar ou legitimar ações tecnológicas, utilizam-se ações ou projetos por meio de números.

Quando um modelo matemático faz parte de uma discussão, ele pode servir tanto para legitimar quanto para justificar um ponto de vista. Tem-se dito que no caso de grandes obras de engenharia, como pontes, os modelos matemáticos contribuem na análise dos efeitos daquela obra, por exemplo, no tocante ao impacto ambiental. Contudo, nessas tomadas de decisão frequentemente apenas modelos são empregados. Em alguns casos, parece que o modelo serve ao único propósito de legitimar uma decisão já tomada. [...] Esses efeitos, no entanto, não precisam refletir de fato as consequências reais. Por exemplo, o modelo matemático, pode ser apresentado de tal forma que as implicações ambientais calculadas sempre se mostram dentro de certa faixa aceitável. A lacuna entre **o que foi calculado** e **o que de fato vai acontecer** pode ser enorme. Mas **o modelo já cumpriu seu papel de legitimar a obra**, que não pode mais ser desfeita (SKOVSMOSE, 2014, p. 85, grifo próprio).

Ante o exposto, entende-se que a matemática, por meio dos modelos, estabelece um meio de justificação e legitimação que é único – em muitos casos, as análises matemáticas são as únicas opções disponíveis. Ademais, surge como uma visão neutra, superior e infalível.

Dessa forma, ações baseadas em modelos matemáticos podem anular responsabilidades, quinto aspecto da matemática em ação, segundo Skovsmose (2014, p. 87), para o que afirma:

[...] ações baseadas em matemática naturalmente parecem acontecer em um vácuo ético. Ações normalmente são associadas a um sujeito agente. Contudo, a matemática em ação parece funcionar sem um sujeito. E quando o sujeito agente desaparece, a noção de responsabilidade não existe mais. Ações baseadas em matemática parecem ser as únicas ações relevantes na situação. Elas parecem ter sido determinadas por uma autoridade *objetiva*, uma vez que a matemática tornou-as necessária.

E o aspecto da realização é contemplado nesse mundo cercado por tecnologia, do qual a matemática é parte integrante. Isso é comprovado por todas as *engenhocas* (computadores, construções, carros, remédios etc.) serem resultados de processos repletos de matemática. Conforme Skovsmose (2014), além dos objetos, existem ações formatadas pela matemática que são muito evidentes na internet, visto que, como já salientado anteriormente por Harari (2018), todos os processos são definidos por algoritmos computacionais.

No entanto, os modelos matemáticos necessitam passar por um exame crítico, já que a matemática em ação pode assumir muitas formas – e essas podem ser maravilhas ou horrores. Logo, faz-se necessário questionamentos e reflexões. Ao estudar a matemática em ação, sobretudo os modelos utilizados nos cursos de Engenharia, pautados na concepção racional da matemática, percebe-se a premente necessidade de abordar a racionalidade matemática de maneira crítica. Ações necessitam de reflexões. As ações baseadas em modelos matemáticos também, principalmente quando estas estão atreladas aos constructos tecnológicos que englobam toda a sociedade. Por isso, concomitante com a escrita dessa tese, produziu-se um artigo que traz um estudo de um modelo matemático aplicado à engenharia como exemplo de como se pode fazer uso também de variáveis sociais e humanas, além das variáveis quantitativas.

Esse artigo foi encabeçado pelo orientador dessa tese, o professor Dr. Walter Antonio Bazzo, em conjunto com o engenheiro que propôs a área de aplicação do problema, o professor Dr. Leandro Bordin. A autora desta tese, como já estava estudando o tema, bem como a sua coorientadora, a professora Dr. Paula Andrea Grawieski Civiero, trabalharam em conjunto nos conceitos matemáticos envolvidos e nas possibilidades desse modelo para além das variáveis quantitativas. Esse modelo foi apresentado no Grupo de Trabalho Ciências Básicas e Matemática na Engenharia (GT-CbME), no Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, no ano de 2018. No tópico a seguir, apresenta-se esse artigo em partes, especificamente, o modelo e sua aplicação.

## 5.2 VARIÁVEIS SOCIAIS E HUMANAS NOS MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS À ENGENHARIA – O MODELO DA DISPERSÃO DE POLUENTES NA ATMOSFERA

Ao se repensar a Educação Matemática na Educação em Engenharia, estuda-se um modelo matemático já conhecido e utilizado nos cursos de Engenharia Ambiental. Dessa maneira, o conhecimento matemático imbricado com o conhecimento tecnocientífico passa a ser artifício potencializador da educação comprometida com os processos sociais; uma educação que instiga o questionamento crítico dos modos de pensar, agir e viver tecnicistas que cada vez mais se impõem como únicos e verdadeiros.

Os modelos de dispersão atmosférica são ferramentas para monitorar os poluentes atmosféricos. Eles podem ter diferentes finalidades, porém, para a verificação da dispersão de poluentes emitidos por fontes lineares, diversos modelos matemáticos vêm sendo utilizados – entre eles, o modelo de dispersão gaussiana.

De maneira geral, os dados de entrada para a maioria desses modelos são a direção e velocidade do vento, classe de estabilidade da atmosfera, altura da camada da mistura, taxas de emissão e superfície do solo.

Os objetivos do uso de modelos de dispersão atmosférica são:

- avaliação da eficiência de técnicas e estratégias propostas para o controle das emissões;
- estudo dos impactos ambientais (EIA) para um novo empreendimento;
- determinação de responsabilidades frente aos níveis atuais de poluição;
- planejamento da ocupação territorial urbana.

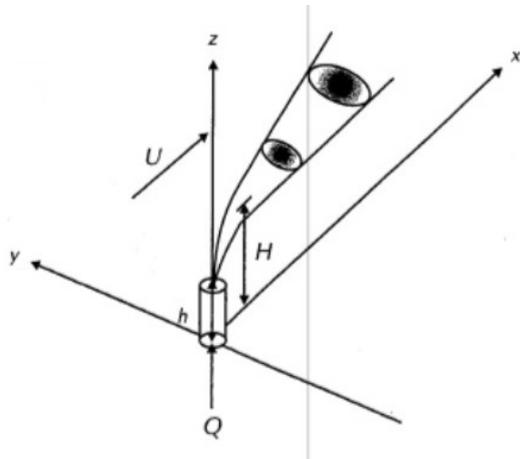
O estudo dos impactos ambientais e avaliação da qualidade do ar, geralmente, está relacionado com duas etapas: (1) Empregar modelos de avaliação simplificados para se ter uma rápida estimativa se a fonte de emissão certamente causará um problema de poluição do ar ou se a fonte tem o potencial de causar um problema de qualidade do ar. (2) Se os resultados da avaliação simplificada revelarem que existe um potencial problema, então, métodos mais avançados de avaliação devem ser utilizados (como modelos mais avançados e maior atenção aos dados de entrada).

Suponha-se que um meio atmosférico esteja sendo poluído por uma chaminé. Essa fonte está lançando poluentes continuamente, e eles irão se dispersar no ar, resultando na formação de uma pluma. Como analisar o comportamento dessa pluma? Estudar o

comportamento da pluma significa estudar como o meio atmosférico transporta e dispersa os poluentes nele lançados. O comportamento da pluma depende basicamente do clima da região, do movimento dos ventos (que depende de forças de pressão e de forças de atrito e da topografia), da superfície do solo e da sua ocupação (por edifícios, por exemplo) (BRAGA et al., 2005).

O modelo de dispersão gaussiano é utilizado para explicar o comportamento da pluma em períodos relativamente pequenos. A variação da concentração de poluentes ao nível do solo, à medida que se afastasse da fonte emissora, pode ser expressa por uma curva gaussiana. No cálculo do modelo em questão, a pluma sofre dispersão em planos horizontais e verticais tomando a forma de uma curva de Gauss, com um máximo no centro da pluma. A distribuição da concentração da pluma ao redor do eixo central pode ser considerada uma Gaussiana com valores de distribuição sendo considerados afastamentos do eixo da pluma. Na Figura 3 apresenta-se uma representação da dispersão de uma pluma segundo uma distribuição Gaussiana.

Figura 3 – Ilustração do sistema de coordenadas utilizado na descrição da pluma gaussiana



Fonte: Braga et al. (2005).

A Figura 3 esquematiza como uma fonte e sua emissão são consideradas. A pluma, ao sair da chaminé, eleva-se em função de sua temperatura e da temperatura ambiente (cujas diferenças provocam empuxo) e velocidade de saída. Ao ser lançada na atmosfera, a pluma sofre efeito de dispersão de acordo com parâmetros meteorológicos, tais como velocidade e direção do vento, temperatura, estabilidade atmosférica etc. O resultado é um processo de advecção (transmissão do calor pelo deslocamento de massa atmosférica no sentido horizontal) pelo vento

médio (que a transporta para onde o vento está soprando) e de difusão turbulenta (“abertura” horizontal e vertical da pluma). Esse processo pode ser representado por equações matemáticas e as concentrações resultantes no entorno da fonte (com coordenadas  $x$ ,  $y$  e  $z$ ) podem ser calculadas em função dos aspectos meteorológicos e topográficos e, obviamente, em função das características das emissões.

Assim, Braga et al. (2005) explicam que, como resultado, há uma equação (1) que relaciona as concentrações de um poluente com as coordenadas espaciais, com o tempo e com outros poluentes que possam interferir no “poluente em análise”, como nos casos de poluentes reativos na atmosfera.

$$C_{(x,y,z)} = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \left[\exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right)\right] \quad (1)$$

Onde,

$C$  é a concentração média do poluente analisado na posição  $x$ ,  $y$  e  $z$  ( $\text{g}/\text{m}^3$ );

$Q$  é a concentração de emissão em um determinado período ( $\text{m}/\text{t}$ );

$H$  é a altura efetiva da chaminé ( $\text{m}$ );

$u$  é a velocidade média do vento ( $\text{m}/\text{s}$ );

$\sigma_y$  é o coeficiente de dispersão horizontal em velocidade constante de vento;

$\sigma_z$  é o coeficiente de dispersão vertical ( $\text{m}$ );

$x$ ,  $y$ ,  $z$  são as coordenadas cartesianas do ponto.

Ao trabalhar com o modelo, deve-se considerar algumas hipóteses (TURNER, 1994 *apud* LISBOA, 2010):

- não se considera a deposição de material e reações de superfície;
- a emissão dos poluentes é considerada uniforme no tempo;
- a direção e a velocidade do vento são constantes no período considerado;
- não são consideradas as reações químicas na atmosfera;
- a pluma gaussiana assume que o vento tem intensidade e direção constantes em um intervalo de tempo;
- a área considerada deve apresentar um terreno homogêneo (relativamente plano);
- a equação gaussiana traduz uma situação estacionária, isto é, a emissão de poluentes e os parâmetros meteorológicos são constantes;

- o valor de  $H$  não é igual ao valor da altura da chaminé  $h$ .

Para as hipóteses apresentadas, segundo o autor, os cálculos de concentração são razoáveis para períodos variando de 10 (dez) minutos a 1 (uma) hora.

Segundo Lisboa (2010), a caracterização da altura de subida da pluma, em termos das propriedades dos gases emitidos e do estado atmosférico, é um problema complexo. No entanto, para simplificar o tratamento da dispersão, geralmente se usa uma altura fictícia acima da fonte, está é chamada de “altura efetiva da chaminé”: a altura da fonte é somada à altura da elevação da pluma para se calcular a altura efetiva ( $H_{ef}$ ) da emissão do poluente para a atmosfera, conforme a equação (2), a seguir.

$$H_{ef} = h_g + \Delta h \quad (2)$$

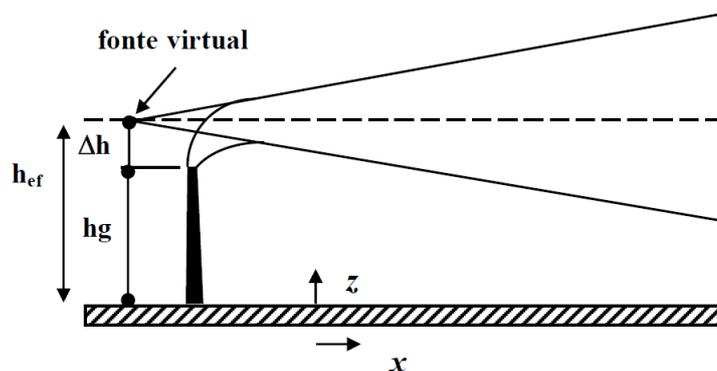
Onde,

$h_g$  é a altura física da chaminé;

$\Delta h$  é a altura de elevação da pluma em relação ao topo da chaminé.

A Figura 4 ilustra a altura efetiva da emissão do poluente, conforme a equação (2).

Figura 4 – altura efetiva da emissão do poluente



Fonte: Lisboa (2010).

Voltando a analisar as variáveis da equação (1), utiliza-se os coeficientes de dispersão horizontal ( $\sigma_y$ ) e vertical ( $\sigma_x$ ). Estes podem ser estimados usando o modelo de Briggs ou de Pasquill-Gifford. O tempo de amostragem varia de 15 minutos a 1 hora, e os resultados são válidos para distâncias de no máximo 10 km. O sistema de classificação da estabilidade atmosférica mais utilizado é o de Pasquill-Gifford, que define estados que vão desde o

extremamente instável (Classe A) até o extremamente estável (classe G), passando pelo neutro (Classe D). O Quadro 5 apresenta um método para se determinar a estabilidade atmosférica em função da velocidade do vento e da insolação durante o dia ou cobertura do céu durante a noite (LISBOA, 2010).

Quadro 5 – Classes de estabilidade de Pasquill-Gifford

Velocidade do vento a 10 m do solo (m/s)	Radiação solar (I) (W/m <sup>2</sup> )			Cobertura noturna de nuvens (cn)	
	> 700	350 ≤ I ≤ 700	I < 350	cn ≥ 4/8	cn ≤ 3/8
< 2	A	A – B	B	–	–
2 – 3	A – B	B	C	E	F
3 – 5	B	B – C	C	D	E
5 – 6	C	C – D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Onde: A: extremamente instável D: neutra  
B: moderadamente instável E: francamente estável  
C: fracamente instável F: moderadamente estável

Fonte: Zanetti, 1990 *apud* Lisboa, 2010.

Os Quadros 6 e 7 apresentam os coeficientes de dispersão, para as classes de estabilidade de Pasquill-Gifford A – F, utilizados em modelos de emissão de poluentes atmosféricos. As relações foram propostas por Briggs e são válidas para médias de 10 minutos.

Quadro 6 – Parâmetros de dispersão urbana por Briggs (para distâncias entre 100 e 10.000 m)  
– Média de 10 minutos

Categoria	$\sigma_y$	$\sigma_z$
A - B	$0,32 \times (1 + 0,0004x)^{-0,5}$	$0,24 \times (1 + 0,001x)^{-0,5}$
C	$0,22 \times (1 + 0,0004x)^{-0,5}$	$0,20 \times$
D	$0,16 \times (1 + 0,0004x)^{-0,5}$	$0,14 \times (1 + 0,0003x)^{-0,5}$
E - F	$0,11 \times (1 + 0,0004x)^{-0,5}$	$0,08 \times (1 + 0,0015x)^{-0,5}$

Fonte: Lisboa (2010).

Quadro 7 – Parâmetros de dispersão para condições de campo aberto, por Briggs (para distâncias entre 100 e 10.000 m) – Média de 10 minutos

Categoria	$\sigma_y$	$\sigma_z$
A	$0,22 \times (1 + 0,0001x)^{-0,5}$	$0,20 \times x$
B	$0,16 \times (1 + 0,0001x)^{-0,5}$	$0,12 \times x$
C	$0,11 \times (1 + 0,0001x)^{-0,5}$	$0,08 \times (1 + 0,0002x)^{-0,5}$
D	$0,08 \times (1 + 0,0001x)^{-0,5}$	$0,06 \times (1 + 0,0015x)^{-0,5}$
E	$0,06 \times (1 + 0,0001x)^{-0,5}$	$0,03 \times (1 + 0,0003x)^{-1}$
F	$0,04 \times (1 + 0,0001x)^{-0,5}$	$0,016 \times (1 + 0,0003x)^{-1}$

Fonte: Lisboa (2010).

Em condições atmosféricas instáveis (classes A, B e C de Pasquill-Gifford), a concentração decresce rapidamente na pluma, uma vez que a turbulência age de modo mais eficaz do que quando a atmosfera é neutra ou estável.

Segundo Braga et al. (2005, p. 188), “o comportamento gaussiano dessa solução pode ser observado pela maneira como a concentração se distribui espacialmente em relação aos eixos y e z, pelo menos enquanto as concentrações ocorrem ao longo do eixo da pluma definida por  $y = 0$ ”.

A pluma gaussiana é um modelo simplificado da realidade e é passível de uma série de críticas segundo a visão teórica e a aplicação prática. Todavia, o modelo tem sido aceito como uma “ferramenta de trabalho” em estudos de avaliação e de impacto ambiental, pois auxilia na ilustração comparativa de diferentes cenários de emissão poluentes. Portanto, a aplicação desse modelo deve ser considerada em função dos objetivos da análise em questão, dos recursos disponíveis e das condições locais existentes (BRAGA et al., 2005).

O estudo do processo de dispersão de poluentes na atmosfera faz uso de conceitos matemáticos, estatísticos, físicos e químicos, sendo um trabalho interdisciplinar entre as ciências básicas. Na Estatística, destaca-se o conceito da distribuição normal, também conhecida como distribuição gaussiana – conceito que o modelo tem como base. Essa distribuição tem como fundamentação o teorema central do limite – um dos alicerces do Cálculo Diferencial e Integral. Além disso, emprega-se nesse modelo, os conceitos de funções de diferentes variáveis utilizados, também, em Cálculo Diferencial Integral e em Equações Diferenciais. Na Física, pode-se explorar a teoria de Fenômenos de Transporte, tratada pela Mecânica dos Fluidos ao estudar como o meio atmosférico transporta e dispersa os poluentes nele lançados. Na Química, estudado dentro da Físico-Química, analisam-se as distribuições

das propriedades dos gases, os próprios modelos moleculares e a velocidade dos processos de difusão.

Ademais, deseja-se utilizar esse modelo para considerar as questões, além das técnicas, matemáticas, físicas e químicas, também sociais e humanas. O modelo de dispersão atmosférica discutido até esse ponto dá conta de revelar as potencialidades da Matemática na previsão e solução de problemas técnicos de Engenharia. No entanto, tenciona-se aprofundar a discussão e chamar a atenção para outros aspectos que configuram as “condições de contorno” para a proposição de uma solução tecnológica.

O modelo em questão – e muitos outros de mesma natureza – equaciona variáveis como direção e velocidade do vento, classe de estabilidade da atmosfera, altura da fonte de poluição, taxas de emissão e superfície do solo – e, com isso, proporcionam aos profissionais de Engenharia a possibilidade de simular o comportamento da nuvem – pluma – de dispersão de acordo com a alteração de qualquer uma de tais variáveis. As melhores decisões – técnicas – podem ser tomadas a partir dessas mudanças de cenário. Portanto, a Engenharia cumpre com seu papel de resolver problemas, nesse caso, da indústria – capitalista – que, no seu fazer produtivo/tecnológico, causa um problema ambiental para o coletivo da sociedade.

O modelo descrito tem sua importância, pois a matemática é usada como ferramenta na construção de algoritmos que facilitam sua execução. Entretanto, esse modelo, como tantos outros, pode ser utilizado para trazer à tona discussões ambientais contundentes, concernentes às condições sociais e humanas. Assim, é preciso desvelar as variáveis reais que compõem esse modelo e debater sobre as implicações sociais da tecnociência que estão imbricadas na resolução desse algoritmo.

Pretende-se aprofundar essa discussão com o seguinte questionamento: por que a variável “problemas respiratórios causados por poluição atmosférica” não entra como mais um elemento na composição das condições de contorno da resolução do problema ambiental gerado pelo lançamento de poluição na atmosfera?

Com dados da Secretaria de Saúde, por exemplo, fica totalmente viável incorporar tal variável ao modelo e considerá-lo nas mais diferentes simulações, as quais podem ser feitas para a busca da solução. Tal variável pode se revelar – como se acredita que ela é – a mais importante na tomada de decisão sobre os métodos e os processos de mitigação para o problema em questão.

Trabalhar nessa perspectiva é explorar outras possibilidades da matemática na educação em Engenharia. É, inclusive, aproveitar disciplinas que, como discutido

anteriormente, apresentam altos índices de retenção e evasão para problematizar a sempre imbricada relação entre Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS) e para fazer efetivas aproximações entre as ciências básicas e a Engenharia.

Problematizações dessa natureza corroboram os argumentos de Bazzo, Pereira e Bazzo (2014) sobre a necessidade de currículos articulados em torno do enfoque CTS. Todas as disciplinas articulam-se em torno do entendimento de que o fazer da Engenharia tem fortes e importantes implicações no contexto social, mais do que isso: as questões sociais, geralmente, precisam ser os elementos definidores das soluções tecnológicas. É isso que as DCNs querem dizer quando preconizam que os profissionais de Engenharia tenham capacidade de absorver e de desenvolver novas tecnologias considerando seus múltiplos aspectos – sociais, políticos, econômicos, ambientais e culturais – no atendimento às demandas e às necessidades da sociedade. Ao propor uma nova forma de conceber a educação matemática em Engenharia alicerçada em discussões consistentes e conscientes sobre a imbricada relação entre ciência, tecnologia e sociedade, Bazzo (2015, p. 216) acredita que:

[...] estaríamos, desta forma, promovendo algumas identificações importantes junto aos estudantes tornando-os em grande medida agentes dessas mudanças tecnológicas e sociais; estaríamos reforçando a convicção da importância de sermos cientificamente cultos, com a possibilidade de sairmos do comportamento passivo para uma atitude ativa na tarefa de aprender; estaríamos assumindo, como efetivos participantes do processo, maiores responsabilidades sobre as próprias programações dessas disciplinas; estaríamos formulando perguntas que requerem respostas mais bem elaboradas do que as encontradas nos “manuais” e, com isso, dirigindo a atenção do estudante para aprender também quando fora das aulas, através de interesses individuais relacionado com a vida.

Nesse sentido, as discussões feitas até esse ponto objetivam problematizar e apresentar elementos para as mudanças que se consideram urgentes na educação em Engenharia. Ao provocar a necessidade de entender os problemas de Engenharia como equações de múltiplas variáveis, aponta-se para um processo formativo mais crítico, reflexivo e interdisciplinar.

Quando a educação em Engenharia for problematizada por meio das variáveis sociais e humanas, o engenheiro poderá assumir uma “atuação crítica”, conforme dita as Diretrizes Curriculares para o ensino de Engenharia. Para tanto, faz-se premente oportunizar reflexões sociais e humanas sobre os modelos tecnocientíficos utilizados. Assim, a Educação Matemática Crítica pode ser um instrumento – além de auxiliar na resolução de problemas de diversas áreas em questões técnicas e tecnológicas – para abrir caminhos para discutir questões sociais nas escolas de engenharia.

## 6 AS IMPLICAÇÕES SOCIAIS DA TECNOCIÊNCIA E AS SUAS RELAÇÕES COM A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

O que é técnica? O que é tecnologia? O que é tecnociência? Qual a relação entre tecnociência e a matemática na Educação em Engenharia? Quais influências a tecnociência têm no processo educacional? Tais indagações levam a uma pergunta chave: como a matemática contribui para a formação do engenheiro quanto aos problemas tecnocientíficos? As leituras iniciais sobre o tema sugerem uma reflexão sobre as interpretações desses termos e sua incorporação nas dimensões sociais.

Para definir o termo tecnociência, precisa-se, inicialmente, diferenciar técnica e tecnologia. Ao pensar na palavra técnica, o que vem à mente, num primeiro momento, é a habilidade para fazer algo ou um determinado conhecimento específico com técnica ou tecnologia. No sentido etimológico, o termo latino equivalente para *techne* é a palavra arte. Logo, esse termo nos remete à produção de algo artificial, de um artefato. Para Cupani (2017, p. 14, grifo do autor), o artificial “[...] é aquilo que resulta da arte ou *techne*, distinguido do natural. Simetricamente, a utilização dos objetos e processos técnicos requer um comportamento específico, conforme regras. Tanto a produção quanto a utilização dos artefatos supõem a aquisição de *habilidades*”.

Todavia, quando se pensa na tecnologia, reflete-se – quase que instantaneamente – sobre um processo mais elaborado, responsável pela criação e pelo desenvolvimento de inúmeros produtos, e sobre um estudo científico que envolva tal processo criatório. Novamente, etimologicamente falando, *technologia* é o próprio *dizer da técnica*, ou seja, o modo como ela é organizada, elencada, sistematizada e pensada. A tecnologia utiliza uma fundamentação teórica das regras técnicas, isto é, busca aplicar conhecimentos científicos à solução de problemas práticos.

Cupani (2017) distingue quatro dimensões ou manifestações da tecnologia, a saber: como objetos, como um modo de conhecimento, como uma forma específica de atividade e como uma determinada atividade humana perante a realidade. Ao relacionar a tecnologia como atividade, o referido autor destaca o papel da engenharia, área vista como paradigma das atividades tecnológicas. Segundo ele, “[...] a engenharia (enquanto epítome da tecnologia) pode ser assim definida como ‘um esforço sistemático para economizar esforço’, que se norteia pelo valor da eficiência, ou seja, de um desempenho em que esforço e resultado respondam a uma relação satisfatória” (CUPANI, 2017, p. 20).

Para enriquecer essa discussão e ampliar os conceitos, apresenta-se também a perspectiva analítica de Mario Bunge sobre tecnologia. O autor entende por técnica o controle ou a transformação da natureza pelo homem, o qual faz uso de conhecimentos pré-científicos. A tecnologia, por sua vez, consiste na técnica de base científica (BUNGE, 1985).

Para Bunge, quer se trate de técnica quer de tecnologia, o que está em jogo é uma atividade consistente na produção de algo artificial, de um artefato, assim como Cupani (2017) já salientou. O artefato pode ser também uma modificação do estado de um sistema natural, a transformação de um sistema ou algo inédito. A tecnologia, para Bunge, pode ser definida como “o campo de conhecimento relativo ao desenho de artefatos e à planificação da sua realização, operação, ajuste, manutenção e monitoramento à luz do conhecimento científico. Ou, resumidamente: o estudo científico do artificial” (BUNGE, 1985, p. 231). Essa caracterização da tecnologia como “campo de conhecimento” expressa que o homem faz uso de base teórica para aprimorar os artefatos ou as técnicas. Nesse sentido, a tecnologia combina conhecimento ordinário, elemento das ciências – como a lógica e a matemática – com conhecimentos não especializados, como habilidades ou práticas. Sendo assim, uma aproximação entre os conceitos e as técnicas, a tecnologia e a ciência. (BUNGE, 1985; CUPANI, 2017).

Ainda, Bunge rejeita a ideia de que a tecnologia seja neutra e autônoma. Como depende de sua produção e do controle de seres humanos, ele defende que ela está sujeita a diversos propósitos. Contudo, considera a tecnologia como forma de aprimorar a existência humana, o que depende é claro dos interesses políticos que a impulsiona (BUNGE, 1985).

Sobre isso, Skovsmose, ao discutir o impacto social da Matemática em Ação – termo já definido anteriormente no capítulo 4 –, faz uso do termo sociotecnologia. O autor utiliza esse termo ao enfatizar o conceito amplo de tecnologia; isto é, reconhece que “a tecnologia recorre a conhecimentos, técnicas, artefatos, estruturas organizacionais, recursos econômicos e prioridades – todos interligados em sistemas de fabricação e *design*”. (SKOVSMOSE, 2009, p. 33).

Assim, a partir dos conceitos de técnica, tecnologia e ciência conceituados por Bunge (1985), Cupani (2004, 2017) e Skovsmose (2009), utiliza-se nesta pesquisa o termo tecnociência para designar o contexto social da tecnologia da ciência. Dessa forma, entende-se por tecnociência “as proximidades e as estreitas relações existentes entre os contextos social e tecnológico da ciência” (CIVIERO, 2016, p. 264).

Afinal, está se vivendo em uma revolução tecnológica, chamada por Schwab (2016) de “a quarta revolução industrial”. Para ele, um dos desafios da atualidade é “o entendimento e

a modelagem da nova revolução tecnológica, a qual implica nada menos que a transformação de toda a humanidade” (SCHWAB, 2016, p. 11). Isso inclui o modo como se vive, trabalha-se e relaciona-se.

A grande amplitude dessa revolução engloba as “possibilidades ilimitadas de milhões de pessoas conectadas por dispositivos móveis, dando origem a um poder de processamento, recursos de armazenamento e acesso ao conhecimento sem precedentes” (SCHWAB, 2016, p. 11). Engloba, também, novidades tecnológicas em diversas áreas, como a inteligência artificial (IA), a robótica, a internet, os veículos autônomos, as impressoras 3D, a nanotecnologia, a biotecnologia, a ciência dos materiais, o armazenamento de energia, a computação quântica, entre outros recursos. Dessa maneira, parafraseando o autor, “fundem-se as tecnologias dos mundos físico, digital e biológico” (SCHWAB, 2016, p. 11).

Na sociedade, isso provoca uma mudança no comportamento das pessoas, em como trabalham, comunicam-se e nos sistemas de produção e consumo. Segundo o autor, “as alterações, em termos de tamanho, velocidade e escopo são históricas”; visto que “a complexidade e a interconexão entre os setores implicam que todos os *stakeholders*<sup>5</sup> da sociedade global – governos, empresas, universidades e sociedade civil – devem trabalhar juntos para melhor entender as tendências emergentes” (SCHWAB, 2016, p. 12).

O autor alerta que, devido ao fato de as tecnologias estarem mudando a vida das pessoas, bem como, das futuras gerações, ela também está remodelando o contexto econômico, social, cultural e humano em que se vive. Sendo assim, o conhecimento produzido e compartilhado passa a ser determinante para o futuro coletivo.

A Inteligência Artificial (IA), por exemplo, está transformando vidas por meio de computadores cada vez mais inteligentes e softwares potentes. Através da exponencial quantidade de dados disponíveis no mundo digital, os algoritmos têm a capacidade de prever nossos interesses culturais ou, até mesmo, descobrir novos medicamentos. “Cada vez mais, nossos dispositivos se tornarão parte de nosso ecossistema pessoal, nos ouvindo, antecipando nossas necessidades e nos ajudando quando necessário – mesmo que não tenhamos pedido” (SCHWAB, 2016, p. 20).

---

<sup>5</sup> Público estratégico (pessoa ou grupo) que está interessado em uma empresa ou negócio. Em inglês *stake* significa interesse, participação, risco. *Holder* significa aquele que possui. Assim, *stakeholder* também significa **parte interessada** ou **interveniente**. É uma palavra em inglês muito utilizada nas áreas de **comunicação**, **administração** e **tecnologia da informação**, cujo objetivo é designar as pessoas e grupos mais importantes para um planejamento estratégico ou plano de negócios, ou seja, as **partes interessadas**. Fonte: <https://www.significados.com.br/stakeholder/>

Apesar dos benefícios, há desafios. A quarta revolução industrial tornou possível a existência de novos produtos e serviços que afetam nosso padrão de vida e escolhas, além de promover um falso desenvolvimento tecnológico que, na maioria das vezes, é impossível de acompanhar. Porém, parece que a concentração de vantagens é apenas para uma porcentagem da população, o que gera uma desigualdade exacerbada. Todas essas mudanças afetam os sistemas econômicos, sociais e políticos. Um desses desafios é pensar em como essas mudanças afetam nosso sistema educacional, principalmente, os cursos de engenharia.

Bordin (2018), em sua tese de doutorado, analisa a relação entre desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento social – chamado por ele de desenvolvimento sociotécnico – que está sendo construída ao longo do processo de formação dos engenheiros. Ele utiliza os preceitos e contribuições dos estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) para apresentar os problemas de Engenharia como “equações” de múltiplas variáveis, cuja tentativa de resolução deve passar por uma educação mais crítica, integradora e interdisciplinar. Nesse contexto, o modelo de desenvolvimento tecnológico hegemônico, que valoriza a promoção da Tecnologia Capitalista, é criticado em face das potencialidades da Tecnologia Social como vetor de inclusão social e como elemento estruturante na/da formação dos profissionais de Engenharia.

Assim como Bordin, ao usar CTS como ponto de partida, destacam-se os autores Walter Antonio Bazzo e Renato Peixoto Dagnino, ambos engenheiros de formação e autores de importantes trabalhos no âmbito das implicações sociais da ciência da tecnologia para além dos limites do espaço universitário.

A Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) constituem um campo de trabalho que compreende entender “os aspectos sociais do fenômeno científico-tecnológico, tanto no que diz respeito às suas condicionantes sociais como no que diz respeito às suas consequências sociais e ambientais” (BAZZO; LINSINGEN, PEREIRA, 2016, p. 151). Em outras palavras, esses estudos buscam compreender e encontrar subsídios para proporcionar um estudo crítico e interdisciplinar da ciência e da tecnologia no contexto de desenvolvimento social.

No cenário educativo, para que os estudos CTS consigam extrapolar os espaços formais de educação, eles necessariamente precisam estar na pauta de discussão nesses espaços. Para entender isso, se faz necessário investir esforços para que as questões contemporâneas ocupem as salas de aula, em especial, das escolas de Engenharia. Destaca-se que os engenheiros, pois, para além de serem desenvolvedores de soluções tecnológicas para a sociedade, são também membros desta. Logo, precisam ter consciência dos impactos da

tecnociência no mundo em que vivem. Para isso, desenvolver a capacidade de analisar crítica e interdisciplinarmente a ciência e a tecnologia no contexto social apresentam-se como uma dimensão premente no processo formativo em Engenharia.

Bordin (2018, p. 56) defende que “é preciso acreditar e investir esforços no poder transformador de uma educação em Engenharia direcionada por questões sociotécnicas”. Para que isso aconteça, ele destaca as potencialidades da Tecnologia Social (TS) como vetor de inclusão social e como um dos elementos estruturantes para a formação dos profissionais de Engenharia. Segundo Dagnino (2014), o conceito de Tecnologia é a

decorrência cognitiva da ação de um coletivo de produtores sobre um processo de trabalho que, em função de um contexto socioeconômico (que engendra a propriedade coletiva dos meios de produção) e de um acordo social (que legitima o associativismo), os quais ensejam, no ambiente produtivo, um controle (autogestionário) e uma cooperação (de tipo voluntário e participativo), permite uma modificação no produto gerado passível de ser apropriada segundo a decisão do coletivo (DAGNINO, 2014, p. 144).

O autor entende a TS a partir do conceito de tecnociência, isto é, como uma decorrência de um processo de trabalho executado por um ator social em função das características do contexto socioeconômico e do ambiente que ele atua de acordo com seu interesse econômico. Ele compreende essa tecnologia como vetor de desenvolvimento sociotécnico, isto é, a TS se fundamenta no compromisso com empreendimentos solidários relacionados a realidades locais, de forma a responder adequadamente os problemas colocados neste contexto em específico (BORDIN, 2018, p. 73).

Além disso, o autor enfatiza que o ambiente político e educacional reforça o modelo atual, quando diz que “aprendemos na escola de engenharia que, por exemplo, quanto maior a escala de um sistema tecnológico (ou, mais simplesmente, de uma tecnologia), mais eficiente ela será” (DAGNINO, 2014, p. 195). E também, destaca que isso se dá pela concepção epistemológica em que se concebe a tecnociência.

De acordo com isso, a universidade reforça a neutralidade da ciência e do determinismo tecnológico “da mesma forma que a ciência busca a verdade, a tecnologia busca e eficiência” (DAGNINO, 2014, p. 199). Isso é constatado na comunidade de pesquisa científica, nas agências de fomento e nas próprias Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia. Dessa forma, os padrões sociais, políticos e econômicos da sociedade contemporânea direcionam os moldes educacionais. Isso evidencia a necessidade de alinhar a

pesquisa de formação de recursos humanos com a inclusão social por meio das tecnologias sociais.

Bordin (2018) destaca ainda que a TS precisa ser entendida como um processo – e não unicamente como produto – socialmente construído pelas pessoas nela envolvidas. Para isso se faz necessário apoio e incentivo para o desenvolvimento dessas tecnologias como uma alternativa viável para a promoção da inclusão social. Isso implica em políticas públicas de ciência e tecnologia e a comunidade de pesquisa – cientistas e engenheiros(as) – como fomentadora de novos modelos acerca da tecnociência (BORDIN, 2018, p. 82). Frente a isso, cabe pensar em como o conhecimento matemático se inclui nesse processo, principalmente na construção dos modelos matemáticos utilizados para o desenvolvimento tecnológico, a fim de questionar sua neutralidade nesse processo.

Nesse contexto, Civiero e Bazzo (2016, 2020) aproximam as fronteiras da Educação Matemática Crítica com o campo CTS, “ao considerar que é preciso capacitar os cidadãos com ‘competência crítica’ para questionar as decisões tecnocientíficas, bem como participar ativamente delas” (CIVIERO, 2016, p. 243). As aproximações desses campos de estudos foram ampliadas pelas discussões sobre as variáveis da equação civilizatória, imbricadas aos construtos matemáticos junto às abordagens da EMC. Os autores compreendem ambos os movimentos como “impulsionadores de questionamentos críticos e reflexivos acerca do contexto científico-tecnológico e social” (CIVIERO; BAZZO, 2016, p. 2).

Ao atentar para essa concepção mais ampla do uso da matemática nos cursos de Engenharia – que contemplem essas outras variáveis –, Skovsmose (2007) sugere refletir sobre os aspectos de toda forma de ação da educação matemática, inclusive os efeitos desta na sociedade. Refletir sobre todas as variáveis envolvidas em um modelo, bem como a ética do processo, faz parte da educação matemática em ação.

## 6.1 EDUCAÇÃO MATEMÁTICA EM AÇÃO

A interpretação da matemática em ação (Skovsmose, 2007) é conexa com as discussões promovidas por Bazzo e Civiero (2020) que defendem uma educação matemática preocupada com as questões contemporâneas, vinculadas à equação civilizatória dos tempos atuais. Todavia, para capturar a concepção de EMC na sociedade tecnológica e fazer as aproximações com as questões sociais, ainda, é preciso reconhecer que o “conhecimento matemático se envolve como parte do alicerce dessa sociedade, emergindo, assim, a

necessidade de questionar a sua posição nessa laboriosa equação civilizatória” (CIVIERO; BAZZO 2020, p. 77).

Para Bazzo (2019, p. 21), a expressão equação civilizatória é mais abrangente que os estudos CTS, pois reúne “as mais diferentes variáveis que surgem a todo instante em uma civilização que está vulnerável às mais aceleradas mutações em seu comportamento cotidiano”. Além disso, é uma metáfora que “conduz a decifrar em todas as áreas as questões que podem ser fulcrais para discutirmos os meandros do processo civilizatório e o seu comportamento ao longo dos tempos”. Ainda, segundo o autor, para resolver a equação com as variáveis contemporâneas, de um lado da igualdade, se teria como objetivo a felicidade através do desenvolvimento tecnológico e humano. “As variáveis, sociais, econômicas e políticas atuais, são consideradas elementos essenciais para análise e interpretação da realidade. Por exemplo, o processo imigratório, as desigualdades sociais, a crise híbrida, a bomba atômica, o aquecimento global, entre tantas outras” (CIVIERO; BAZZO, 2020, p. 77).

Ao considerar os modelos matemáticos como suporte para o desenvolvimento tecnológico e sua inserção nas variáveis contemporâneas da equação civilizatória, é necessário analisar como a matemática em ação opera na sociedade. Para isso, também é preciso considerar o poder formatador da matemática, isto é, a relação entre conhecimento matemático e poder.

A Matemática está em todo lugar, através da matemática pura, da matemática aplicada, das técnicas matemáticas imersas na cultura, na engenharia, na economia, na informática. Enfim, os cálculos de todos os tipos podem representar o que Skovsmose (2007) chama de matemática em ação – primeiro passo para entender a relação entre matemática e poder.

A matemática está em toda parte, como os computadores, sendo que o desenvolvimento destes é tido como tecnológico. A matemática e a computação estão inter-relacionadas sob perspectivas diferentes. Por exemplo,

[...] a suposição “sem a criptografia embasada matematicamente, não teria sido possível o nível corrente das transações financeiras eletrônicas mundiais, que envolvem grandes somas.” Aqui temos que lidar com alarmantes quantidades de aplicações matemáticas, mas não é fácil interpretar essas aplicações em termos de “modelagem”. Não é fácil ver criptografia matemática como qualquer “representação”. Parece ser mais correto pensar a matemática como fazendo algo, à medida que um novo espaço de possibilidades comerciais é criado a partir da criptografia matemática (SKOVSMOSE, 2007, p. 115).

Assim, percebe-se que a teoria da representação da modelagem matemática ignora implicações que façam parte do processo. Essa teoria enfoca a exatidão e a verificação do

modelo, mas não nos contextos e consequências. Ela reduz a discussão a apenas a qualidade da representação. Mas, o que a matemática em ação inclui? Para quem ela inclui?

A matemática em ação pode operar enquanto parte do próprio planejamento tecnológico. Nesse caso, inclui-se os artefatos tecnológicos, bem como as estratégias para a ação (por exemplo, um plano de produção de desenvolvimento de um produto). Um exemplo de como a matemática pode ser base para planejar e tomar decisões é o caso da política eleitoral<sup>6</sup>.

Pense em um político disputando uma eleição. Seu distrito tem três tipos de áreas eleitorais: urbana, suburbana e rural. Para ter a maioria dos votos em cada sessão, ele percebe que algumas questões podem ser influentes e decisivas em certos locais. Suas principais questões são a construção de mais estradas, o controle de armas, os subsídios agrícolas e a tributação sobre o combustível. De acordo com as pesquisas de sua equipe de campanha, é possível estimar quantos votos ele ganhará ou perderá, em cada segmento da população, ao gastar R\$1.000 (mil reais) na publicidade de cada questão. Sua tarefa é descobrir a quantidade mínima de dinheiro que seria preciso gastar para obter 50.000 votos urbanos, 100.000 votos suburbanos e 25.000 votos rurais. A matemática entra em ação através da programação linear para elaborar a melhor estratégia para que ele tenha uma possibilidade “real” de vencer a eleição. A ideia é promover o raciocínio experimental para dar uma base para a tomada de decisão, nesse caso, de como investir o dinheiro para gerar uma possibilidade real. Desse modo, é possível observar as implicações sociais antes de efetuar a ação.

A matemática está envolvida e faz parte de uma tomada real de decisão. Isso se comprova nos milhões que são gastos em publicidade. Apesar de as pessoas acharem que não se deixam enganar pelas estratégias de marketing, as empresas conseguem alcançar suas expectativas de vendas desejadas pelo fato de que os números interferem na sua decisão. Por exemplo: quanto mais pessoas compram um produto, mais a sociedade se convence de que ele é realmente eficiente ou adequado às suas necessidades.

Skovsmose (2007, p. 122) alerta que o desenvolvimento dos modelos e a tomada de decisões a partir deles pode desgastar as condições para uma vida democrática, de modo que questiona:

Quem constrói os modelos? Que aspectos da realidade estão neles incluídos? Quem tem acesso aos modelos? Os modelos são “confiáveis”? Quem está apto a controlá-los? Em que sentido é possível falsificar um modelo? Se tais questões forem

---

<sup>6</sup> Problema adaptado do livro *Algoritmos: teoria e prática*, de Cormen et al. (2002).

adequadamente esclarecidas, os valores tradicionais da democracia podem ser corroídos.

Frequentemente, esses modelos podem ser usados como suporte de decisões ou para legitimar decisões já tomadas. E, ao tomar uma decisão, é onde a matemática e o poder interagem, ao levar em consideração a eliminação do fator humano. Pense na rotineira desumanização das transações econômicas através de um *mouse* e um cartão de crédito. Os novos procedimentos de compra e venda são implementados mediante os “pacotes” que os procedimentos matemáticos materializam.

Outro aspecto a se considerar é a responsabilidade das ações baseadas no modelo:

Em muitos casos, as operações do modelo *podem ser mantidas a uma distância conveniente* das implicações das ações baseadas no modelo. As implicações das ações baseadas no modelo desaparecem sob o *ponto ocultador da visibilidade moral*. Esse também é um aspecto do modo pelo qual a matemática auxilia a estabelecer a cena para tomada de decisões (SKOVSMOSE, 2007, p. 133, grifo do autor).

As conexões entre matemática e poder podem ser vistas pela matemática em ação através das situações hipotéticas na forma de alternativas tecnológicas; também por meio do raciocínio hipotético que, muitas vezes, justifica as escolhas tecnológicas e como parte da compressão das tecnologias, em que a matemática se torna parte da realidade (SKOVSMOSE, 2007). Por isso, cabe considerar a matematização da sociedade, ou como a matemática em ação pode ser um instrumento para considerar as variáveis no centro do processo educacional, no qual as mudanças sociais e o raciocínio científico misturam-se e levam as incertezas em relação ao “progresso” tecnocientífico.

Nesse caso, a matemática é vista como tendo as “mãos limpas”, isto é, apresenta-se como “representante sublime da racionalidade humana” e não necessita de justificativas utilitaristas. Em vista disso, ela é considerada neutra em termos políticos e sociais. Segundo Skovsmose (2007, p. 105):

A tese “de mãos limpas” é frequentemente baseada em um dualismo, que separa dois mundos: um empírico, que conhecemos por meio de nossas experiências sensíveis, e um mundo ideal, ao qual temos acesso apenas pela razão. Esse mundo platônico é governado pelas leis que requerem a razão para sua identificação e a matemática para sua expressão.

Nesse caso, a certeza fornecida pela matemática não se refere às experiências sensoriais, mas às relações entre ideias. Sendo a matemática considerada de “mãos limpas”, o

que se pode dizer sobre a matemática aplicada? A concepção da modelagem matemática como representação da realidade é definida, por Skovsmose (2007, p. 107), como:

a concepção de modelagem matemática como representação da realidade está relacionada a um dualismo, a uma perspectiva de dois-mundos. Por um lado, podemos operar com conceitos matemáticos como sendo parte do mundo das estruturas, como sugerido pelo formalismo. Por outro, podemos operar com a realidade do mundo empírico. Um modelo matemático se torna uma representação de parte dessa realidade. Decerto, tal representação não pode ser completa. Como poderíamos sonhar em fazer uma representação completa da realidade? Mas a linguagem da matemática pode representar diferentes aspectos da realidade. As noções da teoria matemática selecionada podem se referir aos objetos empíricos, e as relações entre esses objetos podem ser descritos em termos de equações.

Entretanto, essa interpretação pode ser problemática para uma discussão dos possíveis papéis sociais da matemática, porque se pode fazer boas e más representações da realidade; e os resultados também podem ser discutidos em termos de qualidade e precisão. Quanto mais próximo da realidade, melhor a representação – isso é modelagem.

O único problema que existe é o técnico, referente ao fornecimento de um ajuste entre modelo e realidade. Os modelos matemáticos podem ser mais ou menos exatos, mas atribuir à matemática, digamos, qualquer responsabilidade pela situação que foi representada seria semelhante a culpar um fotógrafo pela situação que foi retratada. A responsabilidade do fotógrafo tem a ver apenas com a qualidade da fotografia. Tornar técnicas formais disponíveis, e fazê-lo livremente, é um aspecto significativo desse papel da matemática. [...] A teoria da representação da modelagem matemática parece assegurar a inocência da matemática aplicada, similar à inocência da matemática pura. Modelagem não significa envolvimento. Representar pode ser visto como uma operação de “mãos limpas”. Significa uma neutralidade imparcial, embora útil. (SKOVSMOSE, 2007, p. 109).

O autor considera problemática a teoria da representação no caso dos modelos matemáticos. A linguagem da ciência, representada pela linguagem da matemática, mostra uma semelhança natural com a natureza, o que torna possível representá-la através dos modelos matemáticos. Dessa forma, fazer ciência tornou-se a descrição da natureza através destes modelos. Assim, a metáfora da representação veio a trabalhar como um elemento na interpretação de “mãos limpas”, frequentemente dada a todo empreendimento científico. E a teoria da representação, apesar de não estar ativa filosoficamente, sobrevive como uma metáfora metafísica ao operar nos modelos matemáticos ao considerar que modelar significa representar aspectos da realidade na linguagem matemática. Skovsmose (2007, p. 113, grifo próprio) considera problemática essa visão, pois

[...] essa metafísica ajuda a esconder o que está acontecendo no processo de modelagem. **Ela estabelece a matemática aplicada como separada das questões sociais.** Considero problemática quando a modelagem e aplicações são descritas em termos de representações.

Ao refletir sobre o poder formatador da matemática em ação e a tese de mãos limpas, as preocupações se apresentam em relação às dimensões sociais que estão diretamente relacionadas ao conhecimento matemático, mas que ficam ocultas diante de uma tradição arraigada ao positivismo lógico. Por isso, a matematização da sociedade será discutida no próximo item ao relacionar como o aparato da razão sustenta e move esse processo.

## 6.2 A MATEMATIZAÇÃO DA SOCIEDADE

A matemática em ação como elemento estruturante das variáveis que pertencem à “nova equação civilizatória” leva à reflexão sobre a matematização da sociedade, que exige o suporte do *aparato da razão* – ponto central que move e sustenta a complexidade desse processo. Nesse contexto, cabe reflexões em como a matemática opera no desenvolvimento tecnológico e social e sobre as dimensões implícitas à roda viva do sistema hegemônico formatadas por modelos matemáticos.

Do mesmo modo que se apresenta o interesse por discutir as relações de poder impostas por estruturas tecnológicas e o seu entrelaçamento com a matemática nas escolas de engenharia, também se apresenta uma discussão sobre as variáveis dessa nova equação civilizatória, determinadas em função dos aspectos científicos e tecnológicos. Para isso, segundo Civiero e Bazzo (2020, p. 85): “é preciso entender a matemática como elemento estruturante desse processo. Refletir sobre as imbricações sociais da matemática é o primeiro passo em direção à transição para uma educação crítica, logo, (des)conformada”.

Skovsmose (2007) refere-se ao termo *aporia* para entender em que situação se encontra a educação matemática – *aporia* refere-se às dificuldades que permanecem em aberto. Ela indica, em um sentimento mais profundo, que algo é problemático no modo pelo qual a razão opera em relações sociais. Para ele, isso se dá devido “ao aparato da razão – construído por nós, mas, apesar disso, operando fora do nosso controle – pode produzir horrores, assim como maravilhas” (SKOVSMOSE, 2007, p. 166).

O autor aponta cinco aspectos do aparato da razão, os quais estão entrelaçados com a matemática em ação.

- a) *O aparato da razão é uma complexidade construída*, isto é, a matemática está em ação dentro de uma variedade de técnicas científicas e tecnológicas decisivas para o desenvolvimento e a manutenção de tecnologias. Estas são baseadas em prioridades econômicas e políticas, necessidades e oportunidades industriais.
- b) *O aparato da razão estabelece propensões de sociedade para uma ação sociotecnológica*, ou seja, como uma força potencial produtiva. “Estabelece novas oportunidades tecnológicas, à medida que a matemática em ação conduz a situações hipotéticas que podem ser investigadas em detalhes” (SKOVSMOSE, 2007, p. 157).
- c) *O aparato da razão está se desenvolvendo em saltos imprevisíveis*, ao se reorganizar continuamente, de modo que novos “poderes” fornecidos pela matemática e a ciência são incluídos. A reconfiguração permanente de conhecimentos antigos em novos estudos promove esses saltos, por exemplo, o uso da criptografia moderna que resulta da teoria dos números.
- d) *O aparato da razão inclui novos padrões de qualidade*, através de uma variedade de elementos da ciência, negócios, gerenciamento, engenharia, um novo discurso é criado.
- e) *O aparato da razão representa a unificação do conhecimento do poder*. É uma constelação de conhecimento disponível, de tecnologia já desenvolvida, interesses econômicos e políticos que estabelecem prioridades e possibilidades de novos constructos tecnológicos.

Qual é o papel desempenhado pelo *aparato da razão* ao refletir sobre a matemática em ação na formação dos engenheiros? Ao colocar as inovações tecnológicas em ação – através dos modelos matemáticos –, a sociedade transforma-se em um campo de experimentações; porém, antes disso, faz-se necessário avaliar as implicações e as consequências. O raciocínio hipotético opera em situações fictícias construídas pelo próprio modelo.

Por isso, ao aprofundar a análise nas implicações sociais da tecnociência, pode-se constatar que as mudanças sociais que se vivencia, desde a revolução industrial e agravada com a revolução tecnológica, começam a tomar proporções consideráveis ao transbordar para além do técnico. Para compreender o que tudo isso significa, é necessário reflexões mais esclarecidas e empregadas dentro das escolas de engenharia, em especial, as que trabalham com educação tecnológica.

Isso significa que o *aparato da razão*, através dos seus recursos matemáticos, pode identificar e avaliar as consequências das ações tecnológicas. Mas, para identificar as implicações das tecnologias ainda não efetuadas, é necessário investigar minuciosamente a situação hipotética. Isso, em muitos casos, é feito pelos recursos matemáticos pertencentes ao aparato da razão. O paradoxo da razão provoca desafios para a educação matemática, entre eles, como esta educação pode praticar diferentes funções sociais, em diferentes contextos e grupos de pessoas. Skovsmose (2007, p. 106-107) classifica esses grupos em construtores, operadores, consumidores e marginalizados.

As práticas de construção são “todo tipo de construção e elaboração de tecnologias em que a matemática é empregada” (SKOVSMOSE, 2007, p. 106). As práticas de operação são “procedimentos que envolvem matemática, como aqueles exercidos por laboratoristas, contadores, agentes de viagens etc.” (SKOVSMOSE, 2007, p. 106). Nas práticas de consumo, a matemática não aparece de modo explícito, mas na “compra ou aquisição de todo tipo de bens, seja frequentando lojas, assistindo TV, viajando etc.” (SKOVSMOSE, 2007, p. 107). No caso das práticas dos marginalizados, são “situações pelas quais passam esse enorme contingente de pessoas que estão alijadas da ordem econômica globalizada” (SKOVSMOSE, 2007, p. 107).

Em todas essas práticas, a matemática aparece como um elemento a ser incluído em suas competências. Assim, defende-se que os cursos de engenharia que buscam adequar seus currículos por competências devem considerar proporcionar aos futuros engenheiros o conhecimento da ambivalência das técnicas matemáticas. Isso significa ir além de práticas como modelar, prever, verificar e validar modelos através de métodos adequados, de modo a prepará-los para agir com ética e serem responsáveis por essa ação.

Para que isso aconteça, torna-se necessário uma reflexão por parte dos professores. Para estes assumirem tais responsabilidades, inicialmente, é preciso que algumas premissas façam parte de seus questionamentos como educadores. É necessário questionar as competências para quê, para quem e por quê. Segundo Bazzo, Pereira e Bazzo (2014, p. 73, grifo próprio), os docentes precisam refletir e analisar sobre

[...] as implicações da ciência e da tecnologia junto à sociedade contemporânea; a relação que compromete o ensino desenvolvido nas escolas e a atuação do futuro profissional na sociedade; a história, não só da construção dos artefatos, **mas principalmente das ideias que permeiam o desenvolvimento científico-tecnológico; as modificações** processadas no mercado de trabalho, que por certo, apontarão a necessidade de novas formações profissionais.

Assim, torna-se imprescindível entender as relações da tecnociência com a educação matemática; pois, as variáveis dessa equação civilizatória estão postas e nossos engenheiros em

formação precisam entender qual é o seu papel nesse processo, assim como a engenharia que, através da educação matemática, pode se voltar para o desenvolvimento humano.

### 6.3 UMA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA VOLTADA PARA O DESENVOLVIMENTO HUMANO

Ao questionar os moldes da educação matemática atual desenvolvida nos cursos de engenharia e discutir uma abordagem crítica como caminho para questionar e tomar decisões em sociedade, é necessário “condicionar desenvolvimento tecnológico ao desenvolvimento humano” (CIVIERO, 2016, p. 249). E para isso, é necessário “ampliar os olhares para os desafios de uma nova equação civilizatória, composta por distintos elementos da contemporaneidade” (CIVIERO; BAZZO, 2020, p. 85).

Ao se modelar a equação civilizatória, enfatiza-se a importância da vida e a busca por felicidade. No entanto, ainda há problemas a resolver. Segundo Harari (2018), não se tem ideia de como será o mundo em 2050, pois a revolução tecnológica abastece-se dos avanços da ciência e da tecnologia. A mudança é a única constante nessa exponencial tecnológica. Eis a questão posta por Harari (2018): quais habilidades serão necessárias para conseguir um emprego, compreender o que está acontecendo à sua volta e percorrer o labirinto da vida? “[...] porque uma vez tendo a tecnologia nos capacitando a projetar e construir corpos, cérebros e mentes, não podemos mais ter certeza de nada – inclusive coisas que pareciam ser fixas e eternas” (HARARI, 2018, p. 320), inclusive a matemática.

O autor ainda afirma que abarrotar os estudantes de informações não é o caminho. Eles já têm informação demais. “Em vez disso, as pessoas precisam de capacidade para extrair um sentido da informação, perceber a diferença entre o que é importante e o que não é, e acima de tudo combinar os muitos fragmentos de informação num amplo quadro do mundo” (HARARI, 2018, p. 322). Mas, então, o que se deveria ensinar?

[...] pensamento crítico, comunicação, colaboração e criatividade. Num sentido mais amplo, as escolas deveriam minimizar habilidades técnicas e enfatizar habilidades para propósitos genéricos da vida. O mais importante de tudo será a habilidade para lidar com mudanças, aprender coisas novas e preservar seu equilíbrio mental em situações que não lhe são familiares (HARARI, 2018, p. 323).

Como já se ressaltou, as aceleradas mudanças em todos os estágios da vida estão tornando o modelo tradicional obsoleto. Com a inundação de enormes quantidades de informação e o mundo imerso em incertezas, a educação deve se preocupar em analisar,

interpretar e pensar em soluções para o bem comum. Nesse caso, Civiero (2016) sugere aproximar a formação dos professores de matemática da realidade, isto é, uma formação “voltada para o desenvolvimento de uma educação crítica, ao invés de uma perspectiva voltada apenas para delimitação de conteúdos e saberes meramente disciplinares, em favor da EMC articulada com as variáveis da nova equação civilizatória” (CIVIERO, 2016, p. 294).

Ao considerar essa possibilidade, a autora compreende que o papel da EMC, na formação dos professores de matemática, tem potencial para

a) desmistificar o conhecimento matemático; b) influenciar a construção de um viés crítico do futuro professor que dará continuidade com seus alunos; c) pensar o ensino da matemática de uma forma crítica; desenvolver a autonomia; d) mobilizar o pensamento de futuros professores para questionar e desconfiar das verdades ditas absolutas; e) sair apenas do discurso que está formando cidadãos críticos e conscientes e atuar para que isso ocorra; f) formar para a emancipação do professor de matemática para que esse prepare seus alunos na mesma perspectiva (CIVIERO, 2016 *apud* BAZZO; CIVIERO, 2020, p. 88).

Assim como a autora, o educador matemático Ubiratan D’Ambrosio, também reforça a reflexão sobre prática docente como um dos caminhos priorizando o incentivo às descobertas do aprendiz e não à apologia de habilidades e competências matemáticas. A utilização crítica e consciente do instrumental que a disciplina matemática proporciona deve caminhar a par dos valores humanísticos. O saber descontextualizado e meramente repetitivo não contribui para a formação do ser humano, apenas reproduz valores apregoados pelo sistema educacional vigente – que já se mostraram incapazes de operar fora dos parâmetros de classificação e exclusão.

Acrescenta ainda que a missão como educadores é preparar gerações para um futuro digno para todos, pois a humanidade como espécie está ameaçada por um colapso social. Dessa forma, os educadores matemáticos que trabalham diretamente com engenheiros em formação, devem sua “responsabilidade perante questões de sustentabilidade, de alterações climáticas e de pandemias, que são urgentes”. (D’AMBROSIO, 2018, p. 197). Essa fala do autor corrobora com o que já foi anunciado na introdução sobre papel da matemática diante das pandemias. O autor chama a atenção para um novo pensamento dentro da Educação Matemática, pois a maioria dos estudantes que finalizam o ensino superior

[...] serão os futuros tomadores de decisão nas empresas privadas e em cargos públicos. Será impossível atingir esses tomadores de decisão e profissionais de outras áreas com um ensino obsoleto e desinteressante da matemática. Na verdade, insistir nesses programas é um esforço inútil quando pensamos em atingir setores importantes da sociedade (D’AMBROSIO, 2018, p. 198).

D'Ambrosio salienta, como principal problema, o “linguajar inacessível” da matemática. Utiliza a metáfora “gaiola epistemológica” para descrever sistemas de conhecimento. Segundo ele,

O conhecimento tradicional é como uma gaiola de pássaros. Os pássaros na gaiola comunicam-se numa linguagem somente conhecida por eles. São alimentados com o que está na gaiola, voam apenas no espaço da gaiola, veem e sentem apenas o que as grades da gaiola permitem. Eles se repetem, reproduzem e procriam. Mas não podem ver a cor exterior da gaiola. Uma situação semelhante pode acontecer com os estudiosos especializados. Os estudiosos na gaiola desenvolvem seu próprio jargão e aderem a padrões metodológicos e ontológicos rigorosos. Superar a mesmice acadêmica é um grande desafio. É frequente ver pesquisadores subordinando os seus alunos a temas propostos pelos orientadores, restringindo o seu espaço para a criatividade. [...] “Não se trata de destruir as gaiolas epistemológicas. A organização em disciplinas conduz ao necessário avanço do conhecimento especializado. Mas, metaforicamente, as portas da gaiola devem estar abertas para sair e voltar com ideias novas apreendidas do mundo exterior (D'AMBROSIO, 2018, p. 199).

É mister que nossos estudantes saiam da gaiola, questionem e repensem as conexões entre teorias matemáticas e as áreas correlatas, como a engenharia. O desafio aos professores é “considerar o ensino de matemática como um instrumento de intervenção social” (CIVIERO, 2016, p. 293), e pensar como ela pode contribuir para a humanização das ações, principalmente quando condicionada à “ideologia da certeza” pela sociedade tecnológica.

Ao problematizar o papel, as competências e as responsabilidades do professor de matemática em face dos cursos de Engenharia, numa perspectiva crítica de educação matemática que se busca construir, intenciona-se auxiliar, por meio da formação docente, a criação de condições para uma educação tecnológica mais dinâmica e comprometida com as questões sociais.

## 7 O MOVIMENTO PRODUTIVO DA EMPÍRIA

O presente capítulo é destinado a descrição, análise e discussão do trabalho empírico realizado junto aos docentes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Nesse capítulo destaco as análises resultantes do estudo empírico, realizado na forma de entrevistas com professores de matemática dos cursos de Engenharia, construído com o propósito de identificar de que forma os docentes promovem o conhecimento matemático em sua prática docente em virtude do envolvimento da disciplina com as questões tecnocientíficas contemporâneas. Além de detectar possibilidades curriculares e de atuação do professor com vistas a uma educação matemática em Engenharia, comprometida com o desenvolvimento social. Com esse trabalho foi possível estabelecer categorias de análise que, ao encontro do problema de pesquisa, dos objetivos e do arcabouço teórico, se destacam como elementos fulcrais na construção dessa tese.

Como explanado no capítulo 2, essa pesquisa, de caráter qualitativo, utiliza como caminho empírico da Análise Textual Discursiva (ATD). A partir do material de análise – as entrevistas –, a pesquisa qualitativa não pretende comprovar ou refutar hipóteses, mas sim compreendê-las por meio do processo.

Para a produção dos dados, os critérios de inclusão – professores de matemática atuantes no curso de Engenharia – permitiram selecionar, inicialmente, 187 professores. Nesse primeiro levantamento, foi feito um convite individual, através do endereço eletrônico institucional cadastrado no sistema da universidade participante, para todos os professores de matemática de todos os *campi* da instituição.

Inicialmente, a ideia era entrevistar três professores de cada campus, totalizando 29 professores. No entanto, uma vez que a participação não era obrigatória, nem todos os professores responderam positivamente para a participação. Logo, o convite resultou em uma baixa adesão, o que também é um elemento de análise significativo para esse tema, isto é, resultou em um questionamento: há interesse nesse tipo de discussão?

No total, foram entrevistados doze professores de sete *campi*. Cabe salientar que foram enviadas cartas de anuência – estas cartas foram exigidas pelo comitê de ética – para cada *campus* individualmente, e que cada departamento de matemática foi autorizado pelo diretor geral para participar. À vista disso, todos os professores da área estavam cientes da pesquisa.

A realização das entrevistas se deu em dois momentos. Em dezembro de 2018, foi realizado um estudo piloto com três docentes; uma vez que Canhota (2008) argumenta que

realização do estudo piloto permite ao pesquisador chegar ao *locus* de sua pesquisa mais experiente e com escolhas metodológicas mais afinadas. A intenção, naquele primeiro momento, foi testar, avaliar e aprimorar os procedimentos metodológicos de produção dos dados e informações de análise dos resultados da pesquisa.

Para além de testar o roteiro de entrevista – se as perguntas estavam coerentes com os objetivos propostos, sem dupla interpretação e sem indução de respostas e mensuração do tempo para sua realização, por exemplo – o estudo piloto proporcionou, mesmo que numa amostra reduzida e não representativa, a possibilidade de antever alguns resultados.

Convém mencionar também, que o estudo piloto foi realizado antes do exame de qualificação da tese que ocorreu em abril de 2019. Isso porque se entendeu necessário oferecer aos avaliadores não apenas as intenções da pesquisa – arcabouço teórico metodológico –, mas também o seu andamento. Além disso, o olhar apurado e a experiência dos avaliadores (re)orientariam, a partir do produto e do processo até ali apresentado, importantes questões para a sequência do trabalho.

A partir das contribuições dos avaliadores, reorganizou-se algumas ideias de forma a tornar a proposta mais clara e consistente. Especificamente sobre o roteiro de entrevista, que apresentou questões modificadas e novos entendimentos foram construídos a fim de responder aos objetivos da pesquisa. No entanto, a essência foi mantida. Decorre disso que as análises que foram feitas consideram a totalidade das intervenções, ou seja, não houve o descarte do estudo piloto.

Os caminhos percorridos começam pela desconstrução dos textos e pela definição das categorias de análise. Estabeleceu-se definição de categorias *a priori*, conforme sugere a autora precursora dessa metodologia (MORAES, 2003). Ao discorrer sobre as categorias, destaca-se que elas são resultantes de um processo que se iniciou com a definição do problema de pesquisa e dos objetivos que nortearam a busca pelas respostas. Além disso, essas categorias são reflexos da construção teórica acerca do objeto de pesquisa e das intencionalidades materializadas no instrumento de produção de dados e informações.

Os temas discutidos com os professores por meio do roteiro de entrevista carregam intenções, que, quando analisadas frente às transcrições das entrevistas, permitiram o direcionamento das análises para as seguintes categorias *a priori*:

- a) a prática docente e as compreensões científicas e tecnológicas dos professores de matemática em engenharia;

- b) as relações entre as dimensões sociais e o conhecimento matemático nos cursos de Engenharia;
- c) as atividades docentes e suas articulações com as variáveis contemporâneas;
- d) o professor de matemática na engenharia e a necessidade de formação contínua.

Essas categorias refletem uma sequência lógica. Assim, percebeu-se a importância em iniciar a investigação pelas compreensões dos professores acerca do conhecimento matemático nos cursos de Engenharia e avançar para os reflexos de tais compreensões – técnicas e/ou sociais e/ou tecnocientíficas – na formação matemática dos engenheiros idealizada pelos docentes.

Em seguida contemplou-se a educação matemática em engenharia num contexto mais amplo, ao pensar nas dimensões sociais desse conhecimento. Com esse entendimento, foram levantadas informações, principalmente, sobre os conceitos previstos no currículo e as dificuldades e possibilidades de materialização na perspectiva da educação matemática crítica, defendida nesta tese. Nesse mesmo conjunto, aprofundou-se a questão ao trazer à discussão os modelos matemáticos – utilizados com frequência na educação em Engenharia – e suas articulações com as variáveis sociais e humanas, para buscar exemplos e contraexemplos que pudessem ajudar a compreender melhor a temática investigada. Por fim, conforme construído no arcabouço teórico, foi dada atenção à atividade docente e às articulações com as variáveis contemporâneas, bem como a necessidade de formação contínua ao refletir sobre as questões atuais.

Convém destacar, mais uma vez, que os docentes de matemática dos cursos de Engenharia da UTFPR constituem o estudo de caso deste trabalho. No entanto, a pesquisa não tem a intenção de “resolver” os problemas educacionais postos no referencial teórico e, por muitas vezes, relatados pelos professores nas entrevistas. Conforme destacado por Gil (2002) e Lüdke e André (1986), o estudo de caso não é usado para fornecer, unicamente, um conhecimento preciso da unidade de análise, mas sim para proporcionar uma visão mais ampla do problema de investigação, permitindo generalizações.

No caso desta tese, o *corpus* são as entrevistas realizadas com os docentes de matemática da UTFPR e transcritas individualmente, logo, cada uma tornou-se um documento de análise. A cada entrevista foi atribuído um número, como um código para cada documento. A partir de cada texto, foram sendo construídas as unidades de análise, que foram definidas em função dos objetivos propostos na pesquisa.

Como já discutido no capítulo concernente à metodologia da pesquisa, a análise textual discursiva nos conduz por um percurso organizado do qual emergem novas compreensões e entendimentos sobre o fenômeno estudado. Ele se constitui de quatro momentos metodológicos, que são: (1) unitarização, (2) categorização, (3) metatexto e (4) auto-organização (MORAES, 2003).

A etapa de unitarização foi composta pela desconstrução dos textos, organização e codificação do material transcrito. Além disso, fez parte dessa etapa uma primeira leitura compreensiva em que se buscou traçar as primeiras relações entre o conteúdo dos textos e a construção teórica acerca do tema estudado. Para facilitar a etapa subsequente – a categorização – destacou-se no *corpus*, ao fazer uso da função negrito para realçar os trechos em que havia correspondências.

Tendo, então, como referência as categorias *a priori*, o trabalho deu continuidade pela identificação em cada entrevista dos elementos de fala relacionados com a categoria que estava sendo analisada em cada momento. Convém destacar que os elementos de fala nem sempre estavam no “lugar” correspondente à pergunta sobre o respectivo tema. Num plano flexível de conversa, algo oportunizado pela entrevista semiestruturada, foi comum que os docentes retomassem aspectos já discutidos, confirmando ou contradizendo os argumentos usados.

Nessa fase da categorização, o trabalho foi de varredura do texto através de leituras a fim de encontrar todos os elementos relacionados com cada categoria *a priori*. Nesse movimento circular e cíclico que constitui a unitarização, foi possível identificar convergências e divergências por meio de unidades de análise e, então, destacar subcategorias *emergentes* do conjunto de entrevistas. Tais subcategorias compõem os principais elementos de problematização, discussão e teorização sobre a temática da pesquisa. Nessa perspectiva, os capítulos de aporte teórico carregam os elementos que foram fundamentais para a análise e a interpretação dos dados provenientes do estudo empírico.

O metatexto foi construído na sequência de cada categoria de análise através da auto-organização, chamado por Moraes (2003) de um processo de aprendizagem viva, o movimento em que se utiliza do exercício de desconstrução para emergir novas possibilidades de aprendizagem.

Na sequência do trabalho, o processo será descrito e realizado para cada uma das categorias *a priori*. Por questões didáticas e, essencialmente, para facilitar o entendimento do leitor, os quadros gerados durante o processo de subcategorização serão apresentados no próprio corpo do texto.

## 7.1 A PRÁTICA DOCENTE E AS COMPREENSÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DOS PROFESSORES DE MATEMÁTICA EM ENGENHARIA

No início de cada entrevista – preâmbulo –, solicitou-se que o professor discorresse sobre sua trajetória profissional. Esse momento foi concebido com a intenção de iniciar o estabelecimento da comunicação entre entrevistado e a pesquisadora e para relacionar as informações disponibilizadas com os demais temas da entrevista, principalmente com a primeira temática da conversa (ver Apêndice A), a qual investiga, em síntese, as compreensões científicas e tecnológicas dos professores, oriundas da própria formação e da sua prática docente.

Nota-se, através do preâmbulo, que há professores mais experientes, que estão na UTFPR desde que essa era CEFET, conforme registrado no capítulo que se discorreu sobre a história da universidade. Por esse motivo, entende-se alguns posicionamentos nas suas práticas que prevalecem e se mantêm atualmente. Além desses, há professores oriundos da expansão e da interiorização da universidade, a partir de 2009, que estão em constante movimento ao construir suas concepções.

Nesse contexto, a primeira temática da entrevista busca entender, sem classificar, as concepções científicas e tecnológicas dos professores de matemática que permeiam sua prática docente nos cursos de Engenharia. Para tanto, ao introduzir o tema para os participantes da entrevista, fez-se uso de uma citação de Harari (2018) que preconiza o futuro perante os avanços tecnológicos, sobretudo ao refletir sobre as mudanças que a revolução tecnológica está causando. Após apresentar um trecho desse autor, o entrevistado foi questionado sobre sua prática docente, ou seja, foi-lhe questionado sobre as metodologias ou ferramentas que costuma utilizar para explorar os conceitos matemáticos nas disciplinas que ministra e as suas intenções, preocupações e concepções quanto ao conhecimento matemático e as questões tecnocientíficas.

Para organizar as informações e relações provenientes da entrevista, o Quadro 8 apresenta o ir e vir do movimento de desconstrução do texto inicialmente analisado – unitarização –; e, posteriormente, de construção dos novos significados – categorias emergentes – em busca de responder aos objetivos da pesquisa – comunicação. Convém explicar, neste ponto, que os termos e/ou expressões mais representativos(as) das unidades de análise (destacados em negrito) foram o mote para aglutinar as convergências e fazer emergir as subcategorias.

Quadro 8 – Processo de unitarização e sub(categorização): a prática docente e as compreensões científicas e tecnológicas dos professores de matemática em Engenharia

<i>Categoria a priori:</i> <b>A prática docente e as compreensões científicas e tecnológicas dos professores de matemática em Engenharia</b>	
Unidades de análise Termos/expressões mais representativos(as)	Categorias emergentes
<p>P1: “[...] foco muito no <b>uso de tecnologias</b>, mas tenho <b>uma preocupação com a realidade</b>”.</p> <p>P2 “Se eu for para a área de Estatística ou mesmo no Cálculo III, <b>tudo é muito envolvido com tecnologias, eu utilizo tecnologias em sala, em Estatística isso é muito mais forte.</b></p> <p>P3: “[...] eu acabei sendo sempre muito <b>tradicional</b> até por uma certa dificuldade em como, e até uma opção mesmo, <b>em como conseguir aplicar as ferramentas educativas, as ferramentas tecnológicas</b> em sala de aula de uma forma positiva. Por exemplo, ao tentar utilizar um software, uma aplicação. Usei alguma coisa com o <i>Geogebra</i>, <i>Winplot</i>, alguns outros softwares em algumas disciplinas facilita um pouco. Por exemplo, trabalhei com o Scilab em Cálculo Numérico, você trabalha <b>outras linguagens</b>. Mas agora com relação às <b>ferramentas de tecnologia</b> eu sempre tive dificuldade”.</p> <p>P4: “O que a gente faz na engenharia é o <b>uso de softwares</b>, mais especialmente o software R que ele possa e <b>venha facilitar toda essa parte de cálculos</b>, enfim, construção de gráficos e tabelas. [...] <b>ele vai ter que saber usar uma ferramenta, uma tecnologia</b>”.</p> <p>P5: “Porque aula de cálculo é matéria, eu falo pra eles, <b>é lousa</b>.”</p> <p>P6: “Hoje em dia a gente vê que tem software para resolver praticamente tudo na vida profissional deles. Então acho que <b>vai ser esse olhar crítico de analisar a resposta de um software, ver se faz sentido</b>, saber onde buscar algo quando o software não estiver dando conta.</p> <p>P7: “Então tem <b>algumas tarefas que fazem uso propriamente de recursos tecnológicos</b>, seja no sentido de explorar um objeto de aprendizagem (<i>Geogebra</i>)”.</p> <p>P8: “Faço uso de <b>aulas expositivas com resolução de exercícios</b> de forma individual ou em grupo”.</p> <p>P9: “Acho assim que essa questão das tecnologias acho importante, acho que a gente tem que sempre possível utilizar, <b>só que eu acho que isso é uma coisa que não é o centro.</b>”</p> <p>P10: “A estatística aplicada eu faço ela toda no <b>computador</b>, a gente não fica fazendo as contas a mão, porque sempre que tem um conjunto de dados, <b>sempre tem uma ferramenta</b></p>	<p>Metodologias e ferramentas tecnológicas</p>

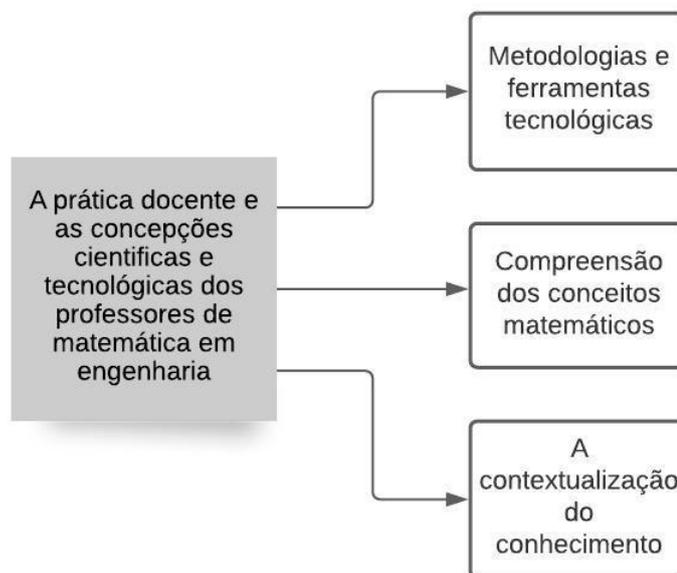
<p><b>para poder analisar.</b> [...] Na probabilidade eles entendem os conceitos, fazem o mais operacional na mão mesmo, mas aí quando entra nessa disciplina é <b>tudo computacional.</b>”</p> <p>P12: “Nós utilizamos os <i>softwares</i>, em especial, o software livre, aqui na universidade como <b>apoio didático</b>. E, também, o uso de metodologias, como as <b>metodologias ativas</b> ou alguns os recursos que vem dessa denominação.”</p>	
<p>P1: “Eu preciso que eles <b>entendam aquele conteúdo além de saber discutir aquele conteúdo</b>, mas tem que conhecer um pouco do conteúdo para discutir.”</p> <p>P2: “Eu confesso que quando eu trabalho com a disciplina de Geometria Analítica e Álgebra Linear eu não consigo desenvolver muitas questões relacionadas a utilizar essa tecnologia ou a questões críticas de compreensão do conteúdo. Eu acabo <b>ficando mais preocupado no entendimento do conteúdo matemático em sim</b>. Toda a minha preparação de aula é focada nesse aspecto.”</p> <p>P3: “Então eu olho para eles e falo muito do que eles vão ver depois... [...] consigo falar muita coisa, <b>falo da Física pra eles.</b>”</p> <p>P5: “Porque dependendo do jeito que você ensinar matemática para o engenheiro, ele vai continuar fazendo isso, <b>porque vai ficar na cabeça dele que o limite, a derivada e a integral é uma ferramenta para ele fazer cálculo e só.</b>”</p> <p>P6: Até assim nas provas eu não me prendo muito a eles decorarem fórmulas, demonstrações, e sim essa coisa mais de <b>"você chegou numa resposta, o que isso significa?"</b></p> <p>P7: “Hoje estou com um projeto olhando a questão do <b>desenvolvimento do raciocínio com tarefas de cálculo.</b> [...] O projeto está olhando a questão do desenvolvimento do raciocínio, a questão dos processos de raciocínio que são mobilizados no trabalho com tarefas.”</p> <p>P8: Minha principal preocupação ao preparar uma aula é que ela possa ser a mais <b>didática</b> possível e o <b>conteúdo acessível a todos.</b></p> <p>P9: “Nós viemos do ensino predominantemente expositivo. O professor vai lá e explica, o método tradicional. <b>E eu sinto dificuldades em tenta adaptar a maneira como eu trabalho hoje para outra realidade.</b> [...] <b>Que ele use mais o raciocínio do que simplesmente técnico</b>”.</p> <p>P10: “Eu tenho essa preocupação muito de <b>contextualizar</b> e de que eles <b>saibam o que estão fazendo e porque estão fazendo</b>”. Então toda vez que faz um experimento tipo qual é a conclusão desse experimento e não simplesmente resultado”.</p> <p>P11: Aí te deixam hiper perplexos quando <b>conseguem fazer tantas contas e não tem a menor ideia de que o conceito é aquele e eles nunca vão conseguir correlacionar aquilo</b></p>	<p>Compreensão dos conceitos matemáticos</p>

<p><b>com a atividade profissional deles</b>, se eles não entendem aquele conceito.</p> <p>P12: “Eu sempre procuro trabalhar as duas partes, a teoria e apresentar uma possibilidade de aplicação ainda, que ela esteja bem simplificada <b>de acordo com o nível que eu estou trabalhando no curso.</b>”</p>	
<p>P3: “Então tentar trazer algum exercício mais voltado a conceitos e <b>aplicações dentro da área do curso.</b>”</p> <p>P4: “Eu sempre costumo <b>contextualizar dentro da especificidade da turma.</b>”</p> <p>P6: “[...] fui fazendo minhas anotações, complementando com outras coisas que buscava na internet, <b>algumas aplicações</b>, conversava com professores do curso, da área da engenharia, <b>para saber como eu poder aplicar aquilo lá de alguma forma para os alunos.</b>”</p> <p>P7: “E vejo que, ao levar determinadas situações que, embora sejam artificiais, tendem a <b>trazer contextos</b> que um dia talvez ele tenha que encarar enquanto engenheiro. Que o aluno sinta que o Cálculo é importante para a formação dele.”</p> <p>P9: “Como tenho uma formação na área de matemática, o que <b>é mis difícil para mim é a questão de aplicar isso na área da engenharia.</b> Por exemplo, se você pegar Cálculo I, como aplicar isso de <b>um modo que seja significativo para o aluno.</b> Porque quando eles vêm para um curso de engenharia, eles querem ter contato com a área de engenharia que eles estão.”</p> <p>P10: “Quando eu vou preparar uma aula para o curso de engenharia, eu acho que <b>tem que ter uma aplicação</b> e não a estatística por estatística. [...] minhas aulas são resoluções de problemas, <b>eu trago uma situação problema</b> e aí a partir disso a gente vai trabalhando.”</p> <p>P11: “Na medida do possível você tenta <b>encontrar um contexto um pouco mais aplicado para o aluno conseguir transpor aquele conceito para uma situação um pouco mais aplicada</b> ainda que bastante teórica seja a disciplina de matemática.”</p> <p>P12: “Então, sempre, basicamente, nessa ordem: <b>a teoria, aí vem o exercício e vem a aplicação.</b> Algumas vezes, <b>nós partimos da aplicação como motivação</b> e aí apresentamos a teoria lá o final, assim conseguimos responder à pergunta que surgiu como motivação para o estudo.”</p>	<p>A contextualização do conhecimento</p>

Fonte: da autora (2021).

Como forma de sintetizar os resultados da construção feita no Quadro 8, a Figura 5 apresenta as subcategorias de análise para a categoria: a prática docente e as concepções científicas e tecnológicas dos professores de matemática em Engenharia.

Figura 5 – Síntese da subcategoria de análise: a prática docente e as compreensões científicas e tecnológicas dos professores de matemática em Engenharia



Fonte: a autora (2021).

A partir disso, as três subcategorias foram discutidas por meio de um texto síntese – o metatexto –, no qual se concentrou esforços para, também, estabelecer relações em profundidade – a análise/comunicação – com todos os elementos construídos ao longo deste trabalho de pesquisa.

### 7.1.1 A prevalência da matemática estritamente racional, neutra e afastada da realidade

Ao analisar a categoria *a priori*, temos indícios de que a prática docente dos professores de matemática nos cursos de Engenharia ainda tem como cerne a metodologia tradicional, com a resolução de exercícios para a compreensão dos conceitos e a contextualização do conhecimento como forma de motivação ou demonstração de uma matemática utilitária. Nota-se que a concepção de tecnologia para esses docentes é a utilização de *softwares* como ferramentas de ensino, isto é, para uso metodológico. Percebe-se isso quando se atenta para a preocupação do docente ao planejar sua aula, como relata o entrevistado:

A preocupação sempre é planejar a aula, tenho focado muito no uso de tecnologias. Tem gente ainda negando o uso de tecnologias, mas uma negação até radical. **Eu foco**

**muito no uso de tecnologias, mas eu tenho uma preocupação com a realidade. A matemática é vista como uma verdade absoluta, são verdades absolutas. Mas, isso está isolado na matemática, no mundo da matemática (P1).**

Essa fala exemplifica o quanto a matemática é vista como neutra e absoluta. A preocupação com a realidade, mas a matemática como parte dessa realidade, dentro de um “mundo” que parece dissociado do mundo real. Esse modo de ver a matemática está de acordo com a concepção de educação matemática moderna, que apresenta a matemática como ferramenta. Para Skovsmose (2014, p. 75), “a educação matemática moderna apresenta a matemática como ferramenta indispensável para a compreensão da natureza e para a realização de todos os projetos tecnológicos, além de valorizá-la em sua forma pura”.

O papel do professor nesse contexto é de “embaixador da matemática”, segundo Skovsmose (2014), ou seja, deve se preocupar com os ambientes de aprendizagem atrativos ao garantir que os estudantes se motivem e apreciem o conteúdo. Dessa forma, a matemática é alçada à soberana das ciências, ao se exaltar sua racionalidade e a confiança absoluta nos números.

A matemática vista dessa forma aparece em outra fala:

Então, sempre, basicamente, nessa ordem: a teoria, aí vem o exercício e vem a aplicação. Algumas vezes, nós partimos da aplicação como motivação e aí apresentamos a teoria lá o final, assim conseguimos responder à pergunta que surgiu como motivação para o estudo. Isso é feito no cálculo como, por exemplo, no estudo das taxas relacionadas lá nas derivadas, ou ainda, com as integrais quando nós falamos as integrais definidas, o cálculo de áreas, aí aparece muito bem a própria aplicação dentro da estatística e das probabilidades que trabalho com os conceitos da curva normal, da distribuição de probabilidade acumulada, enfim acaba sendo uma aplicação dentro da própria matemática mas que é útil para o engenheiro. E aí lá na frente na estatística voltamos a ter essa aplicação e aí com uns problemas mais aplicados mesmo. Trazemos experimentos, artigos científicos que o pessoal já realizou analisou e divulgou como exemplificação da utilização daquela teoria (P12).

Essa concepção está de acordo com a “ideologia da certeza” que, conforme Borba e Skovsmose (2013), quando se reproduz a ideia de que a aplicação ou contextualização do conhecimento matemático em um problema ou na construção de um modelo, é neutra e não ajuda a formatar o problema nem a solução; e ao aluno é transferida essa certeza ao buscar desenvolver uma solução ou um método de resolução sem questionamentos. Os professores reforçam essa concepção ao proporem práticas pedagógicas em que o conhecimento matemático é tido como algo inquestionável.

Essa prática reflete-se na preocupação dos docentes com a falta de compreensão dos conceitos matemáticos por parte dos alunos e na utilização de ferramentas tecnológicas para

auxiliar nessa dificuldade, isto é, a tecnologia como ferramenta de ensino e não a matemática como parte do desenvolvimento tecnológico. Note as falas dos seguintes professores:

O que a gente faz na engenharia é o **uso de softwares**, mais especialmente o *software R* que ele possa e **venha facilitar toda essa parte de cálculos**, enfim construção de gráficos e tabelas. [...] ele vai ter que saber usar uma ferramenta, uma tecnologia (P4 – grifo próprio).

Eu acabei sendo sempre muito **tradicional** até por uma certa dificuldade em como, e até uma opção mesmo, em como conseguir aplicar as ferramentas educativas, as **ferramentas tecnológicas** em sala de aula de uma forma positiva. Por exemplo, ao tentar utilizar um software, uma aplicação. Usei alguma coisa com o *Geogebra*, *Winplot*, alguns outros softwares em algumas disciplinas facilita um pouco. Por exemplo, trabalhei com o *Scilab* em Cálculo Numérico, você trabalha **outras linguagens**. Mas agora com relação às **ferramentas de tecnologia** eu sempre tive dificuldade (P3 – grifo próprio).

Essa questão das tecnologias, eu acho importante, eu acho que a gente tem que sempre possível utilizar, **só que eu acho que isso é uma coisa que não é o centro**. Acho que se a gente puder utilizar de repente um software, **algumas coisas para facilitar acho que é interessante, é importante utilizar**, mas acho que isso não pode ser como "vou basear minhas aulas nisso só, esse vai ser o centro e o resto vai agregar", acho que tem que ser o contrário (P9 – grifo próprio).

E isso está de acordo com Harari (2018, p. 26), que diz:

Humanos sempre foram muito melhores em inventar ferramentas do que em usá-las sabiamente. É mais fácil manipular um rio construindo uma represa do que prever todas as complexas consequências que isso trará para o sistema ecológico mais amplo. As revoluções em biotecnologia e tecnologia da informação são feitas por engenheiros, empresários e cientistas que têm pouca consciência das implicações políticas de suas decisões, e que certamente não representam ninguém.

O que se percebe é que não há preocupações quanto ao conhecimento matemático como parte do desenvolvimento tecnológico. A tecnologia é percebida como um auxílio para a prática docente, uma ferramenta; e a matemática como uma linguagem, que atua sem referência, nesse caso, chamada de pura, mas ainda aparece como uma linguagem neutra. O processo de resolução de exercícios está em uma posição central; ou seja, de maneira técnica, eles fazem uso dos chamados exercícios de aplicação como uma tentativa de contextualizar os conceitos ou aproximar a teoria da realidade.

Tudo isso reflete nas concepções dos professores ao planejar suas disciplinas. As preocupações são: como usar as ferramentas tecnológicas para facilitar a compreensão do conteúdo e a resolução de problemas como contextualização. Não há preocupação quanto a como a matemática pode interferir e modificar a realidade, ou como ela pode questionar a

realidade. Os professores não relacionam a matemática às questões tecnocientíficas ou como parte do desenvolvimento tecnológico.

No caso da Estatística, uma ciência aplicada, essa concepção aparece em algumas falas:

Acho que não só não ter noção do tipo de dado disponível, **mas não ter noção também da importância desse tipo de dado, desse tipo de levantamento, do uso disso para o nosso dia a dia mesmo.** Então além de calcular uma média é ir lá e olhar o que essa média representa, por exemplo, saber que em 1960 as pessoas tinham em média 6 filhos e agora elas estão no último senso de 2010 tendo 1,9 filhos. **O que isso representa economicamente, que diferença isso faz. Então discutir isso nesse contexto. Qual é a importância disso.** E também tem uma atividade que eu faço com eles assim, eles levantarem os dados que eles acham relevantes e trabalharem textos. Isso eu comecei a fazer recentemente. Então pego os dados "quero trabalhar com dados de estados civis. Então pega lá os dados de estado civil, faz a média, faz o que quiser com as estatísticas que eles aprenderam, mas elaborar um texto contextualizando essas estatísticas, **para não ser só um número e entender onde isso reflete. Acho importante porque não conhecem que existe esses dados, mas também como usar eles, como discutir, o que fazer** (P10 – grifo próprio).

Mesmo que, em algumas falas, apareça a preocupação com o que fazer com esses números – esses resultados –, ela ocorreu em uma ou duas falas em disciplinas isoladas, como a Estatística. Não houve essa preocupação por parte de outros professores.

Isso também se relaciona com a formação acadêmica desse docente. O professor que tem como formação o bacharelado em matemática, com especialização (mestrado ou doutorado) em Engenharia ou em métodos numéricos, carrega concepções mais “puras” da matemática, com um vasto conhecimento teórico e técnico dos fundamentos da matemática. O que acaba por fazer uso, em sua prática da matemática, estritamente neutra e racional. Já o professor licenciado e com uma especialização voltada à educação, à educação matemática ou áreas afins, demonstra em sua fala uma preocupação com o contexto, com a prática desse engenheiro, em como ele vai se apropriar desse conhecimento em sua formação.

Isso indica que a identidade dos professores que ensinam matemática na engenharia sofre interferências da sua própria experiência acadêmica e das modificações estruturais dos cursos, da universidade e do papel desempenhado pelo professor. Esses aspectos são vinculados aos saberes oriundos da formação, assim como o modo de o conhecimento matemático passar a ser incorporado às práticas de ensino. De acordo com Tardif (2014), o saber docente é “plural”, proveniente da formação profissional (o conjunto de saberes transmitidos pelas instituições de formação de professores), dos saberes disciplinares (saberes que correspondem ao diverso campo do conhecimento e emergem da tradição cultural), curriculares (programas escolares) e experienciais (do trabalho cotidiano). Pois é bem sabido que ensinar Matemática

requer, além do domínio de conteúdos disciplinares específicos, a elaboração e a utilização de singularidades didático-pedagógicas aliadas a uma concepção epistemológica e ideológica.

Isso está de acordo com as novas Diretrizes Nacionais para a Educação em Engenharia. As DCNs recomendam atividades de integração e de interdisciplinaridade desde o início do curso (BRASIL, 2019). Coloca-se em foco o poder interdisciplinar da matemática, que é minimamente utilizado nos cursos de Engenharia, ao simplesmente lhe empregarem como ferramenta ou linguagem, sem a exploração de todo seu potencial.

Além disso, destaca-se o estímulo às “[...] atividades que articulem simultaneamente a teoria, a prática e o contexto” e ainda, o “[...] uso de metodologias para aprendizagem ativa, como forma de promover uma educação mais centrada no aluno” (BRASIL, 2019, p. 4). Outrossim, o contexto atual é de revolução tecnológica, caos político e desastres ambientais. Logo, as inovações tecnológicas e demandas econômicas mudaram e requerem uma reformulação da formação profissional e, em consequência, dos sistemas educacionais.

Quando se discute a formação de engenheiros, o problema torna-se mais grave, porque são justamente esses os profissionais que irão criar, desenvolver, utilizar e ainda aprender a lidar com os efeitos da tecnologia sobre a sociedade. A questão é: a atual formação em engenharia no Brasil está preocupada com o conhecimento matemático? E como este está sendo vinculado na promoção de uma real melhoria na sociedade? (um dos objetivos da profissão de engenheiro).

Há uma estreita relação entre a formação acadêmica e as experiências profissionais do professor com o perfil de engenheiro(a) que ele mobiliza esforços para formar. Para entender melhor esse contexto, no item a seguir, os professores são questionados quanto às suas compreensões com relação à importância e à dimensão da matemática para a formação e exercício da profissão do futuro engenheiro.

## 7.2 RELAÇÕES ENTRE AS DIMENSÕES SOCIAIS/PROFISSIONAIS E O CONHECIMENTO MATEMÁTICO NOS CURSOS DE ENGENHARIA

Na segunda temática da entrevista (ver Apêndice A), procura-se fazer relações entre as concepções dos docentes sobre as dimensões sociais do conhecimento matemático e as extensões deste para o exercício da profissão. Razão pela qual cada entrevistado é indagado quanto à sua prática docente no curso de Engenharia, especificamente, pergunta-se quais são os

conceitos matemáticos que ele considera fundamentais para o exercício da profissão, bem como se relaciona esses conceitos com a realidade na qual os alunos estão inseridos.

Para instigá-los nesse quesito, fez-se uso da seguinte citação de Skovsmose (2007, p. 107) (ver Apêndice A) que trata sobre a concepção de modelagem matemática como representação da realidade:

A concepção de modelagem matemática como representação da realidade está relacionada a um dualismo, a uma perspectiva de dois-mundos. Por um lado, podemos operar com conceitos matemáticos como sendo parte do mundo das estruturas, como sugerido pelo formalismo. Por outro, podemos operar com a realidade do mundo empírico. Um modelo matemático se torna uma representação de parte dessa realidade. Como poderíamos sonhar em fazer uma representação completa da realidade?

O uso dessa citação reside no fato de que o uso de modelos matemáticos é algo comum no ensino de matemática nos cursos de Engenharia. No entanto, esse autor faz um contraponto na compreensão desses modelos ao atentar para o fato de que são uma parte da realidade, que nem sempre representam o todo. Logo, estimula-se os docentes a refletirem sobre como essa metodologia faz uso dos conceitos matemáticos e que tipo de questões e de soluções apresenta para os problemas contemporâneos.

Para organizar as informações e as relações provenientes da entrevista, o Quadro 9 apresenta o ir e vir do movimento de desconstrução do texto inicialmente analisado – unitarização – e, posteriormente, de construção dos novos significados – categorias emergentes – em busca de responder aos objetivos da pesquisa – comunicação. Convém explicar, neste ponto, que os termos e/ou expressões mais representativos(as) das unidades de análise (destacados em negrito) foram o mote para aglutinar as convergências e fazer emergir as subcategorias.

Quadro 9 – Processo de unitarização e (sub)categorização: relações entre as dimensões sociais/profissionais e o conhecimento matemático nos cursos de Engenharia

Categoria <i>a priori</i> : <b>Relações entre as dimensões sociais/profissionais e o conhecimento matemático nos cursos de Engenharia</b>	
Unidades de análise Termos/expressões mais representativos (as)	Categorias emergentes
P2: “Nós estávamos com um problema aqui de <b>tentar cumprir uma ementa e não necessariamente toda essa</b>	

<p><b>ementa.</b> Não estou nem pensando na formação do engenheiro em si, <b>mas como uma disciplina básica</b>".</p> <p>P6: "<b>Não ficar tão preso na ementa</b> e poder diluir um pouco mais. [...] <b>a gente vê o ementário e enxerga o mundo ali.</b> E o aluno não precisa de tudo aquilo. Então isso está sendo meu desafio hoje: <b>filtrar o que eles precisam mais,</b> e a cada semestre eu vou modificando".</p> <p>P6: "<b>Se a gente for ficar focando muito nisso, fica aquela carga horária enorme do curso, muita desistência, muita reprovação,</b> uma realidade lá no campus, acredito que na maioria, Cálculo é um monstro. Muitas reprovações. Imagina o aluno que já está no último período do curso e ele só não se forma por causa do Cálculo. <b>Então até que ponto esse Cálculo é importante se ele conseguiu fazer o curso inteiro?</b>".</p> <p>P7: "Penso que o Cálculo vai ser um canal que eu possa <b>desenvolver algumas habilidades</b> e que são essas habilidades que são importantes na formação, <b>não é o conceito de limite, derivada e integral, qualquer coisa dessas, mas por meio desse conceito eu consigo trabalhar habilidades</b>".</p> <p>P8: "Como trabalho com a disciplina de Geometria Analítica e Álgebra Linear, que é umas das disciplinas básicas de toda engenharia, meu maior objetivo é oferecer a eles oportunidades de sanar as deficiências que tiveram no ensino fundamental e médio, <b>estabelecer a formalização dos conceitos matemáticos,</b> que eles já têm, e iniciá-los nos conteúdos inéditos que <b>eles precisam como base para as disciplinas dos próximos períodos, como Cálculo</b>".</p> <p>P10: "É, se você olhar no meu currículo, nesses últimos anos que estou aqui não tem nenhum trabalho de Estatística pura, só Estatística Experimental, <b>todos eles aplicados, o que é algo que eu me sinto bem em fazer, tem que ser aplicado</b>".</p> <p>P11: "Aí a gente discutindo a grade curricular, você começa a ver um pouco mais de <b>necessidade de você ter um espaço mais interdisciplinar na grade.</b> [...] Acho que deveria passar por um currículo que é pensado de maneira mais cuidadosa porque é todo um processo que começa no currículo do que você pretende abordar. Não sei na sua universidade, mas aqui o NDE não conversa com os professores. [...] <b>Se cada pessoa entra e dá a ementa do jeito que acha melhor e às vezes nem dá a ementa inteira,</b> dá coisas que não estão na ementa, é uma coisa completamente desconexa, não faz sentido nenhum. Cada pessoa faz o que bem entende. <b>O aluno pega os pedaços isolados e se vira. Então acho que deveria ter um currículo que é melhor pensado</b>".</p>	<p>Currículo <i>versus</i> conhecimento matemático</p>
<p>P1: "Eu tive grande dificuldade em fazer o aluno pensar, onde <b>a preocupação do aluno está em compreender aquele</b></p>	

<p><b>conteúdo.</b> Porque vem as provas, todo um método que deve se seguir. [...] Então preciso que eles entendam aquele conteúdo, <b>tem que saber um pouco do conteúdo para saber discutir.</b> [...] estudou tanta matemática, tanta física, sem saber exatamente que engenheiro você será. Então, eu vejo uma <b>preocupação muito grande com a matemática mais pura</b> do que você falar em modelagem, que está voltado para as aplicações.”</p> <p>P2: “Nós tentamos fazer reuniões com cada representante do departamento de cada NDE (Núcleo Docente Estruturante) para <b>tentar buscar o que era importante, o que era de fundamental em cada disciplina</b> do departamento (de matemática) dos cursos no desenvolvimento das disciplinas específicas”.</p> <p>P3: “De conceito eu acho que inicialmente, por exemplo, numa disciplina de Cálculo que era a que eu mais atuava, com certeza a ideia do entendimento de função, compreensão da aplicação de funções, como elas se relacionam aos fenômenos reais, acho que é o principal e aí de funções se estendem os demais conceitos fundamentais de Cálculo, de limite, as aplicações principalmente em derivadas e integrais. <b>Na prática dos alunos a gente vê que dependendo da formação, a ocupação que ele vai ter depois no mercado de trabalho, vai ser mais ou menos útil no dia a dia dele.</b> Não posso dizer para um aluno aí de engenharia que ele vai no dia a dia dele ter que utilizar, mas com certeza, <b>ele tendo o conhecimento da ideia de função, de como elas se comportam e como você pode associar isso a um fenômeno real, isso vai fazer com certeza a diferença para ele ser um profissional mais completo</b>”.</p> <p>P5: “As nossas disciplinas de Matemática e as disciplinas de Física chamadas de conteúdos básicos para a Engenharia, na minha opinião, <b>eles têm que passar por elas como uma base que fundamenta os cálculos importantes que eles irão levar para a sua carreira.</b> [...] Mas não cobrar dele o que se cobra num curso de matemática pura”.</p> <p>P6: “<b>Como a matemática pode me ajudar na minha carreira,</b> mas assim, eu não preciso ser um matemático, não preciso saber demonstrar, não preciso decorar fórmulas, <b>eu preciso saber onde buscar, quais as possibilidades ela me traz e como ela me ajuda a avaliar e tentar buscar soluções, novas soluções.</b>”</p> <p>P7: “Venho trabalhando com uma proposta do que eu chamo de <b>episódios de resolução de tarefas.</b> Então seria uma forma de tentar agregar ao contexto de trabalho da disciplina de Cálculo algumas perspectivas que a educação matemática coloca que são viáveis de serem plenamente desenvolvidas em <b>contextos reais de ensino.</b> [...] Eu entendo que ele precisa reconhecer, saber me falar o que é uma integral, o que uma integral faz, <b>o que são os processos básicos e aí eu posso</b></p>	<p>Conceitos matemáticos para o exercício da profissão</p>
--	--

<p><b>lançar para eles situações. [...] O fato de colocá-los para discutir faz com que eles tenham iniciativas. [...] são mais questionadores.</b> Não tendem aceitar passivamente determinadas coisas. Perguntam ‘para que isso? E se eu fizesse aquilo? E se eu mudar esse parâmetro?’”</p> <p>P8: “Todos os conteúdos e conceitos trabalhados ao longo do curso são importantes, a formação de um aluno pode ser comparada a construção de uma casa, o alicerce serve de base para levantar a casa e o acabamento dá a forma a casa. <b>Elencar, portanto, os conceitos fundamentais não me parecem viável.</b>”</p> <p>P9: “<b>Sempre quando eu vou preparar uma aula eu penso onde o aluno vai aplicar isso.</b> [...] os alunos chegam ali e querem saber principalmente trabalhar disciplinas específicas do curso que eles escolheram”. [...] A questão é que precisamos tentar fazer uma aula mais <b>dinâmica, que o aluno tenha interação com os outros alunos, questão de discutir conteúdos, resoluções de exercícios</b>”.</p> <p>P10: “Mas a ideia é que eles consigam, desde essa organização de experimento, no fundo de <b>tudo isso é para que eles consigam criar uma hipótese e procurar meios de validar ela.</b> Aí várias ferramentas para chegar até a validação passa pelas ferramentas da Estatística que dá esse respaldo, se aquilo é válido, se não é, mas entra na parte de amostragem, se aqueles dados são suficientes ou não, como organizar os objetivos. <b>Então acho que o que eu considero fundamental é conseguir elaborar e validar as hipóteses. Essas disciplinas acredito que prepara eles para esse contexto.</b>”</p> <p>P11: “Na hora de escolher os problemas a gente tenta encontrar coisas que tenham algum contexto, <b>aí nem sempre a gente consegue o contexto de engenharia específico,</b> porque tem N problemas, o primeiro é eu <b>entender o suficiente daquela operação de engenharia ou de física.</b>”</p> <p>P12: “Nós trabalhamos apresentando os conceitos teóricos, fazendo atividades de resolução de exercícios de aplicação desta teoria e também <b>apresentando possíveis aplicações</b> nas mais diversas áreas correlacionadas com os cursos, <b>ou em que tenho muita proximidade com a área de atuação dos futuros Engenheiros.</b>”</p>	
<p>P1: “Eu vejo pouco a expressão modelagem entre os meus colegas. Eu vejo uma preocupação muito grande em misturar os diferentes conteúdos como base para a sustentação das disciplinas técnicas que virão à frente. [...] Os modelos aqui, quando se consegue desenvolver, ficam limitados a coisas pequenas, bem simples”.</p> <p>P2: “Até a última vez que eu trabalhei mais com modelagem matemática foi em 2018, não foi em sala de aula, porque assim, eu trabalhei (com o crescimento da) população e suas</p>	<p>O uso de modelos matemáticos</p>

implicações e para a gente trabalhar modelos matemáticos sobre isso. Até levantou algumas discussões interessantes”.

P6: “Muitas vezes, **fala-se da modelagem**, o conceito de você pegar algo da vida real, exatamente da situação deles do contexto de engenharia e trazer, não dá muito certo, **a gente sabe que a gente tem que dar uma ajustada, a gente chama isso de contexto exploratório**, de ‘semi’ realidade, mas acho que já ajuda”.

P7: “[...]ele [o aluno] começa a reconhecer que **esse cálculo também tem limitações, vai trabalhar dentro de um recorte**. Mas ele vê que **existem outras questões** que a gente **não dá conta de responder com o modelo que a gente construiu**”.

P9: “Eu acredito que o ideal seria isso, **a gente partisse do problema e em cima do problema você trabalhar a tua aula**. Eu acredito que não é fácil, principalmente pela **formação** que a gente tem. [...] Acho que seria o ideal se a gente conseguisse trabalhar a interdisciplinaridade na prática”.

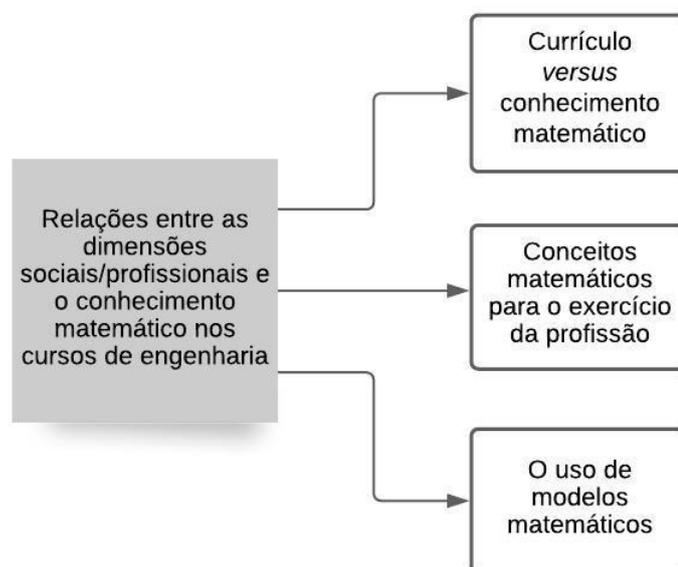
P10: “Então às vezes eles pensam em uns problemas muito interessantes, mas extremamente complexos para o tempo e para a nossa realidade da graduação. **Aí fazer com que ele selecione o que dá para fazer, o que é exequível no tempo que eles têm. O meu objetivo principal é que eles entendam como o experimento funciona e como eles fariam o experimento**. E para isso a atividade que eu uso com eles é eles executarem um mini experimento durante o semestre”.

P12: “**Faço uso de muitos modelos matemáticos nas aulas**. Como dito anteriormente, nós utilizamos, resolução de problemas. Esses problemas são modelados matematicamente. Seja nas aulas de Cálculo 1, lá quando entramos na nas derivadas, nas integrais, ou ainda antes mesmo com modelos mais simples. Como também em Álgebra, nós apresentamos algumas aplicações de criptografia, por exemplo, algumas aplicações nesse sentido, de processamento de imagens, o armazenamento de dados em si. E na Probabilidade, na Estatística, na análise de experimentos, na modelagem de experimentos, e para fazer previsões, para gerar intervalos de confiança. Enfim não tem como dissociar”.

Fonte: a autora (2021).

Como forma de sintetizar os resultados da construção feita no Quadro 9, a Figura 6 apresenta as subcategorias de análise para a categoria: relações entre as dimensões sociais/profissionais e o conhecimento matemático nos cursos de Engenharia.

Figura 6 – Síntese da subcategoria de análise: relações entre as dimensões sociais/profissionais e o conhecimento matemático nos cursos de Engenharia



Fonte: a autora (2021).

A partir disso, as duas subcategorias serão discutidas por meio de um texto síntese – o metatexto –, no qual mobilizarei esforços para, também, estabelecer relações em profundidade – a análise/comunicação – com todos os elementos construídos ao longo deste trabalho de pesquisa.

### 7.2.1 A matematização da sociedade: conhecimento matemático para quê? Para quem?

Ao analisar as categorias emergentes dessa unidade, o estudo aponta para uma preocupação que o conhecimento matemático vá além da ementa de cada disciplina. Segundo os entrevistados, há uma distância entre os conceitos que o currículo prevê e os conceitos matemáticos para o exercício da profissão.

A gente estava com um problema aqui de **tentar cumprir uma ementa e não necessariamente toda essa ementa...** Não estou nem pensando na formação do engenheiro em si, mas como disciplina básica. Estava ficando uma coisa muito... um professor trabalhava de um jeito, outro de outro, a gente deu uma uniformizada aqui. **Foi feita uma reunião com todos... na época não tinha muito bem estruturado essa questão de NDE, não era muito assim.** A gente tentou fazer reuniões com cada representante do departamento de cada (NDE) para tentar buscar o que era de

importante, **o que era de fundamental em cada disciplina** do departamento dos cursos no desenvolvimento das disciplinas dos outros (P2 – grifo próprio).

As atividades docentes em sala de aula ainda estão muito “presas” ao conteúdo da ementa. Dessa maneira, os professores mantêm seu foco de preocupação na articulação entre os conceitos teóricos – construídos a partir de livros-textos – e as aplicações práticas ou “reais” – caracterizadas pela resolução de exercícios/problemas e pela vinculação com as atividades profissionais anteriores do professor. O objetivo é preparar o futuro profissional para as atividades do mundo de trabalho e, nesse sentido, a resolução de problemas no âmbito da indústria é argumento recorrente nas falas dos professores.

Essa “realidade virtual”, no ensino tradicional de matemática, alimenta a ideologia da certeza e a crença no absolutismo dos números. Toda informação é exata e todas as informações fornecidas no enunciado do problema são suficientes e apresentadas com exatidão. É possível resolver os problemas através de técnicas matemáticas bem definidas e já apresentadas pelo professor ao buscar uma única solução.

A realidade virtual do livro-texto de matemática parece representar qualidades epistêmicas do realismo platônico. À medida que uma proposição matemática é verdadeira – e, de acordo com Platão, é absolutamente verdadeira quando afirma algo sobre o mundo das ideias –, então um exercício diz algo absolutamente verdadeiro sobre uma realidade virtual. **Nessa realidade, como em qualquer outra do mundo platônico, o absolutismo opera perfeitamente**” (SKOVSMOSE, 2007, p. 83, grifo próprio).

Além da preocupação com o currículo e o desenvolvimento do curso, aparece uma preocupação com uma “uniformização” das disciplinas. Novamente, através dessa uniformização ou compartimentação da matemática, mostra uma disciplina neutra, absoluta e acabada dentro dos seus próprios teoremas. Dentro desse contexto, novamente a concepção da matemática surge como ferramenta.

**A matemática, em si, ela oferece ferramentas**, então no momento em que nós temos os estudantes aqui no ambiente acadêmico, é o momento de eles experimentarem. **Então é o momento de eles entrarem em contato com algumas situações problemas que exemplificam em um grau bem simplificado o que pode ocorrer no cotidiano.** Então, se for utilizada dessa forma, acredito que sim, que irá contribuir com o futuro engenheiro, principalmente na resolução de problemas, nas modelagens dos problemas sim. Agora, se eles tiverem um cálculo, uma álgebra e uma estatística muito teórica, muito desligada das aplicações, aí fico com minhas dúvidas se no momento que ele necessitar aplicar aquela teoria, se ele conseguirá fazer esse elo, identificar o que, aquilo que ele precisa para resolver aquela situação (P12 – grifo próprio).

Skovsmose questiona essa concepção da utilização de situações problemas que “exemplificam” a realidade ou o uso de modelos matemáticos, como uma “simplificação” da realidade. Essa visão é problemática, pois, em primeiro lugar acaba por formar conceitos matemáticos puros dentro do formalismo da disciplina. E, também, o modelo matemático é uma parte da realidade, o que nem sempre representa o todo. Atrelado a isso, observa-se uma preocupação por parte dos professores em desenvolver habilidades através do conhecimento matemático:

Penso que o Cálculo vai ser um canal que eu possa **desenvolver algumas habilidades** e que são essas habilidades que são importantes na formação, não é o conceito de limite, derivada e integral, qualquer coisa dessas, mas por meio desse conceito eu consigo trabalhar **habilidades** (P7 – grifo próprio).

Ou para estabelecer relações para as disciplinas que virão nos próximos semestres, como comenta um dos entrevistados:

estabelecer a formalização dos conceitos matemáticos, que eles já têm, e iniciá-los nos conteúdos inéditos que eles precisam como base para as disciplinas dos próximos períodos, como Cálculo (P8).

As novas DCNs falam em desenvolver competências para o exercício da profissão. Segundo o artigo 9º da resolução:

Art. 9º Todo curso de graduação em Engenharia deve conter, em seu Projeto Pedagógico de Curso, **os conteúdos básicos, profissionais e específicos, que estejam diretamente relacionados com as competências que se propõe a desenvolver**. A forma de se trabalhar esses conteúdos deve ser proposta e justificada no próprio Projeto Pedagógico do Curso (BRASIL, 2019, p. 5, grifo próprio).

É sabido e já considerado nessa tese que os cursos de Engenharia contemplam, em seu currículo, as disciplinas matemáticas, físicas e humanas como ciclo básico. Entretanto, de acordo com Bazzo, Pereira e Linsingen (2016, p. 39), esse modelo em que os cursos de Engenharia são delineados, com conteúdos básicos, profissionais e específicos, impõe um distanciamento entre as disciplinas que “compõem o todo e tornam o processo cognitivo complexo e desestruturado”. Além disso, privilegia a visão neutra da ciência através da falta de integração entre as questões técnicas, sociais e humanas. Para os autores,

os conteúdos são colocados como se tivessem fim em si mesmos, relegando a um plano secundário o papel primordial de um curso de engenharia, que, no nosso entendimento, é o de formar engenheiros profissionalmente eficientes que resultem

também em cidadãos críticos e atuantes não só no mercado de trabalho, mas na sociedade (BAZZO; PEREIRA; LINSINGEN, 2016, p. 39).

Além disso, conforme o artigo 9º, os conteúdos devem estar elencados com as competências que se propõem desenvolver. Questiona-se: são somente nas competências básicas e técnicas que a matemática se insere? Não se pode pautar o conhecimento matemático apenas pelo seu desenvolvimento técnico, encarando este como estático e adaptável a qualquer modelo. Conforme já salientado por Skovsmose (2009), a matemática tem um “poder formatador da realidade” que vai além disso. Dessa maneira, defende-se uma matemática que procure instigar uma formação, no mínimo, mais reflexiva, questionadora e crítica, conforme as DCNs preconizavam desde 2002 e como objetiva a atual.

No entanto, a matemática aparece como um elemento construtor dessas competências que devem considerar o paradoxo da razão. Ou seja, oportunizar aos estudantes o conhecimento da ambivalência das técnicas matemáticas contidas na racionalidade dos modelos utilizados. Isso inclui, além de capacitá-los para a ação, prepará-los para a responsabilidade; pois, para o autor,

[...] a ausência de ética domina o currículo atual de educação de matemáticos, cientistas, engenheiros, farmacêuticos, economistas e técnicos em geral. A educação de construtores de hoje concentra-se no que é relevante para mais desenvolvimento de meios tecnológicos, e não sobre a elucidação de implicações da perseguição de certos objetivos. A educação não é encaminhada para dedicar-se a aspectos éticos, sociológicos e políticos da tecnologia em ação (SKOVSMOSE, 2007, p. 187).

O que é necessário é uma constante reflexão do porquê e para quem esse conhecimento está sendo desenvolvido. A própria entrevista mostrou-se como um espaço importante de reflexão e formação, de acordo com a fala de alguns entrevistados e entrevistadas. Nota-se que, isso é mais um indício da falta de vivências desses docentes em espaços que oportunizem reflexão sobre sua prática e sobre o andamento das disciplinas. Isso mostra mais um indicativo de que os NDEs, reuniões de colegiado de curso, etc., não estão, de fato, sendo espaços nesse sentido. Isso se reforça na fala do professor P11 – e também aparece na fala do entrevistado P2 no início desse item – que expõe o que temos vistos em outros estudos e em nossa própria prática a respeito do papel dos NDEs no andamento dos cursos de graduação.

**Aí a gente discutindo a grade curricular, você começa a ver um pouco mais de necessidade de você ter um espaço mais interdisciplinar na grade. [...] Acho que deveria passar por um currículo que é pensado de maneira mais cuidadosa porque é todo um processo que começa no currículo do que você pretende abordar. Não sei na sua universidade, mas aqui o NDE não conversa com os professores. [...]**Se cada

“pessoa entra e dá a ementa do jeito que acha melhor e às vezes nem dá a ementa inteira, dá coisas que não estão na ementa, é uma coisa completamente desconexa, não faz sentido nenhum. Cada pessoa faz o que bem entende. O aluno pega os pedaços isolados e se vira. Então acho que deveria ter um currículo que é melhor pensado” (P11 – grifo próprio).

Assim, se reforça a necessidade da reestruturação desses espaços para discussões reflexivas com objetivos alinhados aos projetos pedagógicos dos cursos e ao que propõe as DCNs. É importante, sim, que o professor esteja preparado para os novos desafios da sociedade, porém, a universidade precisa abrir espaço para essas demandas ao considerar para onde essa civilização está caminhando. Por isso, no item a seguir, os elementos de análise seguem sendo os modelos matemáticos. No entanto, é preciso refletir sobre como dialogam com o ensino tecnológico e quais variáveis os docentes consideram como caminho para o desenvolvimento da sociedade.

### **7.2.2 O diálogo entre os modelos matemáticos no ensino tecnológico e as relações para além das variáveis técnicas**

O uso de modelos matemáticos no ensino tecnológico é amplamente difundido nos cursos de Engenharia. Então, os docentes foram questionados quanto aos diálogos travados entre esses modelos no ensino tecnológico e as relações para além das variáveis técnicas. Também se os alunos estão inseridos nessa discussão, e se buscam questionar as soluções para os problemas contemporâneos.

Nota-se o uso dessa metodologia, através das falas dos docentes, em que muitas vezes utilizam o termo “resolução de problemas de aplicação”. Não há distinção entre os termos na tese, porém entende-se que, na área da educação matemática, referem-se a metodologias distintas. Mas, como não é o foco dessa pesquisa, ambos são utilizados para exemplificar o uso dos modelos matemáticos.

Acho que a maior dificuldade, pelo menos para mim, como a gente tem uma formação na área de matemática, acho que é mais difícil para a gente a questão de aplicar isso. Por exemplo, se você pegar Cálculo I, como vou trabalhar? Claro, vou trabalhar com resoluções de problemas, mas como vou aplicar isso para isso ficar significativo para os alunos? Porque quando eles vêm para um curso de engenharia eles querem ter o contato com a área de engenharia que eles estão trabalhando. Então acho assim que uma das maiores dificuldades que eu sinto é fazer esse link entre a minha disciplina e aplicar isso ou tentar utilizar, mostrar para o aluno onde ele vai estar utilizando isso que eu estou trabalhando (P9).

Evidencia-se no estudo, que há o uso desses modelos, porém, com dificuldades quanto à execução, visto que os docentes ressaltam a defasagem nos conceitos por parte dos estudantes. Além disso, há a preocupação quanto ao tempo necessário e, em especial, a motivação da utilização. Um dos professores, após ter contato com a educação matemática crítica defendida por Skovsmose, fala que,

**A Matemática procurar fazer a leitura da realidade e compreender essa leitura.** A Matemática não é uma coisa simples. Depois que eu trabalhei com os textos do Skovsmose, eu tenho uma visão bem diferente da educação matemática, mas **pôr em prática realmente é uma coisa extremamente difícil** (P1 – grifo próprio).

E quando questionado de o porquê ser algo tão difícil, ele continua:

É difícil fazer essa discussão com os alunos. [...] entender a ação da matemática no contexto. [...] **discutir o que a matemática está fazendo nesses modelos é uma coisa que é muito difícil** (P1 – grifo próprio).

E complementa,

**Você precisa dominar outro contexto.** Em algum momento, algum profissional pode fazer isso, mas assim, para os professores de matemática não há como conhecerem todas as estruturas para discutir dentro da sala de aula. É uma coisa assim, que seria lindo fazer, mas fica além do possível. **Os modelos aqui, quando se consegue desenvolver, ficam limitados a coisas pequenas, bem simples.** É difícil, não sei dizer se é difícil ou impossível conseguir de fato desenvolver nesses do 1º, 2º ou 3º período onde os alunos não tiveram vivências nesse meio (P1 – grifo próprio).

Esse “outro contexto” e o que a matemática “faz” nesses modelos, aos quais o professor se refere, são as preocupações epistemológicas e ideológicas que a educação matemática crítica contempla; pois as funções que os conteúdos matemáticos geram dentro de um contexto são carregadas de intenções. Além disso, o modo como ela é ensinada e valorizada reflete que pode ser potencializadora para aqueles que buscam adquirir competências valorizadas pelo mercado de trabalho; mas despotencializadora já que reforça um comportamento de adequação e obediência às regras.

Apesar de não faltarem motivos para a importância da discussão do uso desses modelos, refletir com a matemática ainda é uma atividade crucial com a qual os docentes demonstram dificuldades. Principalmente pelo fato de que os números representam um aprofundamento, um detalhamento reflexivo que envolve variáveis que muitas vezes são ignoradas. Como se reflete na fala do docente a seguir:

Matematicamente falando, eu trabalho com problemas que tenham variáveis quantitativas. Em geral ainda, as variáveis contínuas. É uma especificidade que eu vejo nos cursos de engenharias. Então as qualitativas, pouco seriam utilizadas e fica mais as quantitativas. Alguns exemplos, alguns em menor quantidade, de discretas nós utilizamos também. Mas, em geral, **os modelos envolvem variáveis quantitativas e aí a gama de assuntos né ela permeia o que é aquilo que tiver relação com o curso.** Então eu procuro evitar, pegar algo da área da saúde, muito específico na área da saúde, da Medicina, não vai contribuir muito (P12 – grifo próprio).

Na Engenharia, percebe-se que, ainda predomina a concepção moderna da matemática, como se pode verificar pela empiria que se estabelece, como prioridade, as técnicas. Nesse ambiente, sobretudo no ensino tecnológico, a racionalidade matemática é amplamente exaltada. Novamente, Skovsmose (2014, p. 114), ele questiona: “Como é possível trazer competências matemáticas para uma disciplina técnica sem que se crie essa impressão de que técnicas matemáticas fomentam uma crença na neutralidade e na objetividade?”

E isso se reflete no ensino tradicional da matemática, no qual predomina um volume enorme de exercícios a serem resolvidos pelos alunos, como relata o entrevistado:

No caso de Cálculo I, por exemplo, **acho que é bom fazer as contas porque as contas fazem parte do processo de aprender a parte conceitual da coisa que eu acho que é o mais importante** e eu acho que tradicionalmente a coisa é muito voltada para conta e eu acho que, por exemplo, o curso de cálculo I é muito mais importante para entender que uma derivada é uma taxa de variação e uma taxa de variação é uma derivada, e isso te ajuda a entender fenômenos físicos, enfim, econômicos, o que for, isso é muito mais importante do que aprender a fazer conta e a coisa muitas vezes é focada em conta, **como se o mais importante para o engenheiro fosse, no que diz respeito à matemática, você saber fazer um monte de contas.** E talvez fosse a cem anos atrás, mas não é mais, em minha opinião. Isso também acontece em outras disciplinas (P11 – grifo próprio).

Espera-se de um bom engenheiro que cumpra tarefas técnicas exequíveis; porém, para Skovsmose (2014, p. 112), seguir ordens cegamente pode ser um problema, posto que as informações expressas em números requerem uma avaliação se são ou não confiáveis, o que requer um questionamento. Na corrida por uma formação de engenheiros competentes com uma “visão holística e humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica” (BRASIL, 2019, p. 1), conforme preconizam as DCNs, é necessário questionar se a educação matemática está abordando questões como confiabilidade, responsabilidade e ética no contexto do uso de modelos matemáticos.

Nesse sentido, o autor adentra o conceito de *matemacia*, inspirado em Paulo Freire, quando este amplia o conceito de alfabetização para que os indivíduos não só saibam ler e escrever, mas se sintam cidadãos críticos participantes do processo contemporâneo. *Matemacia* seria uma forma de letramento matemático, provendo o suporte matemático e lógico para o

exercício de uma cidadania crítica (SKOVSMOSE, 2007, p. 74). Como se entende os aspectos funcionais da *matemacia* em diferentes contextos?

Segundo os docentes entrevistados, é complexo simular a prática profissional num ambiente de aprendizagem. Veja que

Então às vezes eles pensam em uns problemas muito interessantes, mas extremamente complexos para o tempo e para a nossa realidade da graduação. **Aí fazer com que ele selecione o que dá para fazer, o que é exequível no tempo que eles têm.** O meu objetivo principal é que eles entendam como o experimento funciona e como eles fariam o experimento. E para isso a atividade que eu uso com eles é eles executarem um mini experimento durante o semestre (P10 – grifo próprio).

Até a última vez que eu trabalhei mais com modelagem matemática foi em 2018. Foi legal a discussão, mas para trabalhar isso demandou se não me engano umas 8 ou 10 aulas e eu não sei o quanto eu conseguiria fazer isso, não no jeito que a gente tem o sistema atual, como fazer isso na sala de aula. Não com participação do aluno, tipo assim, eu trago o tema e vamos discutir. Você traz, a gente debate, fala os lados prós e contras, vamos ver o que vai saindo, você tenta trabalhar o modelo que diz que é a favor, outro que diz trabalhar o que é contra, **só que assim, eu não saberia como lidar com o tempo disso hoje, não numa sala de aula, por uma questão de do sistema atual, não saberia como fazer isso** (P2 – grifo próprio).

Muitas vezes, **fala-se da modelagem**, o conceito de você pegar algo da vida real, exatamente da situação deles do contexto de engenharia e trazer, não dá muito certo, **a gente sabe que a gente tem que dar uma ajustada, a gente chama isso de contexto exploratório**, de “semi” realidade, mas acho que já ajuda (P6 – grifo próprio).

[...] ele (o aluno) começa a reconhecer que **esse cálculo também tem limitações, vai trabalhar dentro de um recorte**. Mas ele vê que **existem outras questões** que a gente **não dá conta de responder com o modelo que a gente construiu** (P7 – grifo próprio).

Praticamente todo projeto tecnológico hoje implica no emprego da matemática. É papel da universidade e do docente preparar os futuros engenheiros para isso. Todavia, o modo como os cursos se estruturam é um fenômeno que deve ser analisado, conforme salientado no item anterior, e como Skovsmose (2014, p. 113) admite: “eu considero a dissecação do currículo como um elemento básico para se eliminar considerações éticas com respeito à engenharia e tecnologia da formação de especialistas”.

Além disso, Skovsmose (2001) ressalta sua preocupação com o uso dos modelos matemáticos por apenas considerar variáveis técnicas e por considerar que a matemática intervém e formata a realidade, quando é apenas como um contexto exploratório. Ela vai além disso, para ele, a matemática intervém na realidade e age-se de acordo com ela.

A matemática intervém na realidade ao criar uma “segunda natureza” ao nosso redor, oferecendo não apenas descrições de fenômenos, mas também modelos para a alteração de comportamentos. Não apenas, “vemos” de acordo com a matemática, nós “agimos” de acordo com ela. As estruturas matemáticas vêm a ter um papel na vida

social tão fundamental quanto o das estruturas ideológicas na organização da realidade (SKOVSMOSE, 2001, p. 83).

Portanto, como a matemática tem um papel importante no desenvolvimento tecnológico e na organização social, é mister que a prática docente dessa disciplina nos cursos de Engenharia esteja articulada com as questões contemporâneas no desenvolvimento social. Para isso, o próximo item destaca as análises provenientes das articulações entre a prática docente e as variáveis contemporâneas.

### 7.3 ARTICULAÇÕES ENTRE A PRÁTICA DOCENTE E AS VARIÁVEIS CONTEMPORÂNEAS

Na última temática da entrevista, buscou-se explorar as articulações entre a prática docente, CTS e as variáveis contemporâneas. Para introduzir o assunto, um vídeo sobre a situação<sup>7</sup> mundial foi utilizado (ver Apêndice A). Nesse vídeo, num contexto mais contemporâneo, incentiva-se o docente a refletir e a ampliar os fatores e as consequências – sociais e ambientais – para muitas outras variáveis que se articulam em torno de questões políticas, econômicas, éticas e culturais. A partir disso, os docentes foram questionados sobre como essas variáveis podem afetar o sistema educacional e como eles percebem as relações entre CTS, a educação matemática e a educação em Engenharia. Além disso, foram instigados a pensar novas possibilidades para o ensino de matemática na engenharia ao considerar essas variáveis.

Para organizar as informações e relações provenientes da entrevista, o Quadro 10 apresenta o ir e vir do movimento de desconstrução do texto inicialmente analisado – unitarização –; e, posteriormente, de construção dos novos significados – categorias emergentes – em busca de responder aos objetivos da pesquisa – comunicação. Convém explicar, neste ponto, que os termos e/ou expressões mais representativos(as) das unidades de análise (destacados em negrito) foram o mote para aglutinar as convergências e fazer emergir as subcategorias.

Quadro 10 – Processo de unitarização e (sub)categorização: articulações entre a prática docente e as variáveis contemporâneas

---

<sup>7</sup> No período em que estava se produzindo dados para essa tese, o mundo estava vivendo a pandemia do Corona vírus (COVID-19).

<i>Categoria a priori:</i> <b>Articulações entre a prática docente e as variáveis contemporâneas</b>	
Unidades de análise Termos/expressões mais representativos (as)	Categorias emergentes
<p>P1: “Acho que <b>no âmbito educacional ainda estamos muito devagar para assumir o papel de discutir essas questões</b>, principalmente em engenharia onde o foco é muito mais não necessariamente comercial, mas é <b>mais capitalista do que social. Então discutir essas questões aí nem sempre são muito bem-vindas.</b>”</p> <p>P2: “Acredito que dá sim, dá para você envolver, você trabalhar com modelagem matemática, pode-se trabalhar bastante a relação de uma coisa com outra, investigação, resolução de problemas, a gente consegue, não necessariamente em todas as disciplinas, mas acredito que a grande maioria delas se consegue sim. <b>Não acredito que esteja se fazendo isso. Eu tenho a impressão aqui que esse tipo de discussão ficou, pelo menos aqui na universidade, ficou a cargo do departamento de ciências sociais, está em outro departamento, o de humanidades.</b> Eu não vejo, por exemplo, os professores de áreas específicas, se preocupando com essa questão.”</p> <p>P3: “Afetam sim a educação. E o que a gente tem que pensar sempre, em como a gente, <b>enquanto formador</b>, nós estamos formando os profissionais que estão indo para o mercado de trabalho e que na prática deles, <b>eles vão ter que lidar com essas situações e são as pessoas que vão resolver os problemas que estão se apresentando</b>, muitos problemas já são acumulados aí de décadas e muitos problema vão apresentando faces novas a cada dia também. <b>Acho que a universidade tem que se preocupar com isso sim, é preciso incluir isso, repensar isso.</b>”</p> <p>P4: “Tentando trazer isso para a realidade educacional, hoje nosso sistema de educação, eu vejo que ele depende ainda muito do governo. Às vezes a gente tenta fazer comparações do tipo ‘lá na Suécia, na Dinamarca, a metodologia x ou a metodologia y dos Estados Unidos’. <b>Nosso país, a educação, ainda depende do estado. A gente precisa do estado atuando.</b> Uma vez que tem essa dependência, então eu acredito assim, que <b>o poder público ainda tem muita responsabilidade sobre essas variáveis</b>, vamos dizer assim, por exemplo, vamos pensar que por conta de uma epidemia ou por conta de qualquer outra coisa, acho que isso afeta diretamente nosso sistema de ensino”.</p>	<p>As variáveis contemporâneas no sistema educacional</p>

P5: “**Eu nunca parei pra pensar sobre isso**, em como colocar isso em forma de trabalho para que realmente se pensasse sobre isso.”

P6: “Eu acho que é muito importante hoje em dia a gente pensar **os aspectos sociais, meio ambiente, é uma demanda que está gritando aí fora**. Eu percebo isso nos cursos, professores da engenharia têxtil, por exemplo, muito engajados em projetos sociais, nas outras engenharias também, e assim a gente que é matemática tenta ajudar, às vezes a gente fica meio assim ‘o que eu faço? No que eu penso ajudar?’. **Acho que desde a nossa postura em sala de aula, de ser mais humano, de ouvir mais o aluno**, ele não está bem hoje, a gente não é maquininha, a gente não é calculadora, vai lá e faz (continha), não sei o que.”

P7: “Eu vejo que são variáveis que afetam o sistema educacional e que **ficam em segundo plano em determinadas discussões**.”

P8: “**Essas variáveis deveriam estar presentes também em sala de aula**. Alguns colegas trabalham de maneira bem tradicional e leva o conteúdo de forma alienada de todos os elementos do mundo contemporâneo.”

P9: “Acredito que **é possível trabalhar com essas variáveis e acho que junto com isso a questão até de avaliar quais são...** Acho que um dos objetivos da nossa universidade é avaliar no contexto onde ela está inserida, quais são os problemas que a universidade pode auxiliar.”

P10: “Já afetam, porque o contexto de nossos alunos já é bem diferente dentro de uma mesma sala de aula. Pensando só em socioeconômico já temos uma diversidade grande, sócio cultural também. Então, só isso já faz com que o olhar que eles tenham para o mesmo problema seja diferente. [...] O sistema educacional então é muito mais amplo que isso. A questão economia, cultura, social envolve tantas variáveis que não são só números”.

P11: “Existe a pergunta de como afeta e como deveria afetar. São duas perguntas diferentes. Como afetam? Pouco, eu acho. Acho que temos um modelo que é reproduzido há muito tempo, de maneira automática. Tem cursos que são abertos através de um processo muito longe do ideal, até porque você monta um curso sem o corpo docente do curso instalado. Então você acaba montando o PPC sem o nível de reflexão que seria necessário para uma coisa tão séria como montar um curso de graduação e aí depois a gente está sempre tão atolado com as (forças), como diz o vídeo, que eu acho que as pessoas não conseguem, **os docentes não conseguem parar para pensar num curso de graduação que envolva questões**

<p><b>relevantes nesse nível, relevantes a nível de humanidade.</b> Até porque numa universidade federal pelo menos, acho que a graduação fica em 3º plano. Existe muita cobrança em termos de pesquisa, existe muito foco que os próprios docentes colocam na atividade de pesquisa. <b>Eu acho que os curso de graduação não passam pela reflexão que seria necessária para levar em conta esse tipo de coisa.</b> Acho que esse tipo de coisa deveria definir mais, até porque não só a gente teria que pensar no quanto essas coisas influem no processo educacional, mas o quanto o processo educacional vai influenciar nessas coisas, não é? <b>A universidade deveria não só conseguir navegar bem dentro dessa maré de coisas que vêm e vão, mas a universidade deveria conseguir direcionar a sociedade na medida do possível para uma direção razoável.</b> Mas é uma coisa que não acontece de fato.”</p>	
<p>P1: “O problema é que nós na educação, a gente reflete o que tem na sociedade. A gente influencia a sociedade, mas até nos dias de hoje nós podemos influenciar um pouco mais a sociedade, mas as coisas não alteram assim a sociedade, <b>mais refletimos o que tem na sociedade do que interferimos ou mudamos (o seu perfil).</b> Nisso de refletir, <b>ainda estamos refletindo com certo atraso,</b> é o avanço tecnológico, que é tão acelerado aí que de fato tem influência da matemática, estamos ainda discutindo se vai usar ou não calculadora. [...] se nesse aspecto, imagina quando se fala de tecnologia.”</p> <p>P2: “Acho que quando se discute, acredito que se discuta só com as disciplinas no curso de humanas aqui. Tem alguns professores do próprio departamento de matemática, quando trabalha (de forma) diferenciada nos conteúdos, <b>até trazem algumas dessas variáveis, mas não é se trabalhado a fundo essas variáveis, elas são só um meio para contextualizar uma outra coisa. Contextualizar o conteúdo. Não chega a ser uma discussão profunda sobre determinado tema.</b>”</p> <p>P3: “<b>Acredito que todas as áreas dentro de uma formação são interligadas.</b> A gente tem essa divisão das disciplinas, mas sou favorável a pensar de alguma forma em que as disciplinas curriculares pudessem se conversar mais umas com as outras para a gente pensar em coisas mais ligadas à prática do que só essa maneira tradicional de aulas, exercícios.</p> <p>P4: “A estatística permite muito você abordar o cotidiano, até na última aula que eu dei, por exemplo, a gente estava falando, do corona vírus, <b>a gente estava discutindo aqueles padrões de curva, tipo de crescimento e assim, quando você tem corrida eleitoral e você está falando de pesquisa política,</b></p>	<p>Relações entre tecnociência e o ensino de matemática na engenharia</p>

**levantamento amostral. Tudo isso a todo momento entra na aula.”**

P6: “Eu já vejo esse movimento, eu vejo alguns professores, ainda tem aqueles que se prendem ao tradicional, mas acho que isso vai cada vez mais aumentar. Até porque voltando novamente **no design de cursos, já estão sendo inseridas disciplinas que tratam disso, que vão chamando cada vez mais a nossa atenção para esses assuntos.** Então acho que isso vai forçando, vai empurrando os professores nessa direção de **repensar práticas**, pensar como o conhecimento pode ajudar a sociedade. **Os alunos trazem essa necessidade.**

P7: “No curso de engenharia a disciplina de matemática é **matemática em serviço**, digamos assim. É a questão de por meio da matemática quero desenvolver o que nesse aluno? **Quero desenvolver habilidades** mais gerais relacionadas com habilidades de resolver problemas, mas também habilidades relacionadas com saber se expressar, saber lidar com situações, saber organizar uma ideia, enfim, alguma coisa mais de caráter social.”

P8: “Com a geração que trabalhamos, não podemos ignorar o advento da tecnologia. Tais ferramentas devem ser sim utilizadas, porém acredito que deve se ter um cuidado quanto ao seu uso. Por exemplo, **o aluno de engenharia deve ter conhecimento de toda matemática envolvida em um programa computacional, e usá-lo somente com o objetivo de acelerar o processo e não de substituir o conhecimento.**

P11: **Eu passei a fazer nas minhas disciplinas, um trabalho em que eu peço uma dissertação sobre um tópico que vem de história da matemática, mais precisamente de um livro específico.** Cada capítulo do livro é de uma equação específica, daí tem o Teorema Pitágoras, função e derivada, tem números complexos, probabilidade, várias equações diferenciais, tem teoria do caos, entropia, a última é uma equação que auxilia a prever preço de ativos, valor de ativos em mercado financeiro, coisas do gênero. **É um livro bem amplo e tem essa ideia.** Aí eu acho que, por exemplo, quando você coloca um pouco de contextualização histórica, não só contextualização histórica, porque ele não só dá contextualização histórica, mas também dá o impacto daquilo na época e hoje em dia também. **Então acho que é um livro bem rico nesse sentido, acho que a disciplina não pode ser transformada nisso, mas acho que pode ser um componente legal de uma disciplina e eu acho que quando você insere esse tipo de atividade numa disciplina você está contribuindo um pouco para essa discussão.”**

<p>P12: “Não me vem à memória agora em algum momento que eu tenho utilizado algo, algumas. Eu não tenho pensado assim, por exemplo, <b>eu vou propor esse modelo com objetivo porque ele tem uma abordagem também social, econômica, política. Nunca pensei dessa forma assim.</b> O único cuidado que eu tenho mais, ainda na parte da estatística, quanto as pesquisas estatísticas, em relação a manipulação dos dados e a manipulação da informação. É algo que eu trabalho então na disciplina de estatística. Então por aí sim, eu acabo abordando alguns contra exemplos que são as pesquisas de intenção de compra, as pesquisas eleitorais que aí você poderia de alguma forma manipular a opinião. Não vejo um outro exemplo para te citar que eu tenha envolvido essas outras variáveis. É o único momento que eu me lembre que eu tenho abordado algo assim.”</p>	
<p>P1: “A gente continua acreditando que essa visão mais ampla do ensino seja muito relevante, na questão do conhecimento matemático. Essa briga entre educação matemática e matemática pura é uma coisa que não nos ajuda em nada. Divide duas áreas que precisam interagir para a gente conseguir de fato colocar em prática. Porque interagir com o conhecimento matemático propriamente das diversas áreas. A questão matemática está ligada a alguns campos da matemática, ligada ao cálculo, a alguma coisinha de álgebra, mas áreas que atendem a engenharia são mais amplas e a gente não conseguiu ainda pesquisar todas essas diferentes áreas. <b>Então precisaria interação melhor para que a gente pudesse avançar em ambos os lados,</b> porque tem que ponderar, não adianta pensar que só a educação matemática vai resolver. Como eu disse, não funciona assim, <b>tem que ser uma integração.</b>”</p> <p>P2: “Então assim, eu não acredito que esse tipo de discussão venha sendo discutida, acho que é uma questão, por mais boba que talvez passe pela minha cabeça, mas acredito que é uma questão que possa realmente daqui a alguns anos ser um problema, <b>mas eu não tinha parado para pensar nisso em sala de aula, até que ponto eu posso levar isso para discutir.</b> Principalmente nas (questões) de estatística, cálculo III dá para se trabalhar bem isso, cálculo I quando se for trabalhar. Mas eu não tinha pensado nisso antes, não (como levar) em sala de aula.</p> <p>P2: “Acho que daí sim dá para se trabalhar legal essas questões, um projeto integrador e trabalhar em volta o que está acontecendo, mas não dentro de uma disciplina, mas no</p>	<p>Possibilidades para a educação matemática em engenharia ao considerar as variáveis contemporâneas</p>

conjunto todo. Independente da área, **um projeto interdisciplinar.**”

P3: Vai planejar sua aula de uma maneira que não seja só pegar o livro e seguir o livro e sim montar a aula, escolher se você vai trabalhar com problemas, com jogos; ou com outras possibilidades que foram apresentadas, vai dar muito mais trabalho, mas acredito que a eficiência também vai ser muito maior e o engajamento dos alunos também.”

P4: “Tudo o que acontece e nos rodeia é possível trabalhar em sala de aula e os alunos até muitas vezes questionam, eles perguntam. [...]Eu aprendo com o passado para tomar decisões no presente para melhorar o futuro. Então é possível trazer tudo isso para a sala de aula tranquilamente, dentro da estatística, claro.”

P5: “Não penso em fazer isso ainda, mas acho que é possível. Se a gente começar a pensar que isso vai ser útil e que é preciso, acho que dá sim. Fazer, sei lá, buscar uma função, pesquisar dados econômicos, dados efetivos, não só no Brasil, mas no mundo.”

P6: “Então o professor tem que mediar esse tipo de crítica, de pensamento, de olhar o outro lado da moeda, **olhar outras possibilidades e eu, a matemática aqui é muito ligada nisso.** Eu brinco, até com exercício que você resolve não tem uma solução única, ele tem uma resposta única, mas você tem várias formas de resolver, vários métodos de utilizar e a vida é assim também.”

P7: “Até pela formação de base na educação matemática que vem da avaliação, a questão de repensar o que eu quero avaliar exatamente e adotar como critério de aprovação, reprovação do meu aluno, sem aquela visão que às vezes tem, que o professor de educação matemática facilita a aprovação e esse tipo de coisa. Mas **por meio dos momentos formais de avaliação eu também posso de alguma maneira fomentar o desenvolvimento dessas habilidades que são necessárias para a engenharia, enfim, acho que é isso.**”

P8: “Podemos de devemos! No entanto cada professor tem sua carga horária seus projetos e seus afazeres. **As possibilidades de mudanças devem ser inseridas no ensino através de momentos de formação onde os professores podem compartilhar experiências positivas e negativas e refletir sobre os conteúdos sobre essa ótica.**”

P9: “Questão da parte tecnológica as nossas disciplinas talvez utilizar softwares que auxiliem talvez na resolução de alguns problemas e eu acredito que **a questão social através de projetos de extensão, algum projeto de pesquisa que seja mais voltado para essa questão social ou questão ambiental. [...]ver quais são os problemas que temos aqui**

**no nosso município, na nossa região, que a universidade possa auxiliar, não é?”**

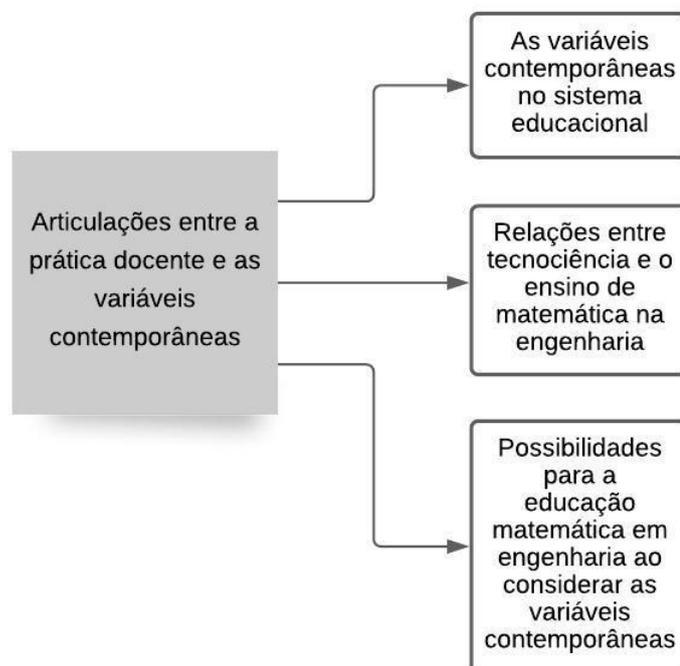
P10: “É, uma grande preocupação que tem que ter é com a aprendizagem dos alunos porque quando você pega 60 horas de aula, é o que normalmente a gente tem, 4 horas semanais, e quer trabalhar o sumário do livro, não é porque eu falei que o indivíduo aprendeu. **Então a gente tem que tomar algumas decisões e aí quando você pensa na aprendizagem**, como vou fazer com que ele entenda isso aqui? Aí do meu ponto de vista, **contextualizando é a forma mais fácil de inserir aquele tema, aquele conteúdo**. Porque se não faz conexões... **A gente aprende por conexão. Uma coisa junto com a outra que eu já sei que aquilo faz sentido**. Ele até entende na hora, mas se você não liga na hora, para o que aquilo serve, vai se perder.”

P11: “Então acho que deveria ter um currículo que é melhor pensado, com certeza passaria por um pouco mais de humanidade para envolver coisas desse tipo porque sustentabilidade, por exemplo, é muito importante e passa por toda a organização político social econômica da sociedade. Então acho que teria que ter um pouco mais de humanidade nesse sentido, mas aí de novo, teria que ter uma articulação muito melhor de como ser implementado para você conseguir garantir que são discutidas as coisas que se julgaram importantes no momento que o currículo foi concebido. **Mas eu acho que se a gente conseguisse um espaço de reflexão maior e realmente se ramificasse e capilarizasse até a atuação do professor em sala de aula, a gente teria a chance de ter um currículo mais coeso e direcionado para coisas mais críticas.**”

Fonte: a autora (2021).

Como forma de sintetizar os resultados da construção feita no Quadro 10, a Figura 7 apresenta as subcategorias de análise para a categoria: articulações entre a prática docente e as variáveis contemporâneas.

Figura 7 – Síntese da subcategoria de análise: articulações entre a prática docente e as variáveis contemporâneas



Fonte: a autora (2021).

### 7.3.1 As variáveis contemporâneas que se articulam em torno da educação tecnológica

As variáveis contempladas no vídeo abrem caminho para a discussão sobre a equação civilizatória e as variáveis contemporâneas. Essa metáfora compreende uma equação com múltiplas variáveis – que se relacionam entre si e comportam-se conforme a sociedade modifica-se ou molda-se aos acontecimentos mundiais. Essas refletem as mudanças do mundo contemporâneo ao tentar equiparar o desenvolvimento tecnológico ao desenvolvimento humano, buscando uma equidade social (CIVIERO; BAZZO, 2020).

A Educação pode ser um dos caminhos para a busca desta sonhada comunidade sustentável e inovadora. Inclusive, a UTFPR tem como missão “Desenvolver a educação tecnológica de excelência por meio do ensino, pesquisa e extensão, interagindo de forma ética, sustentável, produtiva e inovadora com a comunidade para o avanço do conhecimento e da sociedade”, e como visão “Ser modelo educacional de desenvolvimento social e referência na área tecnológica” (UTFPR, 2017, não p.). Contudo, pela fala dos docentes, percebe-se que raramente se discute essas questões:

Acho que **no âmbito educacional ainda estamos muito devagar para assumir o papel de discutir essas questões**, principalmente em engenharia onde o foco é muito mais não necessariamente comercial, mas é **mais capitalista do que social. Então discutir essas questões aí nem sempre são muito bem-vindas** (P1 – grifo próprio).

Acredito que dá sim, dá para você envolver, você trabalhar com modelagem matemática, pode-se trabalhar bastante a relação de uma coisa com outra, investigação, resolução de problemas, a gente consegue, não necessariamente em todas as disciplinas, mas acredito que a grande maioria delas se consegue sim. **Não acredito que esteja se fazendo isso. Eu tenho a impressão aqui que esse tipo de discussão ficou, pelo menos aqui na universidade, ficou a cargo do departamento de ciências sociais, está em outro departamento, o de humanidades.** Eu não vejo, por exemplo, os professores de áreas específicas, se preocupando com essa questão (P2 – grifo próprio).

**Eu nunca parei pra pensar sobre isso**, em como colocar isso em forma de trabalho para que realmente se pensasse sobre isso (P5 – grifo próprio).

Eu vejo que são variáveis que afetam o sistema educacional e que **ficam em segundo plano em determinadas discussões** (P7 – grifo próprio).

Essa ausência de discussão sobre os problemas contemporâneos na universidade levamos a crer que a produção de conhecimento vai além das perspectivas teóricas e metodológicas, pois muitas vezes são influenciadas por questões ideológicas e políticas.

Tentando trazer isso para a realidade educacional, hoje nosso sistema de educação, eu vejo que ele depende ainda muito do governo. Às vezes a gente tenta fazer comparações do tipo "lá na Suécia, na Dinamarca, a metodologia x ou a metodologia y dos Estados Unidos". **Nosso país, a educação, ainda depende do estado. A gente precisa do estado atuando.** Uma vez que tem essa dependência, então eu acredito assim, que **o poder público ainda tem muita responsabilidade sobre essas variáveis**, vamos dizer assim, por exemplo, vamos pensar que por conta de uma epidemia ou por conta de qualquer outra coisa, acho que isso afeta diretamente nosso sistema de ensino (P4 – grifo próprio).

Já afetam, porque o contexto de nossos alunos já é bem diferente dentro de uma mesma sala de aula. Pensando só em socioeconômico já temos uma diversidade grande, sócio cultural também. Então, só isso já faz com que o olhar que eles tenham para o mesmo problema seja diferente. [...] **O sistema educacional então é muito mais amplo que isso. A questão economia, cultura, social envolve tantas variáveis que não são só números** (P10 – grifo próprio).

A educação perpassa a sala de aula, visto que ainda persistem equívocos nas prioridades estabelecidas para a educação nos inúmeros setores da sociedade. Como se percebe na fala dos docentes, os sistemas políticos governamentais tratam sempre as questões de ordem econômica com primazia absoluta, o que reflete na educação, sobretudo na universidade pública. Por isso, Bazzo (2019, p. 199) sugere possíveis alterações nos programas educacionais ao utilizar CTS como base diretora.

Ao debater sobre as questões de cunho político/dominante, todos aqueles que veem na educação a grande possibilidade de reversão, neste ponto de inflexão civilizatória, precisam começar a montar e, em certas situações, desmontar uma nova equação que possa sempre manter contextualizada a educação crítica, reflexiva e libertadora. Para isso, é fundamental fazer um retrospecto sobre um movimento que foi basilar nas propostas de mudança e reflexões sobre o processo contemporâneo. Refiro-me a CTS.

Em uma sociedade que avança a partir do progresso tecnológico, a matemática, como conhecimento específico, é um instrumento fundamental nesse processo, mas matemática está a serviço do quê? De quem? Para quem? Os docentes são questionados sobre as possíveis relações entre tecnociência e o ensino de matemática na engenharia. Durante uma das entrevistas, o pesquisador questiona o poder da matemática inserida no desenvolvimento tecnológico:

E - Mas você acha que é uma preocupação que deveria existir já entre as áreas específicas, mesmo a matemática que acaba dando a ferramenta para que seja produzido?

Com certeza. **Acredito que sim, porque nem tudo que se desenvolve, talvez os objetivos sejam puros, mas a aplicabilidade não seja pura. A teoria que foi utilizada na bomba atômica era algo bom, eles utilizaram para a bomba atômica. Então tem que ser trabalhado essas questões para desenvolver um lado ético mais forte. O lado crítico, até que ponto eu posso ir.** Eu não posso fazer tudo a qualquer preço por causa de questões monetárias.

E - Você acha que há um déficit desse tipo de discussão na universidade?

**Acho que quando se discute, acredito que se discuta só com as disciplinas no curso de humanas aqui.** Tem alguns professores do próprio departamento de matemática, quando trabalha (de forma) diferenciada nos conteúdos, até trazem algumas dessas variáveis, mas não é se trabalhado a fundo essas variáveis, **elas são só um meio para contextualizar uma outra coisa.** (P2 – grifo próprio).

Apesar de as aplicações da matemática serem consideradas pilares que dão suporte ao desenvolvimento tecnológico, enfatiza-se a tese de que a matemática pode ser vista como tendo as “mãos limpas” (SKOVSMOSE, 2007). E isso aparece nos cursos de Engenharia, nos quais a matemática é tida como uma linguagem ou quando essas questões são utilizadas apenas como discussões de “pano de fundo”.

No curso de engenharia a disciplina de matemática é **matemática em serviço**, digamos assim. É a questão de por meio da matemática quero desenvolver o que nesse aluno? **Quero desenvolver habilidades** mais gerais relacionadas com habilidades de resolver problemas (P7 – grifo próprio).

A matemática mesmo é um problema porque eles já acham que é extremamente importante, tanto que a maior confusão que eu presenciei foi quando deixaram claro de que a **matemática era uma linguagem para a física, para a engenharia e não a ciência da engenharia. Uma linguagem, assim como é o português**(P10 – grifo próprio).

**A matemática, em si, ela oferece ferramentas, então no momento em que nós temos os estudantes aqui no ambiente acadêmico, é o momento de eles experimentarem.** Então é o momento de eles entrarem em contato com algumas situações problemas que exemplificam em um grau bem simplificado o que pode ocorrer no cotidiano. Então, se for utilizada dessa forma, acredito que sim, que irá contribuir com o futuro engenheiro, principalmente na resolução de problemas, nas modelagens dos problemas sim. Agora, se eles tiverem um cálculo, uma álgebra e uma estatística muito teórica, muito desligada das aplicações, aí fico com minhas dúvidas se no momento que ele necessitar aplicar aquela teoria, se ele conseguirá fazer esse elo, identificar o que, aquilo que ele precisa para resolver aquela situação (P12 – grifo próprio).

**A matemática fornece as ferramentas para o desenvolvimento tecnológico. Então, é a que apresenta.** Na matemática, você tem a ciência matemática, com suas ferramentas que dão suporte para o desenvolvimento tecnológico, para a geração dessas novas tecnologias aí ou novas que não sejam tão novas. Mas, enfim, de repente, de novo, não seja tecnologias, e sim a aplicação da tecnologia e então estão associadas (P12 – grifo próprio).

Nesse caso, a matemática representada apenas como linguagem é vista como “representante sublime da racionalidade humana” e não necessita de justificativas utilitaristas. Nesse sentido, ela é considerada neutra em termos políticos e sociais.

A matemática como linguagem científica mostra uma semelhança natural com a natureza, o que torna possível representá-la através dos modelos matemáticos. Nesse sentido, fazer ciência tornou-se a descrição da natureza através desses modelos. A metáfora da representação veio a trabalhar como um elemento na interpretação de “mãos limpas”, isto é, neutra, frequentemente dada a todo empreendimento científico. Já a teoria da representação, apesar de não estar ativa filosoficamente, sobrevive como uma metáfora metafísica ao operar nos modelos matemáticos – considerando que modelar significa representar aspectos da realidade na linguagem matemática. Uma visão problemática e apartada das questões sociais, apenas representações.

Para tentar quebrar esse paradigma, os professores são convidados a refletir sobre novas possibilidades para o ensino de matemática na engenharia ao considerar essas variáveis. Os docentes que responderam à pesquisa, entre as possibilidades, mencionaram uma integração entre as áreas, talvez um projeto interdisciplinar; também sugeriram projetos de pesquisa e extensão entre universidade e sociedade; inicialmente na sua própria região, quando perceberem quais problemas afetam sua região e as soluções que os cursos de Engenharia de cada campus podem apresentar.

Acho que dá sim para se trabalhar essas questões, **um projeto integrador e trabalhar em volta o que está acontecendo**, mas não dentro de uma disciplina, mas no conjunto todo (P2 – grifo próprio).

Alguns professores comentaram sobre a reformulação do currículo e a revisão das ementas, e que essas questões devem ser inseridas, principalmente a necessidade de formação contínua e de um espaço de debate permanente sobre elas:

Então acho que deveria ter um currículo que é melhor pensado, com certeza passaria por um pouco mais de humanidade para envolver coisas desse tipo porque sustentabilidade, por exemplo, é muito importante e passa por toda a organização político social econômica da sociedade. Então acho que teria que ter um pouco mais de humanidade nesse sentido, mas aí de novo, teria que ter uma articulação muito melhor de como ser implementado para você conseguir garantir que são discutidas as coisas que se julgaram importantes no momento que o currículo foi concebido. **Mas eu acho que se a gente conseguisse um espaço de reflexão maior e realmente se ramificasse e capilarizasse até a atuação do professor em sala de aula, a gente teria a chance de ter um currículo mais coeso e direcionado para coisas mais críticas** (P11 – grifo próprio).

Novamente enfatiza-se a necessidade do caráter integrativo do currículo e das atividades docentes. Mesmo que cada professor esteja mais próximo da formação matemática técnica, o esforço é de articulação e de construção conjunta de conteúdos e temas que valorizem, a todo tempo, o equilíbrio entre a educação matemática e as questões tecnocientíficas ao fazer aproximações com o curso de Engenharia.

Para isso, a necessidade de formação contínua através de um espaço reflexivo é essencial para os docentes assumirem uma outra postura diante das mudanças e das novas exigências da sociedade. Segundo Bazzo (2019, p. 184), é necessário

se efetivar um projeto entre as instituições de educação básica e ensino superior em que se questione sobre *o quê, para quê e em favor de quem* ou *do quê* se pesquisa. Urge, portanto, uma reinvenção em rede colaborativa entre os profissionais da educação não somente dos *modi operandi*, mas, sobretudo, dos assuntos a serem versados.

O que se entende é que, para qualquer alteração é preciso “conhecer o que subjaz à educação no âmago dos interesses da classe dominante” (BAZZO, 2019, p. 199), e de que maneira pode-se analisar as variáveis que estão em constante mutação dentro da construção dessa equação civilizatória. Bazzo ainda reforça que o “antídoto para a educação adestradora que continua sendo prioridade do poder hegemônico é uma educação desobediente e menos comportada” (BAZZO, 2019, p. 199).

Por isso, no próximo e último item da análise, discute-se a necessidade de formação contínua para entender todas essas implicações frente a uma nova equação e suas variáveis ao expandir as reflexões sobre o papel dos professores na educação tecnológica.

#### 7.4 O PROFESSOR DE MATEMÁTICA NA ENGENHARIA E A NECESSIDADE DE FORMAÇÃO CONTÍNUA

Alinhar concepções e práticas não é uma atividade fácil. Foi possível perceber que há indicativos do papel de destaque da matemática nos cursos da Engenharia sem, no entanto, conseguir materializá-lo coerentemente em suas atividades de ensino, pesquisa e extensão – cabe salientar também, as funções administrativas que a maioria desses docentes exercem. Muito disso se deve ao fato de não conhecerem outra dinâmica formativa senão aquela que lhes foi apresentada durante sua própria formação.

Para organizar as tantas informações e relações provenientes, principalmente desse último tema da entrevista, o Quadro 11 apresenta o processo de unitarização (sub)categorização da categoria primeira ora analisada. Convém explicar, novamente, que algumas unidades de análise estarão repetidas no quadro síntese com o objetivo de destacar os termos e/ou expressões mais representativos(as) que estabeleçam relação com outra(s) subcategoria(s).

Quadro 11 – Processo de unitarização e (sub)categorização: O professor de matemática na engenharia e a necessidade de formação contínua

<i>Categoria a priori:</i> <b>O professor de matemática na engenharia e a necessidade de formação contínua</b>	
Unidades de análise Termos/expressões mais representativos (as)	Categorias emergentes
<p>P2: “Eu acabo ficando mais preocupado com o entendimento do conteúdo matemático em si. Toda a minha preocupação é no entendimento do conhecimento matemático em si.”</p> <p>P4: “Eu sempre costumo contextualizar dentro da especificidade da turma. Na engenharia a gente precisa pensar primeiro, contextualizar dentro de cada área. [...] Olhando para o lado da Engenharia, o que eu percebo é que embora a Matemática e a Física sejam uma base para a profissão dele, ele não está interessado em um aprofundamento, ele está mais interessado em como ele vai resolver o problema.”</p> <p>P6: “A gente tem essa visão como um todo, a formação (desde) inicial, a gente tenta resgatar essas coisas passadas,</p>	<p>O papel do professor de matemática nos cursos de Engenharia</p>

<p>como foi a aprendizagem, o que a gente pode ajudar para o aluno que está entrando ali no ensino superior e nessa olhada ali para a frente, você já tem que saber isso, saber aquilo, bora para a frente. Acho que isso ajuda muito, até os alunos falam ‘nossa professora, você explica bem detalhado, tem paciência’, acho que isso ajudou muito, do magistério. Essa visão também de procurar outras formas de ensinar o mesmo conteúdo.”</p> <p>P7: “Minha área de pesquisa, minha inserção na educação matemática acaba indo tanto por essa trajetória na educação básica, tanto por ser filho de professor alfabetizador, por algumas experiências que eu tive com programa de formação, com professores de anos iniciais, anos finais, então minha tese foi quando eu ingressei na educação matemática foi na área de avaliação. Acabei desenvolvendo projetos de extensão com escolas para discutir avaliação e trabalhar algumas experiências avaliativas diferentes com os alunos. Acabou caminhando, principalmente pela minha atuação na UTFPR, na engenharia, na questão do ensino do cálculo. Então meio que eu levei algumas frentes de pesquisa em paralelo olhando a questão da avaliação como um eixo da formação de professores com outro e do ensino e aprendizagem de cálculo por conta da própria experiência.”</p> <p>P9: “Eu senti na pele isso, porque digamos que o conhecimento técnico da matemática eu tenho, mas agora equacionar isso com a parte da engenharia é muito difícil. [...] Eu sou matemática, tenho mestrado e doutorado em Engenharia. Analisando a dificuldade que eu tive, acredito que a gente não faz esse link com nossos alunos.”</p> <p>P10: “Eu atuo mais na área de Estatística mesmo, na parte de planejamento e execução de alguns experimentos, muito mais colaborando com outras áreas. Eu auxilio, dou suporte, como se fosse uma consultoria estatística para os projetos que já acontecem.”</p> <p>P11: “Essas palestras da UTFPR são importantes porque <b>o primeiro passo são os docentes enxergarem as necessidades disso</b>. Aí o problema é que quando os docentes não têm um momento de reflexão a respeito desse tipo de coisa que apareceu no vídeo.”</p> <p>P12: “Na graduação, em especial na engenharia, eu compreendo que o <b>papel do docente é o de orientador</b> e não o detentor do conhecimento, mas sim fonte confiável que o estudante tem, a quem recorrer, para no momento que ele precisa resolver um problema. Então <b>o professor orienta o que há de importante nessa vasta área que é a matemática, o que é importante e é útil para o engenheiro saber.</b>”</p>	
<p>P1: “Alteração no processo educacional propriamente não, mas eu vejo que por parte da direção, ou às vezes que eu vejo</p>	<p>Oportunidades de formação continuada na UTFPR</p>

é que a direção se mostra muito favorável às tecnologias, inovação, ensino. Então diferente do que vinha acontecendo em outros momentos. Acho que nesse aspecto aí nós tivemos aqui no campus alguns professores da área de educação, do departamento de educação estudando em seus doutorados metodologias interativas e trabalhar bastante com os professores. Inícios interessantes e promissores, porque não se muda rapidamente. **Eu já tenho mais de 30 anos (dando aula), vai ver o que mudou, se falou, se falou, mas as mudanças são muito pequenas, (cumulativas), mas muito pequenas. Então demanda um tempo muito grande.”**

P2: “Ela (UTFPR) está aumentando, nessa reformulação agora toda eles estão querendo aumentar a carga horária de disciplinas de humanidades e de gestão. Mas em nenhum momento eu vejo isso como, por exemplo, discussões éticas dentro do curso ou éticas mais aprofundadas, várias outras questões. **Tanto que aqui se privilegia muito a patente, quem consegue patente. Mas nunca ouvi falar que se discutiu alguma questão ética ligada a patentes adquiridas.** Então eu acho que tem que evoluir muito. Até está se tentando fazer uma coisa diferente aqui nas engenharias do que normalmente se tem aí pelo Brasil, mas essas questões éticas eu não consigo enxergar como sendo tão discutidas aqui.”

P3: “Tenho visto que além disso nas semanas pedagógicas, acabei não participando, mas vi no cronograma que vários professores estavam ofertando algumas oficinas específicas de algumas metodologias específicas de uma maneira talvez um pouco tímida. Acho que poderia até ser mais incisivo com isso também. Está assim, a universidade, pelo menos aqui no campus, eu vejo iniciativas do departamento de matemática de tentar incentivar para criar metodologias diferenciadas, maneiras de trabalho, utilização de ferramentas tecnológicas mais eficientes, já com algum tipo de comprovação já em algum local.”

P6: “A gente percebe a instituição bem voltada nessa direção de ajudar a gente, tem edital direto, eles sempre estão conversando, trazendo possibilidades, tentando fazer parcerias com outras universidades, com o mercado. Então eu acredito que pelo menos ali no campus as direções sejam colaborativas e tenham e incentivado esse tipo de trabalho. O que eu acho que está sendo um dificultador é realmente esse corte de verbas, tudo isso que acontece, muitas ideias nós temos, só que nem sempre a gente consegue viabilizar.”

P7: “Eu vejo o sistema educacional bem engessado, mas não o sistema educacional, as instituições. Apesar do sistema educacional ser bem engessado eu vejo que as instituições são mais engessadas ainda. [...] a gente coloca a questão administrativa à frente da questão pedagógica. Então, eu vejo

na universidade em relação a determinadas mudanças que se fazem necessárias, mas que vão levar tempo.”

P8: “Uma sugestão que poderia deixar aqui é que a UTFPR deveria promover oficinas por área ou projetos onde levasse o professor a ver o leque de opções que existem para trabalhar o conteúdo.”

P10: “Já tive oportunidade de começar a trabalhar em curso de formação para professores, pensando um pouquinho mais **no que seria esse ensino por competências**. Então acho que a universidade tem feito um pedacinho da parte dela que é ir atrás de formas de capacitar e orientar os professores de como fazer isso. Porque uma coisa é, temos que trabalhar dessa forma e outra coisa é dizer como vamos trabalhar dessa forma. Acho que agora nos últimos 2, 3 anos isso está um pouco mais evidente, alguns dirão que foi uma imposição. [...] Curso de formação de professores para que esses professores passem a ter esse outro olhar para a sua disciplina e de tudo o que eu vi até então, o que eu achei mais interessante é quando você olha seu plano de ensino nessa abordagem e você tem que escrever o que são resultados de aprendizagem, ou seja, o que teu aluno tem que ser capaz de fazer na disciplina. E no início é muito difícil porque quando você pensa no que ele tem que ser capaz de fazer, vem um sumário de livros “você tem que ser capaz de fazer tudo isso aqui”. [...] Eu penso que a UTFPR tem feito e digo que uma “partezinha” disso, porque é bem pequeno ainda, tem muitas variáveis que impedem de ser maior, mas acho que foi um passinho nessa direção para dar um suporte para esse professor, porque é fácil exigir, não é? Mas como trabalha isso? Nós não tivemos a cultura, não é?”

P11: “Mas tenho a impressão de que a UTF tem uma discussão acima da média nesse tipo de coisa. A gente teve cursos de design de curso, design de disciplinas e eu acho que isso tem criado um ambiente para se discutir esse tipo de coisa, até porque todos os cursos passando por uma reformulação ao mesmo tempo, por um processo que não é da UTFPR, é a (curricularização) da extensão, acho que isso favorece também um ambiente, mas eu diria que sim e eu tenho uma impressão de que é acima da média esse estímulo que a UTFPR dá para essas discussões, a exemplo da palestra do Bazzo que a gente teve no campus, e acho que nos outros campus também, é o tipo de palestra que eu acho que envolve esse tipo de discussão. [...] Acho que o ForBas (Forum das disciplinas básicas) é uma coisa que não existe em muitas universidades. Acho que no ForBas, não sei se tem espaço para isso, mas talvez já seja um núcleo de professores onde já daria para discutir esse tipo de coisa.”

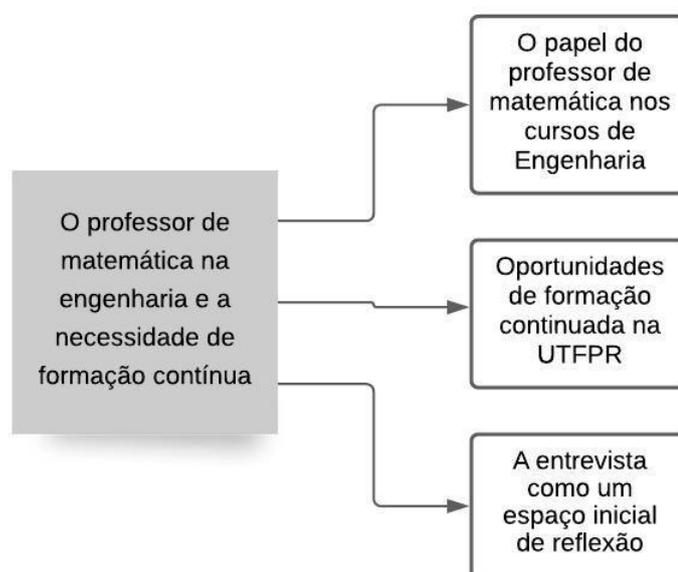
P12: “Quanto à utilização dos recursos são dadas oportunidades. Nós podemos utilizar o nosso período de licença capacitação para buscar cursos bem específicos na nossa área que porventura não sejam ofertados aqui. Mas a

UTFPR já ofertou por exemplo curso para utilização do <i>Moodle</i> , que é uma ferramenta muito interessante para se trabalhar. Então sim, eu fiz um curso de <i>Moodle</i> . Também ofertou um minicurso sobre metodologias ativas, em fevereiro deste ano. Então, de certa maneira sim, ela tem ofertado algumas oportunidades de capacitação.”	
--	--

Fonte: a autora (2021).

Como forma de sintetizar os resultados da construção feita no Quadro 11, a Figura 8 apresenta as subcategorias de análise para a categoria: o professor de matemática na Engenharia e a necessidade de formação contínua.

Figura 8 – O professor de matemática na Engenharia e a necessidade de formação contínua



Fonte: a autora (2021).

A partir deste ponto, cada uma das subcategorias será discutida por meio de um texto síntese – descrição – no qual mobilizarei esforços para, também, estabelecer relações em profundidade – análise/comunicação – com todos os elementos construídos ao longo desse trabalho de pesquisa.

### 7.4.1 O papel do professor de matemática nos cursos de Engenharia e a formação contínua

Oriundos de cursos de bacharelado e, como foi amplamente discutido aqui, com ênfase quase exclusiva nos aspectos técnicos da matemática, esses professores, geralmente, não vivenciam processos específicos de formação para o magistério superior, o que tampouco ocorre na pós-graduação. São os professores, por meio de suas concepções e atividades, que são – em grande medida reflexo da formação que tiveram – os responsáveis por determinar os caminhos da matemática em Engenharia.

Por isso, o papel do professor de matemática dentro desses cursos é fundamental. Dois entrevistados explanam que

Na graduação, em especial na engenharia, eu compreendo que o **papel do docente é o de orientador** e não o detentor do conhecimento, mas sim fonte confiável que o estudante tem, a quem recorrer, para no momento em que ele precisa resolver um problema. Então **o professor orienta o que há de importante nessa vasta área que é a matemática, o que é importante e é útil para o engenheiro saber**. Apresenta ali algumas definições, alguns conceitos gerais e instiga os alunos a fazerem pesquisas, a se aprofundarem naqueles temas. E fica então a disposição para atender as demandas que dali surgirem. Então, esse é o papel que eu entendo do professor de graduação na engenharia, mais voltado a uma orientação (P12 – grifo próprio).

Já tive oportunidade de começar a trabalhar em curso de formação para professores, pensando um pouquinho mais **no que seria esse ensino por competências**. Então acho que a universidade tem feito um pedacinho da parte dela que é ir atrás de formas de capacitar e orientar os professores de como fazer isso. Porque uma coisa é, temos que trabalhar dessa forma e outra coisa é dizer como vamos trabalhar dessa forma (P10 – grifo próprio).

A partir dessa perspectiva da orientação, da construção de experiências, do desenvolvimento de competências, faz-se necessário o questionamento sobre quais saberes o professor de Matemática necessita para exercer essa tarefa. Ponte (1998) sinaliza que esse professor deve levar em consideração os seguintes aspectos: conhecer bem e relacionar-se com a matemática acadêmica e a das práticas sociais; conhecer e adaptar o currículo ao contexto atual; dominar os diversos métodos e técnicas, tendo em vista os objetivos e o conteúdo; conhecer os alunos e o modo como aprendem; investigar sua própria prática; analisar como ocorrem as práticas e o conhecimento em sala de aula; e conhecer a si mesmo e as limitações do seu papel.

Para Bazzo, Pereira e Linsingen (2016, p. 194-195), o papel do professor vai para além disso:

Ele [o professor] também deve ter consciência de seu entorno social, de seus compromissos e responsabilidades perante os coletivos que participa. Para formar tal cidadão-profissional consciente, assim acreditamos, precisamos de outros profissionais que extrapolem a visão puramente técnica das coisas à nossa volta. Assim, julgamos que, para formar formadores de profissionais técnicos, precisamos instigá-los e perturbá-los com a própria técnica e construir junto com eles reflexões que permitam a ambos os participantes desse processo discernir com certa clareza as estruturas epistemológicas, social e histórica que permeiam essa técnica. Devemos também instigá-los e perturbá-los dentro da lógica que permita internalizações de novos saberes.

É necessária uma constante reflexão do porquê e para quem esse conhecimento está sendo desenvolvido. É importante, sim, que o professor esteja preparado para os novos desafios da sociedade, mas também considerar para onde essa civilização está caminhando. Defendo que as formações continuadas podem contribuir para isso.

Acho que nesse aspecto aí nós tivemos aqui no campus alguns professores da área de educação, do departamento de educação estudando em seus doutorados metodologias interativas e trabalhar bastante com os professores. Inícios interessantes e promissores, porque não se muda rapidamente (P1).

Não é mais ficar apontando problemas, apontando dificuldades, mas aponta soluções, possibilidades, acho que é aí que a gente tem que trabalhar. Não é apontar o dedo, mas pensar no que a gente pode fazer de diferente (P6).

Uma sugestão que poderia deixar aqui é que a UTFPR deveria promover oficinas por área ou projetos onde levasse o professor a ver o leque de opções que existem para trabalhar o conteúdo (P8).

Investir, pois, em formação contínua nesse campo é primordial. É preciso superar a confusão e o distanciamento entre o conhecimento técnico e as repercussões da tecnociência na Engenharia. Há que se destacar a necessidade de esforço pessoal na construção das articulações tecnocientíficas no âmbito da educação. No entanto, há a necessidade de questões como essa serem inseridas na formação continuada de professores:

Essas palestras da UTFPR são importantes porque **o primeiro passo são os docentes enxergarem as necessidades disso**. Aí o problema é que quando os docentes não têm um momento de reflexão a respeito desse tipo de coisa que apareceu no vídeo (P11 – grifo próprio).

Acho que canais de discussão têm sido abertos, seja nas semanas pedagógicas, sejam nesses fóruns, seja por uma imposição externa no sentido de que as diretrizes dos cursos estão mudando, então ainda que seja para atender, ainda que não haja uma iniciativa própria no sentido de bom, eu tenho consciência de que eu preciso mudar, então vou ter que mudar porque alguém vai vir avaliar o curso um dia e vai me cobrar isso. Acho que está tendo um movimento. Há um movimento, mas bastante modesto.”  
P8: “Os professores, atualmente, não se sentem motivados a mudanças em sua prática docente, estamos desanimados e desmotivados diante de um governo e de uma sociedade que coloca a educação em um plano inferior. Como por exemplo nesse ano onde de início soubemos da aprovação de medidas onde busca tirar nossos direitos e

agora com a redução de nossos salários por conta de um problema de saúde pública (P7).

Devido às exigências do mundo contemporâneo, a implantação de políticas e de programas institucionais permanentes de formação docente para a adequação das questões tecnocientíficas é de extrema relevância. É necessário um programa de formação de professores para realmente atuarem na formação dos estudantes e não apenas nos círculos de pesquisa dentro dos grupos fechados da academia. Precisa-se de mais educadores que sejam pesquisadores, no sentido de leitores críticos e sensíveis que busquem soluções para os problemas que afetam a todos, dentro e fora da universidade.

#### 7.4.2 A entrevista como um espaço inicial de reflexão

Os autores Moraes (2003), Minayo et al. (2011) e Lüdke e André (1986) destacam o ambiente de interação – e aprendizado – que se estabelece durante a realização das entrevistas. Ao apresentar seus pensamentos, concepções e experiências, o entrevistado, além de participar ativamente da elaboração da pesquisa, inicia um processo de reflexão/ação sobre o tema que está sendo investigado. No esforço de organização e sistematização das ideias a serem verbalizadas, o entrevistado, (re)visita suas concepções e práticas.

Mas acredito que é uma questão que possa realmente daqui há alguns anos ser um problema, mas **eu não tinha parado para pensar nisso em sala de aula**, até que ponto eu posso levar isso para discutir (P2 – grifo próprio).

Não é mais ficar apontando problemas, apontando dificuldades, mas aponta soluções, possibilidades, acho que é por aí que a gente tem que trabalhar. **Não é apontar o dedo, mas pensar no que a gente pode fazer diferente** (P6 – grifo próprio).

**E até pra gente pensar nas nossas linhas de pesquisa né? É importante pensar sobre essas questões.** Tem que sair um pouco fora daquilo que se replica: teoria, exercício, prova. Acho que a formação da Engenharia hoje é muito além disso, né? (P9 – grifo próprio).

Eu sou bacharel, matemática pura no mestrado e computação no doutorado. **Depende dos interesses que você tem, se você lê, que tipo de coisa você lê, isso já vai acabar te direcionando para a atividade profissional para um lado ou para o outro.** (P11 – grifo próprio).

Falas como essas apareceram num número expressivo de vezes, o que causou surpresa e satisfação. Na parte final da entrevista, chamada de fechamento (ver apêndice A), ao deixar o entrevistado à vontade para acrescentar ou comentar algo que julgasse importante no âmbito do tema da investigação, percebeu-se que a entrevista também foi um espaço de reflexão e

formação. É importante salientar que se iniciou nas intervenções, mesmo que de forma incipiente, um processo de reflexão.

Além disso, durante o processo de interação com os docentes, a todo instante foi feito um processo de autorreflexão ao revistar as minhas próprias concepções como docente e pesquisadora, de modo a elaborar ações e tomar novas direções sobre o processo da elaboração das análises da pesquisa. Com isso, conclui-se que a formação dá-se no âmbito da interação.

Nesse sentido, é possível traçar relações com os saberes docentes da experiência. Como destacam Morgado (2011), Tardif (2014) e Pimenta (2009), os saberes da prática docente são construídos, também, de forma coletiva. O saber, além de ser plural, é temporal, uma vez que é adquirido no contexto de uma história de vida e de uma carreira profissional que remete à história de sua formação e de sua aquisição. Em vista disso, o espaço de formação pode ser também de diálogo e de troca de experiências entre professores e as ações conjuntas no âmbito das práticas docentes formativas.

Bazzo (2019, p. 201) reforça a importância desse espaço, pois, para ele “faltam aos professores educadores formação continuada em serviço e uma rede de colaboração entre as instituições do sistema educacional, sobretudo para instaurar processos de refundação, principalmente de ordem conceitual e epistemológica”.

Ao observar essa carência na formação dos professores, isso remete a uma preocupação com a formação inicial. Uma possibilidade é reavaliar ou inserir essas discussões no estágio da docência, por exemplo. Inclusive, a disciplina de estágio, pode ser reformulada para que aborde essa temática e sua inserção na prática docente. Ademais, nos programas de pós-graduação, para além das disciplinas de caráter obrigatório, se faz urgente a implantação de disciplinas de caráter interdisciplinar que abordem e propiciem debates acerca das questões contemporâneas.

Particularmente, nos cursos de Engenharia, a partir desse paradigma, é necessário iniciar um processo de experimentações e vivências que possibilite aos estudantes trabalhar as incertezas matemáticas de forma responsável, ao buscar alternativas para seus efeitos no que está se produzindo na sociedade. Contudo, aprender a lidar com essa incerteza requer um exercício crítico e reflexivo a partir de muita leitura e permanente diálogo entre as partes envolvidas – docentes e discentes.

Reforça-se, a partir desta pesquisa, a importância desse processo para que se aprofundem as questões humanas para além das formações técnicas e metodológicas. É sabido que mudar dá trabalho, mas o mundo está em constante mudança. Para incluir essas discussões

no meio acadêmico, é essencial dar o primeiro passo. Em um espaço formativo talvez se propiciem reflexões que geram desconforto, de modo que se inicie um processo novo em busca das almejadas mudanças na educação.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, propus enfatizar a importância e buscar um caminho para as discussões sobre as implicações sociais da tecnociência nos cursos de engenharia nas disciplinas de matemática. Essa necessidade se apresenta pelas novas relações tecno-sociais, aceleradas pela quarta revolução industrial. Parto do pressuposto de que o modelo vigente de educação matemática na formação dos engenheiros está fundamentado nos moldes da racionalidade técnica e que há uma perspectiva de mudança num viés crítico ao considerar a nova equação civilizatória e suas variáveis contemporâneas, ao aproximar o conhecimento matemático das questões sociais da ciência e da tecnologia.

A partir da pesquisa bibliográfica, iniciei uma sistematização sobre o ensino tecnológico no Brasil através dos cursos de Engenharia para compreender o contexto da instituição participante no estudo de caso e, também, apresentar dados históricos e reflexões sobre características que se perpetuam até hoje. A partir disso, percebi como as políticas públicas e os interesses mercantis do território geográfico favorecem ou não a expansão do ensino tecnológico, isto é, através da demanda da expansão industrial e o crescimento da produção refletem na ampliação ou não das escolas de engenharia.

Dentro desse contexto, o conhecimento matemático se insere na educação em engenharia, ao retratar com precisão a hierarquização do conhecimento no desenvolvimento social, principalmente, no que se trata de ciclos básicos, e se estabelece como disciplinas de pré-requisitos rígidos e lineares desde a origem do curso. Desde então repercute-se diretrizes, para esses cursos, racionais e técnicas herdadas da neutralidade da ciência.

Ao questionar o modo como a matemática funciona em sua estrutura hegemônica e nos cursos de Engenharia, compreendemos que o treinamento e a confiança nos números, determinados pelo uso somente técnico dos modelos matemáticos podem “isentar” de responsabilidade a pessoa que toma decisões baseadas nesse modelo.

Ao analisar os contrapontos das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de Engenharia, houve uma diferença entre as duas resoluções (2002 e 2019). E esta reside no fato da mudança da concepção de currículo por conteúdos para currículo por competências. As novas DCN's dão ênfase às competências que os estudantes de Engenharia devem desenvolver, considerando a sua atuação na sociedade, em especial, com as empresas. Porém, esquecem do principal, de compreender onde o aluno está nesse processo de formação como engenheiro, qual o seu papel como engenheiro na sociedade e como essas competências

irão se integrar à sua formação cidadã para resolver problemas contemporâneos. Ademais, o desenvolvimento de competências através de conteúdos matemáticos deve ser proposto para além da racionalidade técnica. Os estudantes precisam entender como e para quê os modelos matemáticos são estrategicamente usados na sociedade.

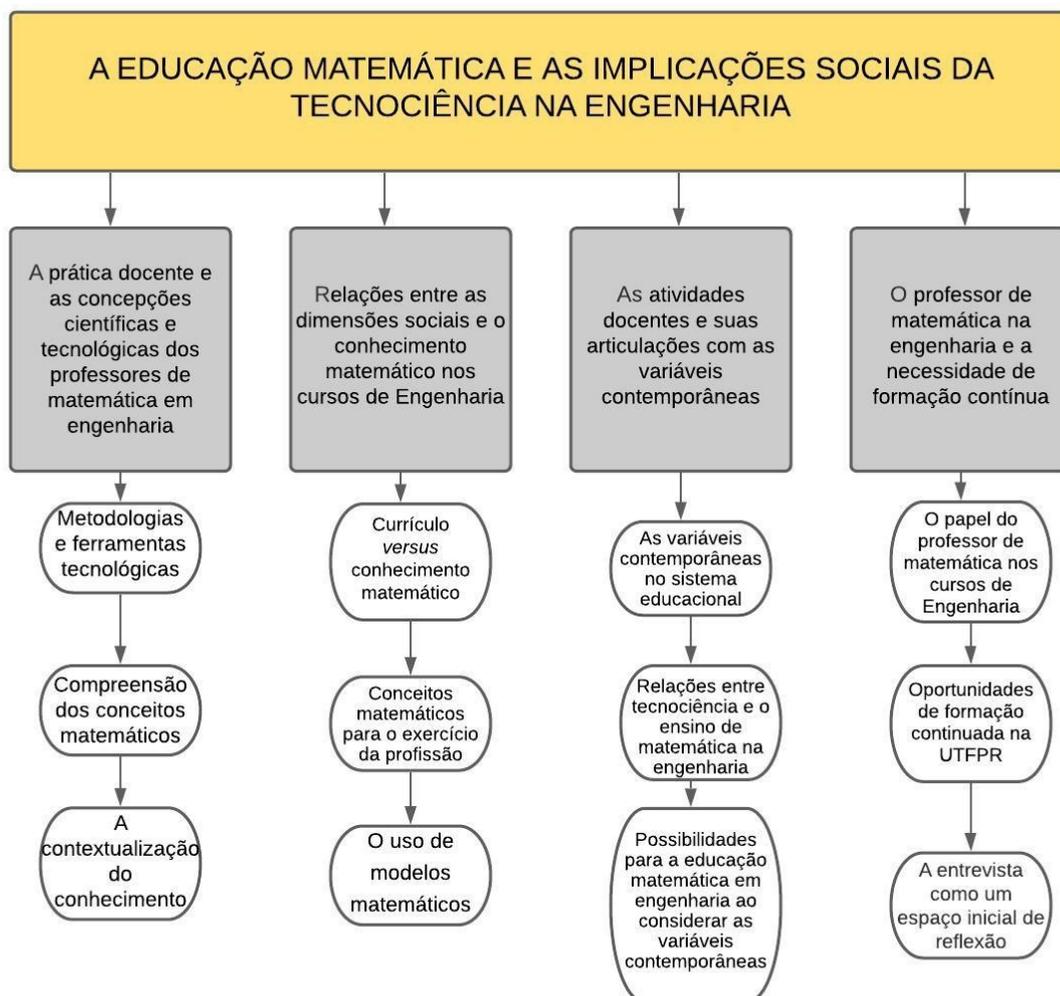
Ao recorrer às pesquisas sobre o ensino de matemática nos cursos de Engenharia, nota-se que o processo educativo perpetua essa ideia ao reproduzir técnicas matemáticas, independentemente do contexto social ou tecnológico, cada um na sua própria disciplina. Buscam mensurar o aprendizado por meio de exercícios de memorização e repetição ao invés de construir um diálogo sobre todo o processo e as imbricações da ciência e da tecnologia na sociedade. A maioria dos trabalhos que envolvem a matemática nos cursos de Engenharia são experiências com aplicação de alguma metodologia com determinado conteúdo, geralmente realizadas em pequenos grupos. Isso está de acordo com concepção moderna da matemática que se construiu com base em três diferentes formas de pensar a matemática: de que a matemática é essencial para a compreensão da natureza; de que a matemática é um catalisador de inovação tecnológica; e de que a matemática é uma racionalidade pura.

Para romper com essa concepção, o conhecimento matemático imbricado com o conhecimento tecnocientífico passa a ser artifício potencializador de uma educação comprometida com o desenvolvimento social. Para tanto, faz-se premente oportunizar reflexões sociais sobre os modelos tecnocientíficos utilizados. Assim, a Educação Matemática Crítica pode ser um instrumento – além de auxiliar na resolução de problemas de diversas áreas em questões técnicas e tecnológicas – para abrir caminhos para discutir as questões sociais nas escolas de engenharia por meio da matemática.

O estudo empírico traz resultados que indicam a importância de uma reestruturação de processos formativos que busquem a superação da racionalidade técnica. As pessoas que lerem esses indícios devem fazer suas *próprias* reflexões e adaptações de acordo com o contexto em que estão inseridas.

Tendo como foco o questionamento “qual a relação entre a educação matemática e as implicações sociais da tecnociência na formação dos engenheiros?”, as principais contribuições da presente tese estão organizadas em torno das categorias e subcategorias sintetizadas na Figura 9.

Figura 9 – Síntese das categorias e subcategorias de análise



Fonte: a autora (2020).

Ao encaminhar o trabalho para as considerações finais e estabelecer as necessárias relações entre as questões teóricas iniciais de investigação e os resultados das análises empíricas, convém destacar que os objetivos da tese foram sendo construídos, apesar das ênfases particulares que se deram de forma cíclica em cada momento metodológico da pesquisa.

Ao passo que se entende que as categorias e subcategorias destacadas são os elementos fulcrais da presente tese, destaca-se novamente que é importante não perder de vista que elas estão fortemente ancoradas na pesquisa bibliográfica que antecedeu sua construção. Nesse sentido, as discussões e proposições realizadas a partir de cada categoria emergente configuram-se como elementos de reflexão para repensar que modelo de educação matemática está se desenvolvendo nos cursos de engenharia e a quem este modelo está a serviço.

A partir da primeira categoria, que investigou a prática docente e as compreensões científicas e tecnológicas dos professores de matemática em Engenharia, nota-se a prevalência da matemática estritamente racional, neutra e afastada da realidade através das preocupações dos professores quanto à metodologias e ferramentas tecnológicas; a compreensão dos conhecimentos matemáticos e o uso de situações hipotéticas para contextualizar os conceitos.

Para compreender as relações entre as dimensões sociais/profissionais e o conhecimento matemático nos cursos de Engenharia, percebe-se que a prática docente está totalmente atrelada as ementas curriculares. Além da preocupação com o currículo e o desenvolvimento do curso, aparece uma preocupação com uma “uniformização” das disciplinas. Novamente, através dessa uniformização ou compartimentação da matemática, mostra uma disciplina neutra, absoluta e fechada dentro dos seus próprios teoremas. Nesse contexto, novamente a concepção da matemática surge como ferramenta. Ocorre uma ausência de reflexão do porquê e para quem esse conhecimento está sendo desenvolvido.

O diálogo entre o uso de modelos matemáticos no ensino tecnológico e as relações para além das variáveis técnicas é falho, pois percebe-se que os docentes apresentam dificuldades com o tempo de preparação, execução e discussão desses modelos. Apesar de não faltarem motivos para a importância da discussão do uso desses modelos, refletir com a matemática ainda é uma atividade crucial com a qual os docentes demonstram dificuldades. Principalmente pelo fato de que os números representam um aprofundamento, um detalhamento reflexivo que envolve variáveis que muitas vezes são ignoradas.

As articulações entre a prática docente e as variáveis contemporâneas raramente se articulam em torno da educação tecnológica. Essa ausência de discussão sobre os problemas contemporâneos na universidade leva-nos a crer que a produção de conhecimento vai além das perspectivas teóricas e metodológicas, pois muitas vezes são influenciadas por questões ideológicas e políticas. Apesar de os docentes considerarem as aplicações da matemática como pilares que dão suporte ao desenvolvimento tecnológico, nos cursos de Engenharia, a matemática ainda é tida como uma linguagem ou quando essas questões aparecem são utilizadas apenas como discussões de “pano de fundo”.

Para tentar quebrar esse paradigma, os professores questionam a reformulação do currículo e a revisão das ementas, e que essas questões devem ser inseridas, principalmente a necessidade de formação contínua e de um espaço de debate permanente sobre elas. Novamente enfatiza-se a necessidade do caráter integrativo do currículo e das atividades docentes. Mesmo que cada professor esteja mais próximo da formação técnica, o esforço é de articulação e de

construção conjunta de conteúdos e temas que valorizem, a todo tempo, o equilíbrio entre a educação matemática e as questões tecnocientíficas ao fazer aproximações com o curso de Engenharia.

Apesar da premência de uma educação matemática para além da racionalidade técnica – entendo que é fundamental na matemática, mas o problema é ficar na racionalidade nos moldes do positivismo – para avançarmos, então, na direção de uma educação matemática crítica, reflexiva e questionadora; é preciso (re)discutir as articulações dos currículos e das atividades docentes de ensino, pesquisa e extensão frente a uma perspectiva da matemática em ação. Nesse sentido, a implantação de programas de formação de professores, desde a formação inicial até a formação continuada, como um espaço reflexivo e de construção de novas propostas se torna uma necessidade urgente.

A implantação de práticas docentes que visem além das variáveis técnicas, mas também das variáveis sociais e humanas; o estímulo às experiências interdisciplinares por meio de projetos realmente integradores entre as disciplinas básicas e específicas; bem como seminários de articulação entre os modelos matemáticos empregados e o contexto em que se situam são exemplos de ações que podem dar início a uma nova perspectiva de Educação Matemática em Engenharia. Dentro desse contexto, cabe incluir, além do enfoque pedagógico, o enfoque epistemológico e ideológico.

Como posicionar a educação matemática entre a incerteza e o relativismo absoluto na formação do engenheiro? Ao pensar sobre preocupações e apontar para possibilidades de mudança se insere novos questionamentos para o conhecimento matemático em Engenharia. Apenas técnicas, uma linguagem ou ferramenta a serviço? Ou uma matemática que pode ser crítica, reflexiva e preocupada com as “outras variáveis” que também fazem parte do desenvolvimento tecnológico e social?

Nós, professores, estamos formando gerações que irão trabalhar em prol de uma sociedade que se espera que seja digna para todos, principalmente no que diz respeito ao fato de que, nossos estudantes serão aqueles que tomarão as decisões em empresas privadas ou cargos públicos na sociedade. Ao propor uma matemática crítica imbricada as problemáticas da equação civilizatória na Engenharia, defendo que deve se considerar uma mudança de postura para oferecer possibilidades a fim de compreender outras variáveis nesse processo. Dessa forma, tentar desenvolver nos engenheiros em formação competências, ou ao menos reflexões vinculadas as questões contemporâneas.

## REFERÊNCIAS

BAZZO, W. A. **De técnico e de humano: questões contemporâneas**. 3. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2019.

BAZZO, W. A. Quase três décadas de CTS no Brasil! Sobre avanços, desconfortos e provocações. **Revista Brasileira de Ensino, Ciência e Tecnologia**, n. 2, v. 11, p. 50-68, maio/ago. 2016a.

BAZZO, W. A. Ponto de Ruptura Civilizatória: a pertinência de uma educação “desobediente”. **Revista CTS**, n. 33, v. 11, p. 73-91, set. 2016b.

BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade: e o contexto da educação tecnológica**. 5. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2015.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V.; BAZZO, J. L. S. **Conversando sobre educação tecnológica**. 1. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2014.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V.; LINSINGEN, I. von. **Educação tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia**. 3. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2016.

BOFF, C. B. **Matemática para engenharia: unidades de ensino potencialmente significativas para superar lacunas em matemática básica**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2017.

BORBA, M. C.; SKOVSMOSE, O. A ideologia da certeza em educação matemática. In: SKOVSMOSE, O. **Educação matemática crítica: a questão da democracia**. Campinas: Papyrus, 2013.

BORDIN, L. **A educação em engenharia numa perspectiva sociotécnica**. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BREGMAN, R. **Utopia para realistas: como construir um mundo melhor**. Tradução de Leila Couceiro. Rio de Janeiro: Sextante, 2018.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. **Resolução CNE/CES 11**, de 11 de março de 2002. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2017.

BRASIL, Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CES nº 2 de 24 de abril de 2019. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, Seção I, p. 109, 23 de abril de 2019. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/marco-2019-pdf/109871-pces001-19-1/file> Acesso em: 2 jun. 2020.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação da UTFPR.** 2012. Disponível em: <http://portal.utfpr.edu.br/documentos/legislacao-da-utfpr/legislacao-dos-cursos-de-graduacao/diretrizes-curriculares-para-os-cursos-de-graduacao-da-utfpr> Acesso em 20 jul. de 2020.

BRASIL. **Lei nº 11.184**, de 7 de outubro de 2005. Dispõe sobre a transformação do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná em Universidade Tecnológica Federal do Paraná e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/lei/111184.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111184.htm) Acesso em: 21 nov. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 6.096**, de 24 de abril de 2007. Institui o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/decreto/d6096.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6096.htm) Acesso em: 28 set. 2020.

BIEMBENGUT, M. S. **Qualidade no ensino de matemática na engenharia:** uma proposta metodológica e curricular. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

BRASIL. **Ministério da Saúde.** Coronavírus: o que você precisa saber e como prevenir o contágio. Disponível em: <https://saude.gov.br/saude-de-a-z/coronavirus>. Acesso em: 17 de março de 2021.

BUNGE, M. **Treatise on basic philosophy.** Dordrecht, Reidel, 1985b. Tomo 7: Philosophy of science and technology.

CANHOTA, Carlos. Qual a importância do estudo piloto? In: SILVA, Eugénea Enes (org.). **Investigação passo a passo:** perguntas e respostas para investigação clínica. Lisboa: APMCG, 2008. p. 69-72.

CATANI, S.; OLIVEIRA, M. R.; PEZARICO, G. A educação superior e o programa reuni: uma análise a partir da percepção dos gestores da Universidade Tecnológica Federal Do Paraná – UTFPR. **Espacios**, v. 35, n. 12, 2014. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a14v35n12/14351204.html> Acesso em: 20 jul. 2020.

CIVIERO, P. A. G. **Educação matemática crítica e as implicações sociais da ciência e da tecnologia no processo civilizatório contemporâneo:** embates para formação de professores de matemática. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, UFSC, 2016.

CIVIERO, P. A. G.; BAZZO, W. A. A equação civilizatória e a pertinência de uma Educação Insubordinada. **International Journal for Research in Mathematics Education**, v. 10, n. 1, p. 76-94, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.37001/ripem.v10i1.2204> Acesso em: 6 jan. 2021.

CORMEN, T. et al. **Algoritmos:** teoria e prática. Tradução de Vanderberg D. de Souza. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.

CUNHA, G. D. Diretrizes para a elaboração de projetos pedagógicos de cursos de Engenharia. In: **Tópicos emergentes e desafios metodológicos em engenharia de**

**produção:** casos, experiências e proposições. Ed. Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO). São Paulo, 2008. Disponível em:  
[http://www.abepro.org.br/arquivos/biblioteca/PPC de Engenharia - Gilberto Cunha.pdf](http://www.abepro.org.br/arquivos/biblioteca/PPC_de_Engenharia_-_Gilberto_Cunha.pdf)  
 Acesso em: 20 jul. 2020.

CUNHA, F. M. **A formação do Engenheiro na área humana social:** um estudo de caso no curso de engenharia industrial elétrica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Federal de Educação Tecnológica, Belo Horizonte, MG, 1999.

CUPANI, A. **Filosofia da tecnologia:** um convite. 3. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2017.

CUPANI, A. A tecnologia como problema filosófico: três enfoques. **Sci. stud.**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 493-518, dez. 2004. Disponível em:  
 <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-31662004000400003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662004000400003&lng=en&nrm=iso)>. <https://doi.org/10.1590/S1678-31662004000400003>. Acesso em: 17 nov. 2020.

CURY, H. N. Diretrizes curriculares para os cursos de Engenharia e disciplinas matemáticas: opções metodológicas. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 20, n. 2, p. 1-7, 2001.

DAGNINO, R. **Tecnologia Social:** contribuições conceituais e metodológicas. Campina Grande: EDUEPB e Editora Insular, 2014.

DALLABONA, C. A. Revisão curricular do curso de engenharia industrial elétrica eletrotécnica na UTFPR– atualização e ampliação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA – COBENGE, 35., 2007. **Atas...** Disponível em:  
<http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/12/artigos/405-Carlos%20Alberto%20Dallabona.pdf> Acesso em: 10 nov. 2019.

D'AMBROSIO, U. de. Etnomatemática, justiça social e sustentabilidade. **Revista Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 189-204, set./dez. 2018. Disponível em:  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142018000300189](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142018000300189) Acesso em: 3 fev. 2019.

DIAMANDIS, P. H.; KOTLER, S. **Abundância:** o futuro é melhor do que você imagina. Tradução de Ivo Korytowski. São Paulo: HSM Editora, 2012.

EMPOLI, G. da. **Os engenheiros do caos:** como as *fake news*, as teorias da conspiração e os algoritmos estão sendo utilizados para disseminar ódio, medo e influenciar eleições. São Paulo: Vestígio, 2020.

FEYERABEND, P. K. **Contra o método.** 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2011a.

FEYERABEND, P. K. **A ciência em uma sociedade livre.** São Paulo: Editora UNESP, 2011b.

FEYERABEND, P. K. **Adeus à razão.** São Paulo: Editora UNESP, 2010.

- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GODOY, E. V.; ALMEIDA, E. de. A evasão nos cursos de Engenharia e a sua relação com a Matemática: uma análise a partir do COBENGE. **Revista Educação Matemática Debate**, Montes Claros, v. 1, n. 3. p. 339-361, 2017.
- GOMES, E. **Contribuições do método *jigsaw* de aprendizagem cooperativa para a mobilização dos estilos de pensamento matemático por estudantes de Engenharia**. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2015.
- GOMES, G. H. **A matemática em um curso de engenharia: vivenciando culturas**. Tese (Doutorado em Educação Matemática). Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2009.
- GUNTHER, S. M. **A matemática nos cursos superiores de engenharia mecânica em universidades paranaenses**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2016.
- HARARI, Y. N. **Homo Deus: uma breve história do amanhã**. Tradução Paulo Geiger. 1 ed. São Paulo: Companhia das letras, 2016.
- HARARI, Y. N. **21 lições para o século 21**. Tradução Paulo Geiger. 1 ed. São Paulo: Companhia das letras, 2018.
- KELLY, K. **Inevitável: as 12 forças tecnológicas que mudarão nosso mundo**. Tradução de Cristina Yamagami. São Paulo: HSM, 2017.
- KUMON. **Método Kumon: sobre nós**. Disponível em: <https://www.kumon.com.br/sobre-nos>  
Acesso em: 19 nov. 2020.
- LISBOA, H. de M. **Controle da Poluição Atmosférica**. Florianópolis: UFSC, 2010.  
Disponível em: <<http://repositorio.ascens.edu.br/handle/123456789/418>> Acesso em: 25 mar. 2018.
- LEDOUX, M. L. P.; GONÇALVES, T. O. Identidade do professor que ensina matemática: elementos estruturantes do processo identitário. **Revista de Matemática, Ensino e Cultura**, Belém, ano 10, n.19, p. 79-93, maio/ago. 2015.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.
- MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. **Pesquisa qualitativa em educação em ciências: projetos, entrevistas, questionários, teoria fundamentada, redação científica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.
- MINAYO, M.; DESLANDES, S. F.; CRUZ NETO, O.; GOMES, R. (orgs.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 30. ed. Petrópolis: Vozes, 2011.
- MINHOTO, M. A. P. ; BELLO, A. política de reestruturação das universidades federais e a instituição de modelos formativos inovadores: a UNIFESP em análise. **Rev. Inter. Educ.**

Sup., Campinas, v. 5, 1-14, e019013, 2019. Disponível em:  
<https://doi.org/10.20396/riesup.v5i0.8652915> Acesso em: 10 nov. 2020.

MORGADO, J. C. Identidade e profissionalidade docente: sentidos e (im)possibilidades. **Ensaio: avaliação de políticas públicas educacionais**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 73, p. 793-812, out./dez. 2011.

MONTEIRO, A. R. **Auto-regulação profissional da educação: síntese preliminar do estudo solicitado pela Associação Nacional de Professores**. Lisboa: CIE/FC, Universidade de Lisboa, 2009.

MOREIRA, D.; TIRABASSI, T. Modelo Matemático de dispersão de poluentes na atmosfera: um instrumento técnico para a gestão ambiental. **Revista Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 159-172, jul./dez. 2004.

MULLER, F. L. Educação em Feyerabend. **Educação e Filosofia**, v. 13, n. 30, p. 35-52, 2001.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Revista Ciência & Educação**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Revista Ciência & Educação**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

NOMURA, J. I. **Como sobrevivem as diferentes noções de álgebra linear nos cursos de Engenharia Elétrica e nas instituições**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2008.

NÓVOA, A. Se fosse brasileiro, estaria indignado com a situação da educação. **Revista Carta Educação**, Educação, 28 mar. 2017. Entrevista concedida à Thais Paiva. Disponível em: <<http://www.cartaeducacao.com.br/reportagens/se-fosse-brasileiro-estaria-indignado-com-a-situacao-da-educacao/>>. Acesso em: 25 mai. 2017.

OLIVEIRA, V. F. de. Evolução da organização do curso de Engenharia no Brasil. In: OLIVEIRA, V. F. de (org.). **A engenharia e as novas DCNs: oportunidades para formar mais e melhores engenheiros**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

PAIVA, M. A. V.; NACARATO, A. M. In: **A formação do professor que ensina matemática: perspectivas e pesquisas**. Belo Horizonte: Editora Autêntica, 2013.

PIMENTA, S. G. Formação de professores: identidade e saberes da docência. In: PIMENTA, S. G. (Org.). **Saberes pedagógicos e atividade docente**. 7. ed. São Paulo: Cortez, 2009, p. 15-34.

PINHEIRO, N. A. M.; MORETTI, M. T. Conhecimento matemático reflexivo no ensino de cálculo diferencial e integral: uma contribuição para as discussões sobre ciência, tecnologia e sociedade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PESQUISA E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 2., 2003, Santos. **Anais...** Santos, 2003.

PONTE, J. P. Da formação ao desenvolvimento profissional. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROFESSORES DE MATEMÁTICA, 1998, Guimarães. **Actas...** Lisboa: APM, 1998, p. 27-44.

POWELL, A. B.; BAIRRAL, M. A. **A escrita e o pensamento matemático**: interações e potencialidades. Campinas: Papyrus, 2006.

RESENDE, L. M. M. Formation des ingénieurs: une comparaison entre la France et le Brésil. **Revue Technologie**, v. 203, p. 12-17, 2016.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 191-218, 2009.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. Tradução: Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.

SKOVSMOSE, O. **Um convite à Educação Matemática Crítica**. Tradução: Orlando de Andrade Figueiredo. Campinas: Papyrus, 2014.

SKOVSMOSE, O. **Educação Matemática Crítica**: a questão da democracia. 6. ed. Tradução: Abigail Lins, Jussara de Loiola Araújo. Campinas: Papyrus, 2013.

SKOVSMOSE, O. Matemática em ação. In: BICUDO, Maria Aparecida; BORBA, Marcelo de Carvalho. **Educação Matemática**: pesquisa em movimento. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

SKOVSMOSE, O. **Desafios da reflexão em educação matemática crítica**. Tradução: Orlando de Andrade Figueiredo, Jonei Cerqueira Barbosa. Campinas, SP: Papyrus, 2008.

SKOVSMOSE, O. **Educação crítica**: incerteza, matemática, responsabilidade. Tradução de M. A. V. Bicudo. São Paulo: Cortez, 2007.

SKOVSMOSE, O. **Educação Matemática Crítica**: a questão da democracia. Tradução: Abigail Lins, Jussara de Loiola Araújo. Campinas, SP: Papyrus, 2001.

TARDIF, Maurice. Saberes docentes e formação profissional. 16. ed. Vozes, RJ: 2014.

TELLES, P. C. S. **História da Engenharia no Brasil**. Séculos XVI e XIX. 2. ed. Rio de Janeiro: Clavero, v. 1, 1994.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR). **Sobre a UTFPR**. 20 set. 2017. Disponível em: <http://portal.utfpr.edu.br/institucional/sobre-a-utfpr-1> Acesso em: 21 nov. 2020.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR). Diretoria de Comunicação. **Manual de Identidade Visual da UTFPR**. Atualizado em 2020. Disponível em: <http://www.utfpr.edu.br/planejamento-e-administracao/planejamento/estrutura-fisica-e-obras> Acesso em: 20 jul. 2020.

VALENTE, P. S.; MORAES, R. L de. Fundamentos de matemática: uma análise das dificuldades apresentadas pelos ingressantes nos cursos de Engenharia da Universidade Federal do Pará em 2014. **Revista Eletrônica Engenharia Viva**, [Online], Goiânia, v. 3, n. 1, p. 17-29, jan./jun. 2016.

VALERO, P.; SKOVSMOSE, O. **Educación matemática crítica**. Colômbia: Uniandes, 2012.

VALLIM, M. B. R.; FARINES E.; CURY, J. E. R. Uma estrutura curricular para um curso de engenharia de controle e automação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 16., 2006, Salvador. **Anais...** Salvador, 2006.

VALLIM, M. B. R. O engenheiro do século XXI: o profissional de uma nova renascença? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 27., 1999, Natal. **Anais...** Natal, 1999.

## APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE PRODUÇÃO DE DADOS

### ROTEIRO ENTREVISTA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E AS IMPLICAÇÕES SOCIAIS DA TECNOCIÊNCIA NA ENGENHARIA

**Certificado de Apresentação para Apreciação Ética**  
**CAAE: 10497119.4.0000.0121**

**Problema central:** Qual a relação entre a educação matemática e as implicações sociais da tecnociência na formação dos engenheiros?

**Objetivo principal:** Investigar de que forma os professores de matemática dos cursos de Engenharia da UTFPR avaliam a relevância do conhecimento matemático, inserido em sua prática docente, e suas concepções frente ao envolvimento dessa disciplina com as questões tecnocientíficas.

**Nome do entrevistado (a):** \_\_\_\_\_

**Formação inicial:** \_\_\_\_\_

**Curso/Campus de atuação:** \_\_\_\_\_

**Área de atuação:** \_\_\_\_\_

**Disciplinas sob sua responsabilidade:** \_\_\_\_\_

### PREÂMBULO

Conte-me um pouco sobre sua trajetória e experiência profissional.

### PARTE 1 – O futuro frente aos avanços tecnológicos

**Da matança de mosquitos à matança das ideias:** *humanos sempre foram muito melhores em inventar ferramentas do que em usá-las sabiamente. É mais fácil manipular um rio construindo uma represa do que prever todas as complexas consequências que isso trará para o sistema ecológico mais amplo. As revoluções em biotecnologia e tecnologia da informação são feitas por engenheiros, empresários e cientistas que têm pouca consciência das implicações políticas de suas decisões, e que certamente não representam ninguém.* (Yuval Noah Harari, 2018, p. 26 em 21 lições para o século 21).

1. Você pode me contar um pouco sobre as metodologias usadas em suas aulas? Quais são suas principais preocupações (quanto ao conhecimento matemático/tecnológico/reflexivo) ao preparar uma aula?

**A matematização da sociedade:** *a concepção de modelagem matemática como representação da realidade está relacionada a um dualismo, a uma perspectiva de dois-mundos. Por um lado, podemos operar com conceitos matemáticos como sendo parte do mundo das estruturas, como sugerido pelo formalismo. Por outro, podemos operar com a realidade do mundo empírico. Um modelo matemático se torna uma representação de parte dessa realidade. Como poderíamos sonhar em fazer uma representação completa da realidade?* (Ole Skovsmose, 2007, em Educação crítica: incerteza, matemática, responsabilidade).

1. Como professor de matemática no curso de engenharia, qual seu maior objetivo para a formação dos futuros engenheiros? Quais conceitos acha fundamental que aprendam para o exercício da profissão?
2. Na sua práxis docente você procura fazer uma relação entre os conceitos matemáticos com a realidade em que os alunos estão inseridos e as soluções técnicas que as ferramentas matemáticas apresentam para os problemas contemporâneos? Como?

## **PARTE 2 – As variáveis que se multiplicam na sociedade contemporânea**

*Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS – define um “campo de trabalho cujo objeto de estudo está constituído pelos aspectos sociais da ciência e da tecnologia, tanto no que concerne aos fatores sociais que influem na mudança científica-tecnológica, como no que diz respeito às consequências sociais e ambientais.”* (BAZZO, Walter Antonio; LINSINGEN, Irlan von; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale, 2003, em Introdução aos estudos CTS).

Num contexto mais contemporâneo, podemos pensar em ampliar os fatores e consequências – sociais e ambientais – para muitas outras variáveis que se articulam em torno de questões políticas, econômicas, éticas e culturais, como algumas presentes no vídeo abaixo.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=NJY5D856fuk&feature=youtu.be>

1. Como essas variáveis afetam o sistema educacional?
2. Como você percebe essas relações entre a tecnociência e o ensino de matemática/matemática na engenharia? Poderia dar um exemplo?
3. Podemos pensar novas possibilidades para o ensino de matemática na engenharia ao levar em conta essas variáveis?
4. A universidade tecnológica (UTFPR) tem alterado (ou auxiliado) o processo de ensino diante das novas tecnologias e das novas exigências para a sociedade contemporânea?

## **FECHAMENTO**

Nós conversamos sobre uma série de assuntos relacionados as questões tecnocientíficas no contexto da educação matemática em Engenharia. Há algo que não abordamos e que você considera necessário comentar? Há algo que você gostaria de acrescentar?